TA/TL/2016/0679

LAPORAN TUGAS AKHIR

PEMANFAATAN *SULFONATED POLYSTYRENE* DALAM MEREDUKSI KADAR TIMBAL (Pb) DALAM AIR

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Lingkungan



Disusun Oleh :

GALUH PRADITYA (12513184)

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

2016

TUGAS AKHIR

PEMANFAATAN *SULFONATED POLYSTYRENE* DALAM MEREDUKSI KADAR TIMBAL (Pb) DALAM AIR

Utilization Sulfonated Polystyrene to Reduced Waste of Lead (Pb) in Water

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Lingkungan

Disusun Oleh:

Galuh Praditya
12513184

Disetujui oleh :

Pembimbing I

Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D
Tanggal : 21 - 11 - 2016

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Lingkungan FTSP UII

Hudori, S.T., M.T
Tanggal : 21 - 11 - 2016

TUGAS AKHIR

PEMANFAATAN *SULFONATED POLYSTYRENE* DALAM MEREDUKSI KADAR TIMBAL (Pb) DALAM AIR

Utilization Sulfonated Polystyrene to Reduced Waste of Lead (Pb) in Water

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Lingkungan

Disusun Oleh:

Galuh Praditya
12513184

Disetujui oleh :

Penguji I	Penguji II	Penguji III
Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D	**Qorry Nugrahayu, S.T., M.T**	**Nelly Marlina, S.T., M.T**
Tanggal : 21-11-2016	**Tanggal :** 21/11 2016	**Tanggal :** 21/11 2016

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Lingkungan FTSP UII

Hudori, S.T., M.T
Tanggal : 21-11-2016

HALAMAN PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia maupun di perguruan tinggi lainnya.

2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing.

3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama penulis dan dicantumkan dalam daftar pustaka.

4. Program software komputer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggungjawab saya, bukan tanggungjawab Universitas Islam Indonesia. (apabila menggunakan software khusus)

5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sangsi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 3 Oktober 2016

Yang membuat pernyataan



Galuh Praditya

NIM : 12513184

KATA PENGANTAR

بسم الله الرحمن الرحيم

Alhamdulillah puji dan syukur kita panjatkan kehadirat Allah SWT, karena atas rahmat dan hidayah-Nya yang telah diberikan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **"Pemanfatan *Sulfonated Polystyrene* Dalam Mereduksi Limbah Timbal (Pb) Dalam Air"** Adapun laporan ini disusun dan diajukan untuk memenuhi salah satu syarat Sarjana Strata 1 pada Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

Dalam pelaksanaan penelitian ini penulis tidak bisa terlepas dari banyak pihak yang membantu dalam menyelesaikan penelitian ini, maka pada kesempatan kali ini penyusun ingin sekali mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak DR-Ing Widodo Brontowoyono selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Hudori, ST., MT. Selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan FTSP – UII.
3. Bapak Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D selaku pembimbing tugas akhir, penulis mengucapkan banyak terimakasih atas waktu, bimbingan dan bantuannya yang sudah diberikan selama penulis menyelesaikan tugas akhir.
4. Semua dosen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia yang telah banyak memberikan pengarahan dan pembelajaran ilmu pengetahuan yang bermanfaat kepada penulis.
5. Laboran Laboratorium Kualitas Air Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
6. Kedua orang tua penulis, Bapak Mulyadi Gatot Prabowo dan Ibu Murjiyati. Terimakasih atas semua kasih sayang, doa, dan dukungan yang tak hentinya selalu diberikan kepada penulis. Tanpa mereka penulis bukan apa – apa sampai saat ini.
7. Adik penulis, Hilda Rahsa Pramesti terimakasih atas doa serta dukungan untuk kakaknya selama ini. Semoga kita kedepannya bisa menjadi anak yang dapat membawa kebaikan bagi semua umat.
8. Seluruh Keluarga Besar Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia, terima kasih telah memberikan pengalaman berharga dari segi akademik maupun non akademik.
9. Alfan Febrianto, Ahmad Faiq, Fahmi Rizki Putranto, Indra Surya Aditya, Rifqi Hafiz Hakim dan Risang Risminandra. Terima kasih atas semua doa dan bantuannya. Terima

kasih telah menjadi teman sekaligus saudara yang luar biasa gilanya. Semoga persahabatan ini selalu berada di jalan kebaikan.

10. Teman-teman Tugas Akhir adsorben dan semua yang melaksanakan Tugas Akhir di laboratorium, terima kasih atas bantuan dan sarannya selama pengerjaan penelitian ini. Semoga ilmu kita bermanfaat bagi diri sendiri dan orang lain.
11. Seluruh teman – teman penulis yang tidak bisa disebutkan satu persatu, terimakasih selalu mendoakan yang terbaik. Semoga Allah SWT mengamini dan kalian juga mendapat semua kebaikan dari Allah SWT.
12. Keluarga besar penulis, terimakasih atas dukungan dan doa nya yang sudah diberikan kepada penulis.
13. Semua pihak-pihak lainnya yang baik secara langsung maupun tidak langsung yang telah membantu penulis dalam penyusunan tugas akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu. Terima kasih semuanya.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini dapat dikatakan belum sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan saran dan kritik yang membangun agar lebih baik kedepannya. Akhirnya penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Yogyakarta, 3 Oktober 2016

Penulis

ABSTRAK

Styrofoam termasuk dalam klasifikasi plastik polystyrene dimana jenis ini merupakan plastik yang sangat sulit terurai di lingkungan dan sistem pengelolaannya masih minim. Selain itu, styrofoam dapat menimbulkan dampak buruk bagi kesehatan dan lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji kemampuan styrofoam sebagai adsorben dengan aktivasi H_2SO_4. Adsorben ini akan digunakan untuk menyerap logam berat Timbal (Pb) dalam air. Metode yang digunakan adalah metode batch dengan variabel penelitian meliputi karakterisasi styrofoam menggunakan SEM (Scanning Electron Microscopy), uji massa optimum adsorben, pH optimum, waktu kontak optimum dan variasi konsentrasi Timbal (Pb). Pembacaan adsorbat yang tersisa pada sampel menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) dan penentuan kapasitas penyerapan adsorben menggunakan isoterm adsorpsi Langmuir dan Freundlich. Hasil pengujian menunjukan isoterm yang cocok adalah isoterm Langmuir dengan kapasitas penyerapan oleh Sulfonated Polystyrene 60% sebesar 76,81 mg/g, sedangkan pada Styrofoam Tanpa Aktivasi sebesar 73,05 mg/g dengan massa optimum 50 mg, pH optimum 6 dan waktu kontak 120 menit. Adapun kesimpulan yang didapatkan bahwa pemanfaatan styrofoam sebagai adsorben dapat menjadi salah satu bahan alternatif pengelolaan logam berat Timbal (Pb). Pembuatan adsorben ini merupakan solusi untuk mengelola timbulan styrofoam yang ada di lingkungan untuk dijadikan sesuatu yang lebih bernilai ekonomis.

Kata kunci : *Adsorpsi, isoterm Langmuir, styrofoam, Timbal (Pb).*

ABSTRACT

Styrofoam is clasified as polystyrene plastic which is very difficult to be decomposed in environment and the treatment is still limited. Moreover, styrofoam may adversely affect to human health and the environment. This research aims to assessing the ability of styrofoam as adsorbent with H_2SO_4 activation. This adsorbent would be used to adsorb heavy metals Lead (Pb) in water. The method used is a batch method with variables of research includes styrofoam characterization by using SEM (Scanning Electron Microscopy), test of optimum adsorbent mass, optimum pH, optimum contact time and variation of Lead (Pb) concentration. In order to know the concentration of Lead (Pb) in samples, Atomic Adsorption Spectroscopy (AAS) was employed and determination of adsorption capacity are using adsorption isotherms Langmuir dan Freundlich models. The results showed the suitable isotherm in this research is Langmuir isotherm with adsorption capacity of Sulfonated Polystyrene 60% is 76,81 mg/g, while on Styrofoam Without Activation is 73,05 mg/g with a optimum mass 50 mg, the optimum pH 6 and the contact time 120 minutes. We conclude that utilization of styrofoam as adsorbent is one of alternative method to remove heavy metal Lead (Pb) in water, also could be considered as a good solution to decrease amount of styrofoam waste.

Key words : *Adsorption, Langmuir isotherm, Lead (Pb), styrofoam.*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN ..... **i**
KATA PENGANTAR ..... **iv**
ABSTRAK ..... **vi**
DAFTAR ISI ..... **vii**
DAFTAR TABEL ..... **xi**
DAFTAR GAMBAR ..... **xii**

BAB I PENDAHULUAN
1.1. Latar Belakang 1
1.2. Rumusan Masalah 3
1.3. Tujuan Penelitian 3
1.4. Batasan Masalah 4
1.5. Manfaat Penelitian 4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA
2.1. Timbal (Pb) 5
2.2. Adsorpsi 6
2.3.1. Pengertian Adsorpsi 6
2.3.2. Mekanisme Adsorpsi 7
2.3.3. Faktor yang Mempengaruhi Proses Adsorpsi 7
2.3.4. Metode Adsorpsi 9
2.3.5. Isotermal Adsorpsi 9
2.3.6. Adsorben 10
2.3.7. Aktivasi Adsorben 11
2.3. Styrofoam 11
2.4.1. Pengertian Styrofoam 11
2.4.2. Proses Pembuatan Styrofoam 11
2.4.3. Bahaya Penggunaan Wadah Styrofoam Bagi Kesehatan 13
2.4.4. Bahaya Penggunaan Wadah Styrofoam bagi Lingkungan 13
2.4. Asam Sulfat 13

2.5. Metode Batch 14
2.6. Isoterm Adsorpsi 14
2.7.1. Isoterm Langmuir 14
2.7.2. Isoterm Freundlich 15
2.7. Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) 15
2.8. *Scanning Electron Microscopy* (SEM) 16
2.9. Penelitian Sebelumnya 17

BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Diagram Alir Penelitian 19
3.2. Lokasi Penelitian 20
3.3. Subjek dan Objek Penelitian 20
3.4. Variabel Penelitian 20
3.5. Alat dan Bahan 20
3.5.1. Alat 20
3.5.2. Bahan 21
3.6. Metode Pengumpulan dan Pengolahan Data 21
3.6.1. Penentuan Konsentrasi 21
3.6.2. Desain Penelitian 22
3.6.2.1. Persiapan Adsorben dari Styrofoam 22
3.6.2.2. Aktivasi Adsorben Styrofoam dengan Asam Sulfat (H_2SO_4) 23
3.6.2.3. Menentukan Massa Optimum 24
3.6.2.4. Menentukan pH Optimum 24
3.6.2.5. Menentukan Waktu Kontak Optimum 25
3.6.2.6. Menentukan Kemampuan Adsorpsi dengan Variasi Konsentrasi Pb 25
3.7. Karakterisasi Adsorben 26
3.8. Metode Analisi Isoterm Adsorpsi 26

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Penjelasan Umum 27
4.2. Persiapan Adsorben Styrofoam 28
4.3. Aktivasi Adsorben Styrofoam 29
4.4. Karakteriasasi Adsorben 31
4.5. Pengujian Adsorpsi Limbah Timbal (Pb) 33

4.5.1. Variasi Massa Adsorben 33
4.5.2. Variasi pH Larutan 37
4.5.3. Variasi Waktu Kontak 40
4.5.4. Variasi Konsentrasi Larutan 43
4.6. Isothermal Adsorpsi Langmuir dan Freundlich 46
4.6.1. Metode Isothermal Langmuir 47
4.6.2. Metode Isothermal Freundlich 51
4.7. Perbandingan Kapasitas Adsorpsi 57

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan 59
5.2. Saran 60

DAFTAR PUSTAKA 61

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Hasil Uji Element Identity (EDS) Adsorben Styrofoam 33
Tabel 4.2. Hasil Uji Variasi Massa Adsorben *Sulphonated Polystyrene* 60% 34
Tabel 4.3. Hasil Uji Variasi Massa Adsorben *Sulphonated Polystyrene* 95% 34
Tabel 4.4. Hasil Uji Variasi Massa Adsorben Styrofoam Tanpa Aktivasi 34
Tabel 4.5. Hasil Uji Variasi pH Adsorben *Sulphonated Polystyrene* 60% 37
Tabel 4.6. Hasil Uji Variasi pH Adsorben Styrofoam Tanpa Aktivasi 38
Tabel 4.7. Hasil Uji Variasi Waktu Kontak Adsorben *Sulphonated Polystyrene* 60% 41
Tabel 4.8. Hasil Uji Variasi Waktu Kontak Adsorben Styrofoam Tanpa Aktivasi 41
Tabel 4.9. Hasil Uji Variasi Konsentrasi Adsorben *Sulphonated Polystyrene* 60% 44
Tabel 4.10. Hasil Uji Variasi Konsentrasi Adsorben Styrofoam Tanpa Aktivasi 44
Tabel 4.11. Data Penentuan Isoterm Langmuir Adsorben *Sulphonated Polystyrene* 60% 47
Tabel 4.12. Data Penentuan Isoterm Langmuir Adsorben Styrofoam Tanpa Aktivasi 48
Tabel 4.13. Data Penentuan Isoterm Freundlich Adsorben *Sulphonated Polystyrene* 60% 52
Tabel 4.14. Data Penentuan Isoterm Freundlich Adsorben Styrofoam Tanpa Aktivasi 52
Tabel 4.15. Nilai Mekanisme Adsorpsi Isoterm Langmuir dan Freundlich 54
Tabel 4.16. Perbandingan Kapasitas Penyerapan Material Lain 57

DAFTAR GAMBAR

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Gambar 2.1. Struktur Kimia dari *Polystyrene* 12
Gambar 2.2. Kode Simbol untuk *Polystyrene* 12
Gambar 2.3. Struktur Kimia Asam Sulfat 14
Gambar 2.4. Proses Pembacaan pada AAS 16
Gambar 2.5. Alat SEM (*Scanning Electron Microscope*) 17

BAB III METODE PENELITIAN

Gambar 3.1. Flow Chart Penelitian 19
Gambar 3.2. Diagram Persiapan Adsorben Styrofoam 22
Gambar 3.3. Aktivasi Styrofoam dengan Asam Sulfat (H_2SO_4) 23

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 4.1. Limbah Styrofoam Setelah Pencucian 28
Gambar 4.2. Hasil Pengecilan Ukuran Styrofoam 29
Gambar 4.3. Proses Aktivasi Styrofoam dengan H_2SO_4 29
Gambar 4.4. Proses Pengovenan *Sulphonated Polystyrene* 60% dan 95% 30
Gambar 4.5. Adsorben *Sulphonated Polystyrene* 60% dan 95% 30
Gambar 4.6. Adsorben *Sulphonated Polystyrene* 60% perbesaran 10000x 32
Gambar 4.7. Styrofoam Tanpa Aktivasi perbesaran 10000x 32
Gambar 4.8. Grafik Hubungan Massa dengan Persentase Removal pada Uji Variasi Massa 35
Gambar 4.9. Grafik Hubungan Massa dengan Konsentrasi Akhir pada Uji Variasi Massa 36
Gambar 4.10. Diagram Hubungan Massa dengan Persentase Removal pada Uji Variasi Massa 36
Gambar 4.11. Grafik Hubungan Kondisi pH dengan Persentase Removal pada Uji Variasi pH 39
Gambar 4.12. Grafik Hubungan Kondisi pH dengan Konsentrasi Akhir pada Uji Variasi pH 39
Gambar 4.13. Diagram Hubungan Kondisi pH dengan Persentase Removal pada Uji Variasi pH 40

Gambar 4.14. Grafik Hubungan antara Waktu Kontak dengan Persentase Removal pada Uji Variasi Waktu Kontak 42
Gambar 4.15. Grafik Hubungan antara Waktu Kontak dengan Konsentrasi Akhir pada Uji Variasi Waktu Kontak 42
Gambar 4.16. Diagram Hubungan antara Waktu Kontak dengan Persentase Removal pada Uji Variasi Waktu Kontak 43
Gambar 4.17. Grafik Hubungan antara Konsentrasi Larutan dengan Persentase Removal pada Uji Variasi Konsentrasi 45
Gambar 4.18. Grafik Hubungan antara Konsentrasi Larutan dengan Konsentrasi Akhir pada Uji Variasi Konsentrasi 45
Gambar 4.19. Diagram Hubungan antara Konsentrasi Larutan dengan Persentase Removal pada Uji Variasi Konsentrasi 46
Gambar 4.20. Pola Isoterm Langmuir Adsorben *Sulphonated Polystyrene* 60% 49
Gambar 4.21. Pola Isoterm Langmuir Adsorben Styrofoam Tanpa Aktivasi 49
Gambar 4.22. Kurva Kalibrasi Isoterm Langmuir pada Adsorben *Sulphonated Polystyrene* 60% 50
Gambar 4.23. Kurva Kalibrasi Isoterm Langmuir pada Adsorben Styrofoam Tanpa Aktivasi 50
Gambar 4.24. Kurva Kalibrasi Isoterm Freundlich pada Adsorben *Sulphonated Polystyrene* 60% 53
Gambar 4.25. Kurva Kalibrasi Isoterm Freundlich pada Adsorben Styrofoam Tanpa Aktivasi 54

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pencemaran air yang terjadi saat ini terus meningkat. Sumber pencemaran pada air biasanya berasal dari limbah rumah tangga, industri, pertambangan, perusahaan maupun laboratorium. Pencemaran sumber daya air akibat pembuangan limbah yang mengandung logam-logam berat ke badan air telah menjadi masalah utama lingkungan karena beberapa logam diketahui memiliki efek toksik bagi manusia maupun ekologi lingkungan. Kandungan pada air limbah didominasi oleh kandungan logam berat salah satunya adalah Timbal (Pb). Keberadaan Timbal di lingkungan umumnya berasal dari polusi kendaraan bermotor, tambang timah, pabrik plastik, pabrik cat, percetakan dan peleburan timah.

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 82 Th. 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air menyatakan bahwa batas toleransi kandungan timbal dalam badan air adalah sebesar 0,03 mg/L untuk air golongan I, II, dan III serta 1 mg/L untuk air golongan IV. Logam Timbal (Pb) yang berada di perairan merupakan suatu masalah yang perlu mendapat perhatian khusus, karena logam berat ini berpengaruh negatif terhadap biota air dan dapat terakumulasi dalam rantai makanan (Sahara, 2009).

Beberapa metode yang dapat digunakan untuk menurunkan ion logam dalam limbah cair diantaranya adalah pengendapan, filtrasi, koagulasi dan adsorpsi. Metode yang dapat digunakan pada penelitian ini adalah metode adsorpsi. Prinsip adsorpsi adalah menyerap ion logam berat ke permukaan media adsorpsi, media adsorpsi ini disebut adsorben, dan partikel yang terserap disebut adsorbat (Reynolds, 1982).

Penggunaan styrofoam di Indonesia sebagai wadah makanan dan *packaging* barang elektronik semakin menjamur dan berkembang dengan pesat. Bahan ini memang dapat menahan suhu, sehingga benda di dalamnya tetap pada suhu yang diinginkan. Styrofoam merupakan bahan *non-biodegradable*, jadi bahan ini akan sulit terurai di lingkungan dan menyebabkan berkurangnya kapasitas *landfill* karena akumulasi tumpukan dari bahan tersebut.

Di Yogyakarta, ada sekitar 9,98% sampah plastik dihasilkan dari total sampah yang dibuang di Tempat Pembuangan Akhir Sampah (TPA) Piyungan dengan komposisi polistiren (PS) mencapai 0,09% (Syamsiro, 2015). Menurut Kasam (2011), produksi sampah perkotaan di Yogyakarta pada tahun 2005 mencapai 1.700 m^3 per hari. Namun, sampah yang dapat diangkut ke TPA piyungan hanya 1.300 m^3 per hari. Dapat disimpulkan dari penelitian di atas bahwa sampah polistiren yang ada di TPA Piyungan mencapai 1,17 m^3 per hari. Maka dalam 1 tahun terdapat timbulan sampah styrofoam sebesar 427,05 m^3.

Plastik jenis *polystyrene* ini sulit mengalami peruraian biologik dan sulit didaur ulang sehingga tidak diminati oleh pemulung. Proses daur ulang styrofoam yang telah dilakukan selama ini sebenarnya hanya dengan menghancurkan styrofoam yang lama kemudian membentuknya menjadi styrofoam baru lalu menggunakannya kembali menjadi wadah makanan dan minuman. Cara lain dalam penanganan limbah styrofoam seacara konvensional dilakukan dengan metode *open burning*. Namun, dari metode *open burning* dapat menghasilkan emisi gas beracun dan berpengaruh pada proses efek rumah kaca sehingga dapat menyebabkan terjadinya perubahan iklim (Ruziwa, 2015).

Dengan adanya dampak bagi kesehatan maupun bagi lingkungan, daur ulang dari limbah styrofoam menjadi sesuatu hal yang perlu ditelaah lebih lanjut. Proses *recycle* ini bertujuan untuk menghasilkan sebuah produk baru dari limbah styrofoam dan dapat bernilai ekonomis. Hal yang dapat dilakukan dalam proses daur ulang styrofoam adalah dengan melakukan

konversi limbah styrofoam menjadi *Sulfonated Polystyrene* melalui proses sulfonisasi.

Proses sulfonasi pada plastik polistiren (PS) akan menghasilkan polimer dengan sifat kimia-fisika yang berbeda dengan polimer awal. Polimer dengan gugus sulfonat dapat berfungsi pada pengolahan air limbah dengan proses *ion exchange*. Pada penelitian ini adsorben dari bahan styrofoam akan diaktivasi dengan aktivator yaitu asam sulfat (H_2SO_4). Uji adsorpsi ini dilakukan untuk menentukan massa optimum, kondisi pH optimum, waktu kontak dan variasi konsentrasi logam Timbal (Pb) menggunakan metode isoterm Langmuir dan Freundlich untuk menentukan kapasitas penyerapan dari adsorben.

Penggunaan material styrofoam sebagai adsorben merupakan sebuah inovasi yang baru dalam pemanfaatan limbah padat untuk menyerap berbagai macam jenis logam berat di lingkungan. Karena polystyrene memiliki unsur kimia (C_8H_8) yang terdiri dari karbon dan hidrogen dan memiliki pori-pori pada permukaannya. Oleh karena itu, pada penelitian ini mencoba untuk memanfaatkan styrofoam sebagai suatu barang yang lebih bermanfaat dan alternatif lain untuk mengolah timbulan sampah styrofoam yang ada di lingkungan.

Pada penelitian sebelumnya oleh Ruziwa (2015), penggunaan adsorben Sulfonated Polystyrene telah diaplikasikan dengan aktivasi H_2SO_4 95%. Hasil penelitian ini adalah kemampuan penyerapan adsorben terhadap ion logam berat Timbal (Pb) mencapai 84%. Model isoterm adsorpsi lebih cenderung pada isoterm Langmuir dengan kapasitas maksimum (Qm) dalam menyerap ion logam berat Timbal (Pb) sebesar 6,8 mg/g.

1.2. Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dikaji dalam penelitian ini adalah bagaimana memanfaatkan limbah styrofoam yang diaktivasi dengan asam sulfat (H_2SO_4) menjadi adsorben untuk mereduksi kadar timbal (Pb) di dalam limbah laboratorium. Metode adsorbsi yang digunakan adalah metode batch

dengan variasi massa, pH, waktu kontak dan konsentrasi larutan. Penelitian ini akan membandingkan kemampuan penyerapan logam berat dari styrofoam yang diaktivasi asam sulfat (H_2SO_4) dengan styrofoam tanpa aktivasi. Diharapkan adsorben dari styrofoam ini mampu menyerap logam berat Timbal (Pb) dengan optimum sehingga dapat menjadi bahan alternatif penyerapan logam berat dan cara lain dalam memanfaatkan limbah styrofoam.

1.3. Tujuan Penelitian

1. Menganalisis efektivitas penggunaan *Sulfonated Polystyrene* dalam mereduksi kadar logam berat Timbal (Pb) pada limbah laboratorium.
2. Mengkaji perbandingan antara penggunaan *Sulfonated Polystyrene* dengan Styrofoam Tanpa Aktivasi.
3. Menganalisis kondisi optimum jumlah adsorben, pH dan waktu pengadukan dalam mereduksi kadar timbal (Pb) menggunakan *Sulfonated Polystyrene*.

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Limbah styrofoam yang digunakan berasal dari limbah yang terdapat di sekitar kampus FTSP UII.
2. Sampel limbah Timbal (Pb) yang digunakan merupakan larutan Timbal (Pb) murni.
3. Pelaksanaan penelitian dilakukan di Laboratorium Kualitas Lingkungan Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
4. Penelitian menggunakan metode Batch.

   Untuk memodelkan proses adsorpsi, isoterm yang digunakan adalah Langmuir dan Freundlich.

1.5. Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian ini, diharapkan hasil dari penelitian dapat diaplikasikan dan bermanfaat bagi semua pihak. Sehingga pencemaran badan air oleh logam berat Timbal (Pb) dapat dikurangi serta pemanfaatan dari limbah styrofoam dapat dimaksimalkan untuk berbagai jenis produk.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Timbal (Pb)

Timbal atau dalam keseharian lebih dikenal dengan nama timah hitam. Dalam bahasa ilmiahnya dinamakan Plumbum, dan logam ini disimbolkan dengan Pb. Logam ini termasuk kedalam kelompok logam-logam golongan IV-A pada tabel periodik unsur kimia. Mempunyai nomor atom (NA) 82 dengan bobot atau berat atom (BA) 207,2.

Timbal adalah sebuah unsur yang biasanya ditemukan di dalam batu - batuan, tanah, tumbuhan dan hewan. Timbal 95% bersifat anorganik dan pada umumnya dalam bentuk garam anorganik yang umumnya kurang larut dalam air. Selebihnya berbentuk dalam timbal organik. Timbal organik ditemukan dalam bentuk senyawa *Tetra Ethyl Lead* (TEL) dan *Tetra Methyl Lead* (TML). Jenis senyawa ini hampir tidak larut dalam air, namun dapat dengan mudah larut dalam pelarut organik misalnya dalam lipid. Waktu keberadaan timbal dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti arus angin dan curah hujan. Timbal tidak mengalami penguapan namun dapat ditemukan di udara sebagai partikel. Karena timbal merupakan sebuah unsur maka tidak mengalami degradasi (penguraian) dan tidak dapat dihancurkan (Tangio, 2013).

Timbal banyak digunakan sebagai bahan pengemas, saluran air, alat-alat rumah tangga dan hiasan. Dalam bentuk oksida timbal digunakan sebagai pigmen/zat warna dalam industri kosmetik dan *glace* serta indusri keramik yang sebagian di antaranya digunakan dalam peralatan rumah tangga (Librawati, 2005).

Menurut Winarno (1993), Timbal (Pb) merupakan racun syaraf *(neuro toxin)* yang bersifat kumulatif, destruktif dan kontinu pada sistem haemofilik, kardio-vaskuler dan ginjal. Berikut dampak logam Pb pada kesehatan :

a. Sistem syaraf dan kecerdasan

Efek Pb terhadap sistem syaraf telah diketahui, terutama dalam studi kesehatan kerja dimana pekerja yang terpajan kadar timbal yang tinggi dilaporkan menderita gejala kehilangan nafsu makan, depresi, kelelahan, sakit kepala, mudah lupa, dan pusing. Efek timbal terhadap kecerdasan anak memiliki efek menurunkan IQ bahkan pada tingkat pajanan rendah. Studi lebih lanjut menunjukkan bahwa kenaikan kadar timbal dalam darah di atas 20 μg/dl dapat mengakibatkan penurunan IQ sebesar 2-5 poin.

b. Efek sistemik

Kandungan Pb dalam darah yang terlalu tinggi (toksitas Pb yakni di atas 30 ug/dl) dapat menyebabkan efek sistemik lainnya adalah gejala gastro-intestinal. Keracunan timbal dapat berakibat sakit perut, konstipasi, kram, mual, muntah, anoreksia, dan kehilangan berat badan. Pb juga dapat meningkatkan tekanan darah. Intinya timbal ini dapat merusak fungsi organ.

c. Efek terhadap reproduksi

Efek Pb pada wanita di masa kehamilan telah dilaporkan dapat memperbesar resiko keguguran, kematian bayi dalam kandungan, dan kelahiran prematur. Pada laki-laki, efek Pb antara lain menurunkan jumlah sperma dan meningkatnya jumlah sperma abnormal.

2.2. Adsorpsi

2.3.1. Pengertian Adsorpsi

Adsorpsi adalah penggunaan kemampuan adsorben untuk dapat menghilangkan substansi (partikel) tertentu dari larutan. Adsorben adalah zat yang dapat menyerap, sedangkan zat yang diserap disebut adsorbat. Adsorben yang umum dipakai dalam pengolahan air, pengolahan lanjut air limbah dan pengolahan limbah industri adalah karbon aktif, karena karbon aktif mampu mengadsorpsi bermacam-macam partikel organik maupun anorganik sekaligus terjangkau secara ekonomi (Reynolds, 1982). Pada dasarnya proses adsorpsi dibagi menjadi 2 proses, yaitu :

1. Adsorpsi Fisik

   Adsorpsi fisik (*physical adsorption*), yaitu berhubungan dengan gaya van der Waals dan merupakan suatu proses bolak-balik apabila daya tarik menarik antara zat terlarut dan adsorben lebih besar daya tarik menarik antara zat terlarut dengan pelarutnya maka zat yang terlarut akan diadsorpsi pada permukaan adsorben. Adsorpsi Fisik ini terjadi pada zat-zat yang bersuhu rendah dengan adsorpsi relatif rendah. Adsorpsi fisik mempunyai derajat yang sama dengan panas kondensasi dari gas menjadi cair, sehinga gaya yang menahan adsorpsi molekul-molekul fluida biasanya cepat tercapai dan bersifat reversibel karena kebutuhan energi yang sangat kecil.

2. Adsorpsi Kimia

   Adsorpsi kimia (*chemisorption*), yaitu reaksi yang terjadi antara zat padat dan zat terlarut yang teradsorpsi. Adsorpsi ini bersifat spesifik dan terjadi berdasarkan ikatan kimia antara adsorbent dengan zat yang teradsorpsi (adsorbat), sehingga dibandingkan dengan adsorpsi fisik, kerja yang terjadi jauh lebih besar begitu juga dengan panas adsorpsi dibanding dengan adsorpsi fisik, selain itu adsorpsi kimia terjadi pada suhu yang tinggi. Sebab terjadinya ikatan kimia, maka pada permukaan adsorbent dapat berbentuk suatu lapisan dan apabila hal ini berlanjut maka adsorbent tidak akan mampu lagi menyerap zat lainnya. Dan proses adsorpsi secara kimia ini bersifat irreversible.

2.3.2. Mekanisme Adsorpsi

Proses adsorpsi dapat berlangsung jika padatan atau molekul gas atau cair dikontakkan dengan molekul-molekul adsorbat maka didalamnya terdapat gaya kohesif atau gaya hidrostatik dan gaya ikatan hidrogen yang bekerja diantara molekul seluruh material. Gaya-gaya yang tidak seimbang menyebabkan perubahan-perubahan konsentrasi molekul pada interface solid/fluida. Molekul fluida yang diserap tetapi tidak terakumulasi/melekat ke permukaan adsorben disebut adsorptif sedangkan yang

terakumulasi/melekat disebut adsorbat (Ginting, 2008 dalam Nasution, 2015).

Proses adsorpsi dapat digambarkan sebagai proses dimana molekul meninggalkan larutan dan menempel pada permukaan zat adsorben akibat kimia dan fisika. Proses adsorpsi tergantung pada sifat zat padat yang mengadsorpsi, sifat antar molekul yang diserap, konsentrasi, temperatur dan lain-lain (Khairunisa, 2008 dalam Jaya, 2014).

2.3.3. Faktor yang Mempengaruhi Proses Adsorpsi

Banyak faktor yang mempengaruhi laju proses adsorpsi dan banyaknya adsorbat yang dapat diserap. Faktor-faktor tersebut diantaranya :

- Agitasi

  Agitasi yang dimaksud adalah keadaan bergolak atau bisa disebut turbulen. Laju proses adsorpsi dikendalikan oleh difusi lapisan, difusi pori dan keadaan tergantung pada keadaan larutan tenang atau larutan bergolak/turbulen.
- Karakteristik Adsorben

  Karakteristik penting adsorben yang mempengaruhi laju adsorpsi adalah ukuran dan luas permukaan partikel. Semakin kecil adsorben maka laju adsorpsi akan semakin cepat, sementara semakin luas permukaan adsorben maka jumlah partikel adsorbat yang diserap akan semakin banyak.
- Kelarutan Adsorbat

  Proses adsorpsi terjadi saat adsorbat terpisah dari larutan dan menempel di permukaan adsorben. Partikel adsorbat yang terlarut memiliki afinitas yang kuat. Tetapi ada pengecualian, beberapa senyawa yang sedikit larut sulit untuk menyerap, sedangkan ada beberapa senyawa yang sangat larut namun dapat diserap dengan mudah.
- Ukuran Pori Adsorben

Ukuran pori merupakan salah satu faktor penting dalam proses adsorpsi, karena partikel adsorben harus masuk ke dalam pori adsorben. Proses adsorpsi akan lancar apabila ukuran pori dari adsorben cukup besar untuk dapat memasukan adsorbat ke dalam pori adsorben. Kebanyakan air limbah mengandung berbagai ukuran partikel adsorbat. Keadaan ini dapat merugikan, karena partikel yang lebih besar akan menghalangi partikel kecil untuk dapat masuk ke dalam pori adsorben. Akan tetapi gerakan konstan dari partikel adsorbat dapat mencegah terjadinya penyumbatan. Gerakan partikel kecil yang cepat membuat partikel adsorbat yang lebih kecil akan terdifusi lebih cepat ke dalam pori.

- pH

  pH memiliki pengaruh yang besar terhadap tingkat proses adsorpsi. Ini disebabkan karena ion hidrogen dapat menyerap dengan kuat, selain itu pH juga dapat mempengaruhi ionisasi. Senyawa organik asam lebih diadsorpsi dalam suasana pH rendah, sedangkan senyawa organik basa lebih bisa diadsorpsi pada suasana pH tinggi. Nilai optimum pH bisa ditentukan dengan melakukan pengujian di laboratorium.

- Temperatur

  Temperatur dapat mempengaruhi laju adsorpsi dan tingkat terjadinya adsorpsi. Laju adsorpsi akan meningkat dengan meningkatnya temperatur, begitu pula sebaliknya. Bagaimanapun karena proses adsorpsi merupakan proses eksotermik, maka derajat adsorpsi akan meningkat saat temperatur rendah dan turun pada temperatur tinggi.

2.3.4. Metode Adsorpsi

Metode adsorpsi dapat dilakukan dengan dua cara yaitu statis (batch) dan dinamis (kolom).

1. Cara statis yaitu ke dalam wadah yang berisi sorben dimasukkan larutan yang mengandung komponen yang diinginkan. Selanjutnya diaduk dalam waktu tertentu. Kemudian dipisahkan dengan cara penyaringan atau

dekantasi. Komponen yang telah terikat pada sorben dilepaskan kembali dengan melarutkan sorben dalam pelarut tertentu dan volumenya lebih kecil dan volume larutan mula-mula.

2. Cara dinamis (kolom) yaitu ke dalam kolom yang telah diisi dengan sorben dilewatkan larutan yang mengandung komponen tertentu selanjutnya komponen yang telah terserap dilepaskan kembali dengan mengalirkan pelarut (efluen) sesuai yang volumenya lebih kecil (Aprliani, 2010).

2.3.5. Isotermal Adsorpsi

Isotermal adsorpsi merupakan bentuk pemodelan dalam proses adsorpsi. Model adalah tiruan dari suatu kondisi nyata yang menekankan pada aspek-aspek yang dianggap penting dan mengabaikan aspek-aspek lainnya (Schwarzenbach et al, 1993 dalam Masduki, 2000). Tiga isotermal adsorspi yang umum digunakan adalahh isotermal Langmuir, isotermal Freundlich dan isotermal Brunaur-Emmett-Teller (BET).

1. Isotermal Langmuir

   Persamaan isotermal langmuir memiliki bentuk sebagai berikut :

   $$\frac{x}{m} = \frac{q_m \times b \times C}{1 + (b \times C)}$$

   Dimana x/m adalah besarnya adsorbat yang teradsorpsi oleh adsorben (mg/gr), q_m adalah nilai maksimum adsorbat yang dapat teradsorpsi (mg/g), b adalah konstanta langmuir (l/mg) dan C adalah konsentrasi adsorbat saat proses adsorpsi selesai/saat kesetimbangan (mg/l).

2. Isotermal Freundlich

   Model ini dibuat oleh Freundlich pada tahun 1926 dengan berdasarkan asumsi bahwa adsorben memiliki *site* yang heterogen dan adanya perbedaan energi pengikatan pada tiap *site*. Persamaan isotermal freundlich memiliki bentuk sebagai berikut :

   $$\frac{x}{m} = KC^{\frac{1}{n}}$$

Dimana x/m adalah besarnya adsorbat yang teradsorpsi oleh adsorben (mg/gr), K adalah konstanta freundlich (mg/g), C adalah konsentrasi adsorbat saat proses adsorpsi selesai/saat kesetimbangan (mg/l), sementara nilai 1/n adalah konstanta yang menunjukan ketidak-linieran.

2.3.6. Adsorben

Adsorben adalah materi yang mampu mengadsorpi/melakukan penjerapan. Adsorben dapat digolongkan menjadi dua berdasarkan adsorbat yang diserap, yaitu polar dan non-polar. Adsorben polar adalah adsorben hidrofilik, adsorben ini dapat menyerap air. Contoh dari adsorben ini adalah silica gel yang biasa digunakan untuk menyerap uap air di rak sepatu. Adsorben non-polar adalah adsorben hidrofobik, adsorben ini akan menyerap adsorbat selain air. Contoh dari adsorben non-polar adalah karbon aktif. Cara aktivasi bisa dilakukan secara kimia dan fisika, secara kima bisa dengan pencucian menggunakan NaOH dan secara fisika bisa dengan pirolisis dan dengan pemanasan.

2.3.7. Aktivasi Adsorben

Aktivasi fisika merupakan proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan bantuan panas, uap dan CO_2 (Sembiring, 2003 dalam Mu'jijah, 2010). Metode aktivasi secara fisika antara lain dengan menggunakan uap air, gas karbon dioksida, oksigen, dan nitrogen. Gas-gas tersebut berfungsi untuk mengembangkan struktur rongga yang ada pada arang sehingga memperluas permukaannya, menghilangkan konstituen yang mudah menguap dan membuang produksi tar atau hidrokarbon-hidrokarbon pengotor pada arang. Kenaikan temperatur aktivasi pada kisaran 450°C-700 °C dapat meningkatkan luas permukaan spesifik dari karbon aktif (Raharjo, 1997 dalam Mu'jijah, 2010).

Aktivasi kimia merupakan proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan pemakaian bahan-bahan kimia (Sembiring, 2003

dalam Mu'jijah, 2010). Aktivasi secara kimia biasanya menggunakan bahan-bahan pengaktif seperti garam kalsium klorida ($CaCl_2$), magnesium klorida ($MgCl_2$), seng klorida ($ZnCl_2$), natrium hidroksida (NaOH), natrium karbonat (Na_2CO_3) dan natrium klorida (NaCl). Bahan-bahan pengaktif tersebut berfungsi untuk mendegradasi atau penghidrasi molekul organik selama proses karbonisasi, membatasi pembentukan tar, membantu dekomposisi senyawa organik pada aktivasi berikutnya, dehidrasi air yang terjebak dalam rongga-rongga karbon, membantu menghilangkan endapan hidrokarbon yang dihasilkan saat proses karbonisasi dan melindungi permukaan karbon sehingga kemungkinan terjadinya oksidasi dapat dikurangi (Manocha, 2003 dalam Mu'jijah, 2010).

2.3. Styrofoam

2.3.1. Pengertian Styrofoam

Styrofoam atau plastik busa masih tergolong keluarga plastik. Bahan dasar Styrofoam adalah polisterin, suatu plastik yang sangat ringan, kaku, tembus cahaya dan murah tetapi cepat rapuh. Karena kelemahannya tersebut, polisterin dicampur dengan seng dan senyawa butadien. Hal ini menyebabkan polisterin kehilangan sifat jernihnya dan berubah warna menjadi putih susu (Sulchan&Endang, 2007).

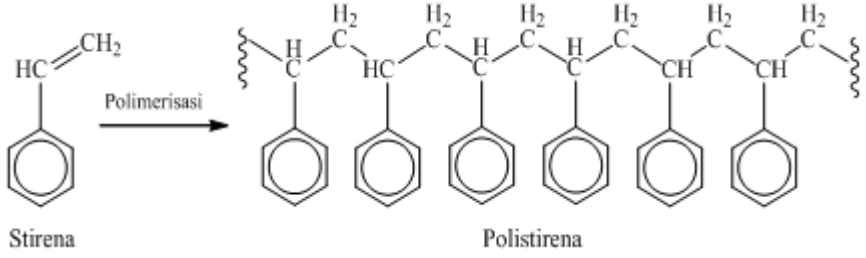
Pada tahun 1941, peneliti Dow Chemical Laboratorium Fisika menemukan cara untuk membuat *polystyrene foam*. Dipimpin oleh Ray Mclntire, mereka telah menemukan kembali metode pertama kali ditemukan oleh penemu Swedia, Carl Georg Munters. Dow memperoleh hak ekslusif untuk menggunakan dan menemukan cara untuk membuat sejumlah besar *polystyrene* diekstrusi sebagai sel tertutup busa yang tahan air. Di Amerika Serikat dan Kanada, kata "Styrofoam" sering digunakan sebagai istilah umum untuk hasil pengembangan *polystyrene foam* seperti cangkir kopi sekali pakai, pendingin atau bahan bantalan dalam kemasan.

2.3.2. Proses Pembuatan Styrofoam

Styrofoam dihasilkan dari campuran 90-95% *polystyrene* dan 5-10% gas seperti n-butana atau n-pentana. Bahan dasar styrofoam adalah *polystyrene*. *Polystyrene* terbuat dari monomer *styrene* melalui proses polimerisasi. *Polystyrene* bersifat inert kimiawi, kaku, transparan, rapuh (Info POM, 2008). Karena sifatnya yang rapuh, maka *polystyrene* dicampur dengan seng dan senyawa butadiene. Hal ini menyebabkan *polystyrene* kehilangan sifat jernihnya dan berubah warna menjadi putih susu. Kemudian untuk kelenturannya, ditambahkan zat *plasticizer* seperti dioktil platat (DOP), butyl hidroksi *toluene*, atau n butyl stearat. Plastik busa yang mudah terurai menjadi struktur sel kecil merupakan hasil proses peniupan dengan menggunakan gas klorofluorokarbon (CFC) sehingga membentuk buih (foam). Hasilnya adalah bentuk seperti yang digunakan selama ini (Sulcan & Endang, 2007).

Polystyrene terbentuk dengan suatu reaksi polimerisasi adisi terhadap molekul stirena sebagai monomer dengan melibatkan partikel cis 1-4 polibutadiena, melalui suatu mekanisme yang disebut *grafting*. *Grafting* adalah mekanisme dimana rantai polistirena terikat secara kimia terhadap rangka polibutadiena. Polimer yang dihasilkan berwujud padatan yang berwarna putih dan bersifat thermoplastik.

Susunan kimiawi dari *polystyrene* adalah hidrokarbon rantai panjang dengan setiap karbon lain yang terhubung ke kelompok fenil. Rumus kimia dari *polystyrene* adalah (C_8H_8) yang berisi unsur-unsur kimia karbon dan hidrogen.



Gambar 2.1. Struktur Kimia dari *Polystyrene*

Simbol untuk kode identifikasi resin polystyrene yang dikembangkan oleh *American Society of the Plastics Industry (SPI)* adalah logo panah memutar. Simbol ini menyatakan jenis plastiknya (*Polystyrene*, *PS*) dan mempermudah proses daur ulang.



Gambar 2.2. Kode Simbol untuk *Polystyrene*

2.3.3. Bahaya Penggunaan Wadah Styrofoam Bagi Kesehatan

Toksisitas yang ditimbulkan tidak langsung tampak. Sifatnya akumulatif dan dalam jangka panjang baru timbul akibatnya (Yuliarti, 2007). Bahaya monomer styrene terhadap kesehatan setelah terpapar dalam jangka panjang, antara lain :

1. Menyebabkan gangguan pada sistem syaraf pusat, dengan gejala seperti sakit kepala, letih, depresi, disfungsi sistem syaraf pusat (waktu reaksi, memori, akurasi, dan kecepatan visiomotor, fungsi intelektual), hilang pendengaran, dan neurofati peripheral.
2. Paparan Styrene dapat meningkatkan resiko leukemia dan limfoma.
3. Styrene termasuk bahan yang diduga dapat menyebabkan kanker pada manusia (2B), yaitu terdapat bukti terbatas pada manusia dan kurang cukup bukti pada binatang.

2.3.4. Bahaya Penggunaan Wadah Styrofoam Bagi Lingkungan

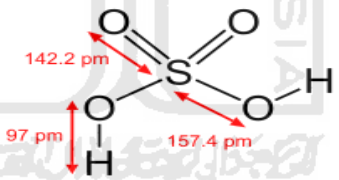
Plastik jenis *polystyrene* ini sulit mengalami peruraian biologik dan sulit didaur ulang sehingga tidak diminati oleh pemulung. Proses daur ulang Styrofoam yang telah dilakukan selama ini sebenarnya hanya dengan menghancurkan Styrofoam yang lama kemudian membentuknya menjadi

Styrofoam baru dan menggunakannya kembali menjadi wadah makanan dan minuman.

Sementara itu, CFC sebagai bahan peniup pada pembuatan Styrofoam, meskipun bukan gas yang beracun, memiliki sifat mudah terbakar serta sangat stabil. Begitu stabilnya gas ini baru bisa terurai sekitar 65-130 tahun. Gas CFC ini akan melayang ke udara mencapai lapisan ozon di atmosfer, dan terjadi reaksi serta akan menjebol lapisan pelindumg bumi atau ozon. Apabila lapisan ozon terkikis akan menimbulkan efek rumah kaca. Bila suhu bumi meningkat dan sinar ultraviolet matahari akan terus menembus bumi sehingga menimbulkan kanker kulit (Yuliarti, 2007).

2.4. Asam Sulfat

Asam sulfat, H_2SO_4, merupakan asam mineral (anorganik) yang kuat. Asam sulfat diproduksi dari belerang, oksigen, dan air melalui proses kontak. Asam sulfat 98% lebih stabil untuk disimpan, dan merupakan bentuk asam sulfat yang paling umum.



Gambar 2.3. Struktur Kimia Asam Sulfat

Asam sulfat 98% umumnya disebut sebagai asam sulfat pekat. Terdapat berbagai jenis konsentrasi asam sulfat yang digunakan untuk berbagai keperluan :

- 10% asam sulfat encer untuk kegunaan laboratorium
- 33,53% asam baterai
- 62,18% asam bilik atau asam pupuk
- 73,61% asam menara atau asam glover
- 97% asam pekat

2.5. Metode Batch

Studi adsorpsi menggunakan sistem batch dilakukan dalam sejumlah gelas erlenmeyer yang berisi larutan yang mengandung zat tertentu yang akan diadsorpsi pada konsentrasi dan volume tertentu. Pada tiap-tiap tabung dibubuhkan sejumlah adsorben dengan berat yang bervariasi. Selanjutnya larutan dan adsorben dalam tabung tersebut dikocok dalam waktu tertentu dan setelah itu konsentrasi larutan dianalisa. Selisih konsentrasi adsorbat sebelum dan setelah adsorpsi dianggap sebagai konsentrasi adsorbat yang teradsorpsi oleh adsorben. Besarnya adsorbat yang teradsorpsi oleh tiap satuan berat adsorben dapat dihitung dari tiap gelas erlenmeyer.

2.6. Isoterm Adsorpsi

2.7.1. Isoterm Langmuir

Model Langmuir mendefinisikan bahwa kapasitas adsorpsi maksimum terjadi akibat adanya lapisan tunggal *(monolayer)* adsorbat di permukaan adsorben. Persamaan isoterm Langmuir:

$$x/m = \frac{qm.b.Ce}{1+b.Ce}$$

$$\frac{1}{\frac{x}{m}} = \frac{1}{qm.b}\frac{1}{C} + \frac{1}{qm}$$

(2.2)

Dimana: Ce = konsentrasi adsorbat pada keadaan setimbang (mg/l)

x/m = jumlah adsorbat yang terserap per unit adsorben (mg/g)

qm = daya adsorpsi maksimum adsorben (mg/g)

b = konstanta Langmuir (L/g)

(Slamet dan Masduqi, 2000)

2.7.2. Isoterm Freundlich

Isoterm Freundlich digunakan jika diasumsikan bahwa terdapat lebih dari satu lapisan permukaan *(multilayer)* dan site bersifat heterogen, yaitu adanya perbedaan energi pengikatan pada tiap-tiap site. Persamaan isoterm Freudlich:

$$\log qe = \log K_f + \frac{1}{n} \log Ce \quad (2.3)$$

Dimana: qe = jumlah adsorbat yang terserap per unit adsorben (mg/g)

Ce = konsentrasi adsorbat pada keadaan setimbang (mg/l)

K_f = konstanta Freundlich

n = konstanta Freundlich

(Toor, 2010)

2.7. Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)

Spektofotometri merupakan suatu metode analisis kuantitatif yang pengukurannya berdasarkan radiasi yang dihasilkan atau yang diserap oleh spesi atom atau molekul analit. Salah satu bagian dari spektofotometri adalah Spektofotometri Serapan Atom (SSA), merupakan metode analisis unsur secara kuantitatif yang pengukurannya berdasarkan penyerapan cahaya dengan panjang gelombang tertentu oleh atom logam dalam keadaaan bebas (Skoog et.al.2000).

Pada alat SSA terdapat dua bagian utama yaitu sel atom yang menghasilkan atom-atom gas bebas dalam keadaan dasarnya dan suatu sistem optik untuk pengukuran sinyal. Suatu skema umum dari alat SSA adalah sebagai berikut:

$$\frac{1}{X\left(\left(\frac{Po}{P}\right)-1\right)} = \frac{1}{XmC} + \frac{C-1}{XmC} X \frac{P}{Po} \quad (2.4)$$

Keterangan :

P = tekanan kesetimbangan adsorpsi

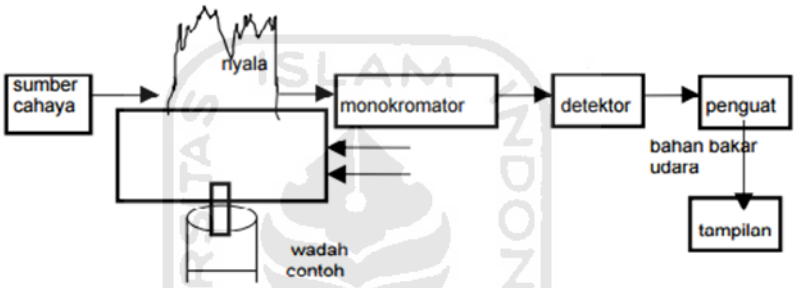
Po = tekanan jenuh adsorpsi

X = berat gas yang diserap pada tekanan kesetimbangan P

Xm = berat gas yang diserap sebagai lapisan tunggal

C = tetapan energi adsorpsi

P/Po = tekanan relatip adsorpsi



Gambar 2.4. Proses Pembacaan pada AAS

2.8. *Scanning Elektron Microscopy* (SEM)

SEM (*Scanning Electron Microscope*) adalah salah satu jenis mikroscop electron yang menggunakan berkas electron untuk menggambarkan bentuk permukaan dari material yang dianalisis. Prinsip kerja dari SEM ini adalah dengan menggambarkan permukaan benda atau material dengan berkas electron yang dipantulkan dengan energy tinggi. Permukaan material yang disinari atau terkena berkar electron akan memantulkan kembali berkas electron atau dinamakan berkas electron sekunder ke segala arah. Tetapi dari semua berkas electron yang dipantulkan terdapat satu berkas electron yang dipantulkan dengan intensitas tertinggi. Detector yang terdapat di dalam SEM akan mendeteksi berkas electron berintensitas tertinggi yang dipantulkan oleh benda atau material yang dianalisis. Elektron memiliki resolusi yang lebih tinggi daripada cahaya. Cahaya hanya mampu mencapai

200 nm sedangkan elektron bisa mencapai resolusi sampai 0,1 – 0,2 nm (Mandeleyev, 2012 dalam Ayu, 2013).



Gambar 2.5. Alat SEM (*Scanning Electron Microscope*)

2.9. Penelitian Sebelumnya

Berikut ini merupakan penelitian sebelumnya tentang adsorbsi logam Pb^{2+} oleh *Sulfonated Polystyrene* dan penelitian lain yang berhubungan dengan adsorben alternatif. Hasil dari penelitian-penelitian tersebut dapat menjadi pembanding untuk hasil penelitian pengujian adsorben yang berasal dari styrofoam ini.

Jenis Adsorben	Ringkasan Penelitian	Referensi
Sulphonated HIPS (High Impact Polystyrene)	a. Aktivasi dengan H_2SO_4 95%. b. Metode Batch. c. Massa optimum 25 mg, pH optimum 7, waktu kontak 90 menit, kecepatan pengadukan 200 rpm. d. Variasi konsentrasi 5, 10, 20, 40, 80 dan 100 ppm. e. Kemampuan penyerapan Pb sebesar 84%	Ruziwa, D., Chaukura, N., Gwenzi, W., Pumure, I. (2015)
Batang Jagung	a. Aktivasi dengan asam sulfat (H_2SO_4). b. Metode Batch. c. Massa optimum 100 mg, pH optimum 5, waktu kontak 3 jam, kecepatan pengadukan 35	Suhendra, D. (2010)

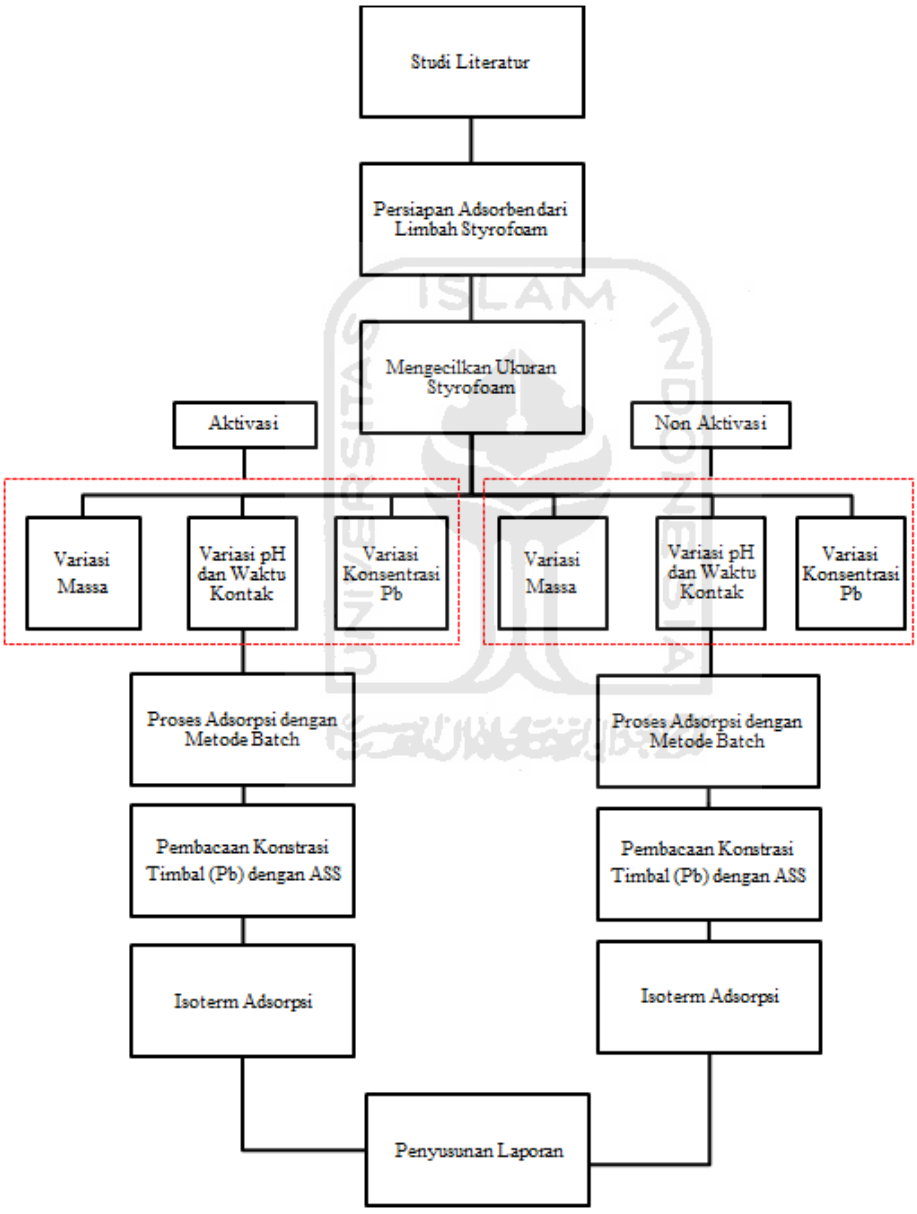
	rpm. d. Kemampuan penyerapan Pb sebesar 92%.	
Baglog Jamur	a. Aktivasi dengan HCl 1 M. b. Metode Batch c. Massa optimum 100 mg, pH optimum 6, waktu kontak 120 menit, kecepatan pengadukan 150 rpm. d. Variasi konsentrasi 10, 25, 50, 75, 100, 200 dan 250 ppm. e. Kemampuan penyerapan Pb sebesar 82%	Putra, Maha. C. B (2015)
Enceng Gondok (*Eichhorniacrassipes)*	a. Metode Batch. b. Volume larutan Pb^{2+} sebanyak 25 mL. c. Massa optimum 100 mg, waktu kontak 60 menit. d. Variasi pH 3, 4, 5, 6 dan 7. e. pH optimum pada kondisi pH 5, mampu mengadsorpsi Pb^{2+} sebesar 134,7 ppb.	Tangio, J (2013)
Iron Oxide coated Sewage Sludge	a. Aktivasi dengan $Fe(NO_3)_3$ & $9H_2O$. b. Metode Batch. c. pH optimum pada kondisi 5. d. Variasi massa 1, 5 dan 10 g/L e. Variasi konsentrasi 20, 30, 50 dan 200 ppm. f. Kemampuan penyerapan $Pb2^{+}$ sebesar 43,5%.	Phuengprasop, T. (2010)

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Diagram Alir Penelitian

Penelitian pemanfaatan styrofoam sebagai adsorben secara umum dilaksanakan dengan diagram alir sebagai berikut :



Gambar 3.1. Flow Chart Penelitian

3.2. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini saya rencanakan berada di : Laboratorium Kualitas Air, Jurusan Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia, Indonesia.

3.3. Subjek dan Objek Penelitian

Subjek penelitian saya adalah adsorben dari styrofoam dan asam sulfat (*Sulfonated Polystyrene*) dan objek penelitian saya adalah parameter Timbal (Pb) di dalam air.

3.4. Variabel Penelitian

a. Variabel bebas meliputi :

1. Waktu kontak : 15, 30, 60, 90 dan 120 menit.
2. Konsentrasi Timbal (Pb) : 10 ppm, 20 ppm, 50 ppm, 100 ppm, 150 ppm, 200 ppm, 250 ppm dan 300 ppm.
3. Variasi pH : 4, 5, 6, 7 dan 8.
4. Berat adsorben : 50 mg, 100 mg, 200 mg, 300 mg dan 400 mg.

b. Variabel terikat meliputi :

1. Adsorben terbuat dari styrofoam dan asam sulfat (*Sulfonated Waste Polystyrene*).
2. Konsentrasi asam sulfat sebesar 60% dan 95% dengan kuantitas 100 ml tiap 5 gram adsorben yang akan diaktivasi.

3.5. Alat dan Bahan

3.5.1. Alat

Alat yang diperlukan :

1. Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)
2. SEM (*Scanning Electron Microscopy*)
3. Oven
4. Magnetic Stirrer
5. Stopwatch
6. Blender
7. pH meter

8. Kertas Saring
9. Beaker Glass 250 mL
10. Beaker Glass 100 mL
11. Erlenmeyer
12. Corong
13. Tabung Reaksi
14. Rak Tabung Reaksi
15. Pipet Ukur
16. Karet Hisap
17. Spatula

3.5.2. Bahan

Bahan yang dibutuhkan :

1. Styrofoam
2. Asam Sulfat 60% dan 95%
3. Aquadest
4. Larutan limbah Timbal (Pb)
5. NaOH
6. HNO_3

3.6. Metode Pengumpulan dan Pengolahan Data

3.6.1. Penentuan Konsentrasi Larutan

Pengolahan data pada penelitian ini adalah spektrofotometri, dengan membuat kurva kalibrasi terlebih dahulu untuk memperoleh konstanta a dan b pada persamaan :

$$Y = a + bX \quad \text{.....(3.1)}$$

Untuk dapat memperoleh nilai konstanta terlebih dahulu dilakukan pengukuran absorbansi pada konsentrasi larutan pada konsentrasi 1, 2, 3, 4 dan 5 ppm. Nilai konsentrasi sebagai x dan hasil pengukuran absorbansi sebagai y dan digunakan pada persamaan.

$$b = \frac{\sum x.y - \left\{\frac{\sum x.\sum y}{n}\right\}}{\sum x^2 - \left\{\frac{(\sum x)^2}{n}\right\}} \quad \text{.....(3.2)}$$

Setelah mendapat nilai b, kemudian mencari nilai a dengan persamaan :

$$a = \frac{\{\sum y - (b.\sum x)\}}{n} \quad \text{.....(3.3)}$$

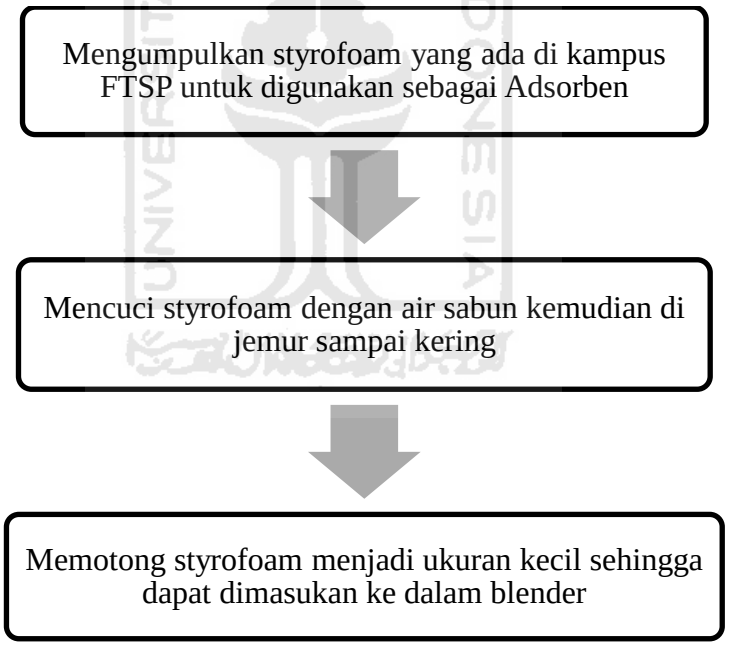
Setelah mendapat persamaan kalibrasi, membuat kurva kalibrasi sehingga didapat garis kalibrasi. Persamaan kalibrasi dapat digunakan untuk mencari nilai konsentrasi zat warna berbekal pembacaan absorbansi.

3.6.2. Desain Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk membandingkan kemampuan optimal adsorben yang dibuat dari styrofoam, kemudian membandingkan kemampuan penyerapan antara adsorben tersebut dengan variabel-variabel yang telah ditentukan sebelumnya.

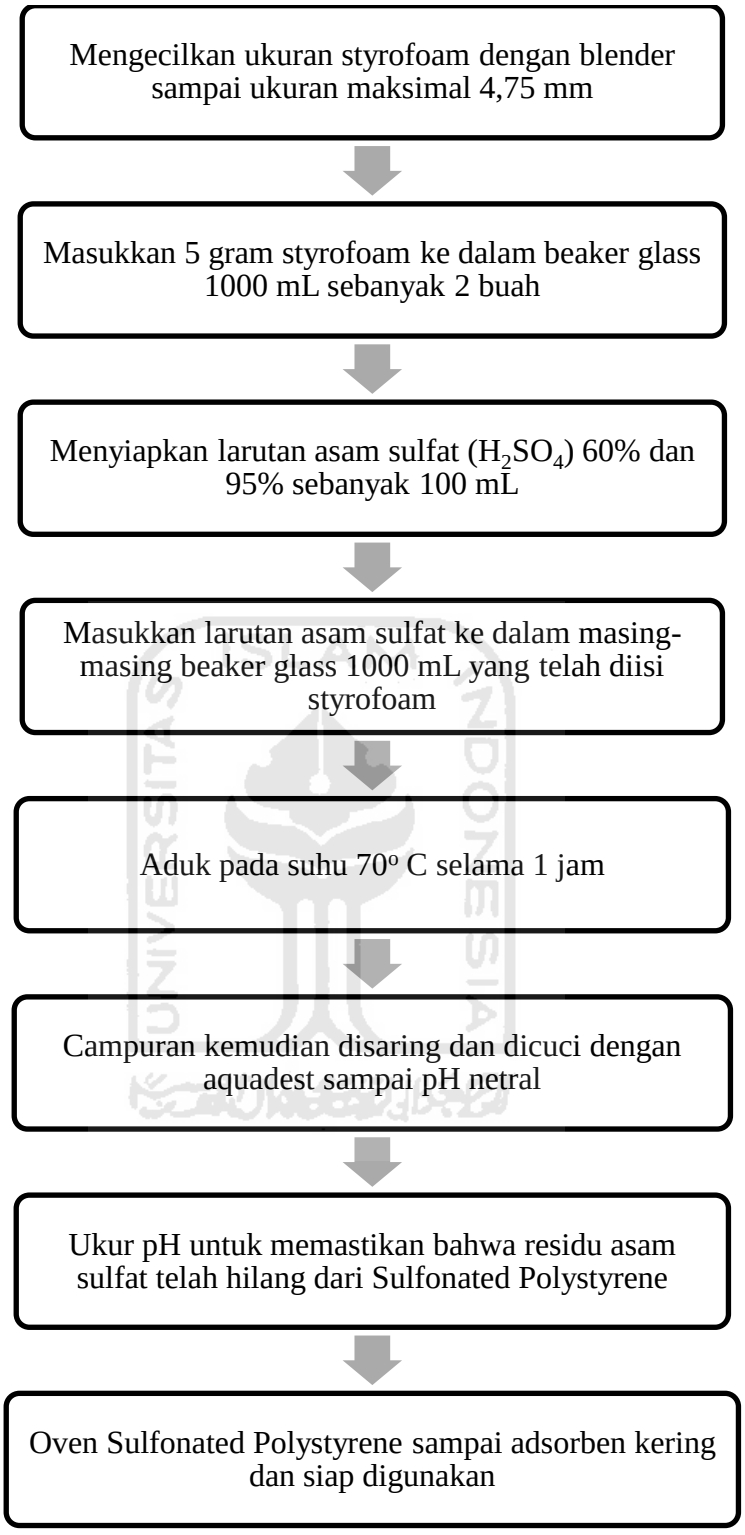
Penelitian ini menggunakan metode *batch reactor* dengan detail ada pada lampiran. Pada akhir penelitian akan dibuat isoterm adsorpsi untuk kedua adsorben. Dari hasil penelitian ini, nantinya akan bisa ditarik kesimpulan efektivitas adsorben untuk menyerap logam berat Timbal (Pb).

1.6.2.1. Persiapan Adsorben dari Styrofoam



Gambar 3.2. Diagram Persiapan Adsorben Styrofoam

1.6.2.2. Aktivasi Adsorben Styrofoam dengan Asam Sulfat (H_2SO_4)



Gambar 3.3. Aktivasi Styrofoam dengan Asam Sulfat (H_2SO_4)

1.6.2.3. Menentukan Massa Optimum

Dalam menentukan dosis optimum adsorben menggunakan kondisi dimana logam Timbal (Pb) dalam kodisi Equilibrium dengan Ph 6, dan waktu kontak 120 menit.Adapun langkah pengujian sebagai berikut :

1. Timbang styrofoam aktivasi H_2SO_4 60%, 95% dan Non Aktivasi dengan variasi 50 mg, 100 mg, 150 mg, 200 mg dam 250 mg.
2. Memasukkan ke dalam 15 buah tabung erlenmeyer yang telah terisi larutan Pb konsentrasi 10 ppm sebanyak 50 mL.
3. Cek pH dan kondisikan pada pH 6.
4. Melakukan pengadukan dengan orbital shaker selama 120 menit dengan kecepatan perputaran 150 rpm.
5. Kontrol pH agar tetap dalam kondisi pH 6 setiap 30 menit.
6. Saring larutan yang telah diaduk kemudian masukan ke dalam tabung reaksi.
7. Menguji larutan menggunakan spektrofotometri serapan atom (AAS) dan membuat grafik yang meyatakan efisiensi dari masing – masing dosis
8. Dosis optimum didapatkan maka dilanjutkan pada tahap pengujian variasi pH.

1.6.2.4. Menentukan pH Optimum

Setelah didapatkan massa adsorben yang optimum maka data tersebut digunakan untuk menentukan pH optimum seperti pada tahap berikut ini :

1. Timbang styrofoam aktivasi H_2SO_4 60% Non Aktivasi sebanyak 50 mg.
2. Memasukkan ke dalam 10 buah tabung erlenmeyer yang telah terisi larutan Pb konsentrasi 10 ppm sebanyak 50 mL.
3. Atur pH pada variasi pH 4, 5, 6, 7 dan 8 dan kemudian beri tanda pada erlenmeyer.
4. Pembuatan larutan dengan pH rendah maka ditambahn HNO3 sedangkan untuk membuat larutan dengan pH tinggi digunakan larutan NaOH pada masing - masing larutan.
5. Melakukan pengadukan dengan orbital shaker selama 120 menit dengan kecepatan perputaran 150 rpm.
6. Kontrol pH agar tetap dalam kondisi variasi pH yang diinginkan setiap 30 menit.

7. Saring larutan yang telah diaduk kemudian masukan ke dalam tabung reaksi.
8. Menguji larutan menggunakan spektrofotometri serapan atom (AAS) dan membuat grafik yang meyatakan efisiensi dari masing – masing dosis
9. Setelah pH optimum didapatkan maka dilanjutkan pada tahap pengujian waktu optimum.

1.6.2.5. Menentukan Waktu Kontak Optimum

Setelah massa adsorben optimum serta pH larutan optimum, maka dilanjutkan dengan meneliti waktu kontak optimum larutan dengan adsorben seperti langkah berikut :

1. Timbang styrofoam aktivasi H_2SO_4 60% Non Aktivasi sebanyak 50 mg.
2. Memasukkan ke dalam 10 buah tabung erlenmeyer yang telah terisi larutan Pb konsentrasi 10 ppm sebanyak 50 mL.
3. Atur pH pada pH optimum yang telah didapatkan.
4. Melakukan pengadukan dengan orbital shaker dengan variasi waktu kontak 15 menit, 30 menit, 60 menit, 90 menit dan 120 menit dengan kecepatan perputaran 150 rpm dan kemudian beri tanda pada erlenmeyer .
5. Kontrol pH agar tetap sesuai dengan pH optimum setiap 30 menit.
6. Saring larutan yang telah diaduk kemudian masukan ke dalam tabung reaksi.
7. Menguji larutan menggunakan spektrofotometri serapan atom (AAS) dan membuat grafik yang meyatakan efisiensi dari masing – masing dosis
8. Setelah waktu optimum didapatkan maka dilanjutkan pada tahap pengujian variasi konsentrasi logam Pb.

1.6.2.6. Menentukan Kemampuan Adsorbsi dengan Variasi Konsentrasi Pb

Setelah didapatkan massa, pH dan waktu optimum, maka data dari variasi tersebut digunakan untuk menentukan kemampuan *Sulfonated Polystyrene* dalam menyerap logam Pb. Langkah kerja pengujian adalah sebagai berikut :

1. Timbang styrofoam aktivasi H_2SO_4 60% Non Aktivasi sebanyak 50 mg.
2. Memasukkan ke dalam 16 buah tabung erlenmeyer yang telah terisi larutan Pb dengan variasi konsentrasi 10 ppm, 20 ppm, 50 ppm, 100 ppm, 150

ppm, 200 ppm, 250 ppm dan 300 ppm sebanyak 50 mL dan kemudian beri tanda pada erlenmeyer .

3. Atur pH pada pH optimum yang telah didapatkan.
4. Melakukan pengadukan dengan orbital shaker dengan waktu kontak optimum dengan kecepatan perputaran 150 rpm.
5. Kontrol pH agar tetap sesuai dengan pH optimum setiap 30 menit.
6. Saring larutan yang telah diaduk kemudian masukan ke dalam tabung reaksi.
7. Menguji larutan menggunakan spektrofotometri serapan atom (AAS) dan membuat grafik yang meyatakan efisiensi dari masing – masing dosis
8. Setelah itu membuat perhitungan menggunakan isoterm Langmuir dan Freundlich.

3.7. Karakterisasi Adsorben

Pengujian karakterisasi adsorben menggunakan alat *Scanning Eletron Microscopy* (SEM). *Scanning Eletron Microscopy* (SEM) adalah sebuah mikroskop elektron yang didesain untuk menyelidiki permukaan dari obyek solid secara langsung. SEM memiliki perbesaran 10 – 3000000 kali, *depth of field* 4 – 0,4 mm dan resolusi 1 – 10 nm. Fungsi utama penggunaan SEM pada penelitian ini adalah untuk mengetahui morfologi dari permukaan adsorben, yaitu bentuk dan ukuran dari partikel penyusun obyek.

3.8. Metode Analisis Isoterm Adsorpsi

Penentuan model isoterm adsorpsi dilakukan dengan mengacu pada data uji variasi konsentrasi larutan. Pada data tersebut nantinya akan dimasukkan kedalam perhitungan pemodelan isoterm Langmuir dan Freundlich. Kemudian akan dipilih mana model isoterm yang lebih cocok dengan adsorpsi logam Timbal (Pb) oleh adsorben yang memiliki nilai R^2 mendekati 1 dari kedua perhitungan pemodelan isoterm adsorpsi tersebut.

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Penjelasan Umum

Pada penelitian ini, adsorben yang digunakan adalah dari bahan styrofoam yang diaktivasi dengan asam sulfat (H_2SO_4) masing-masing 60% dan 95% serta styrofoam tanpa aktivasi. Adsorben dari styrofoam digunakan untuk menyerap logam berat Timbal (Pb) sintetis (buatan). Konsentrasi Timbal (Pb) yang digunakan untuk penentuan massa optimum, pH dan waktu kontak adalah 10 ppm dengan volume sebesar 50 mL.

Pada proses awal penelitian yang dilakukan adalah persiapan bahan styrofoam sebagai adsorben. Styrofoam dikumpulkan dari limbah yang ada di lingkungan kampus Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Kemudian styrofoam dicuci dengan air sabun untuk menghilangkan debu dan kotoran yang kemungkinan menempel pada dinding-dinding styrofoam. Setelah itu styrofoam yang telah dicuci dijemur dibawah sinar matahari sampai kering dan siap untuk diaktivasi.

Proses aktivasi styrofoam menggunakan larutan asam sulfat (H_2SO_4) 60% dan 95% sebesar 100 mL. Selain itu dilakukan juga perlakuan styrofoam tanpa aktivasi untuk mengetahui perbandingan kemampuan penyerapan dan karakterisasi adsorben antara yang diaktivasi dan tanpa aktivasi.

Proses pengujian menggunakan volume larutan Timbal (Pb) sebesar 50 mL, pada pH 6, waktu pengadukan 120 menit, kecepatan pengadukan 150 rpm dan pada suhu ruangan. Alat yang digunakan pada proses pengadukan adalah o*rbital shaker*. Sementara untuk mengetahui konsentrasi akhir dari logam Timbal (Pb) yang telah melalui proses pengadukan menggunakan alat Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) yang berdasarkan SNI 6989.8 : 2009.

Hasil akhir penelitian dari variasi massa adsorben, kondisi pH dan waktu kontak akan digunakan dalam pengujian variasi konsentrasi. Variasi konsentrasi logam Timbal (Pb) yang digunakan dari konsentrasi 10 ppm sampai 300 ppm. Dari hasil pengujian variasi konsentrasi didapatkan kemampuan maksimum adsorben dalam 0,05 gram *Sulfonated Polystyrene* untuk menyerap logam Timbal (Pb) dengan persamaan Isotherm Langmuir dan Freundlich.

4.2. Persiapan Adsorben Styrofoam

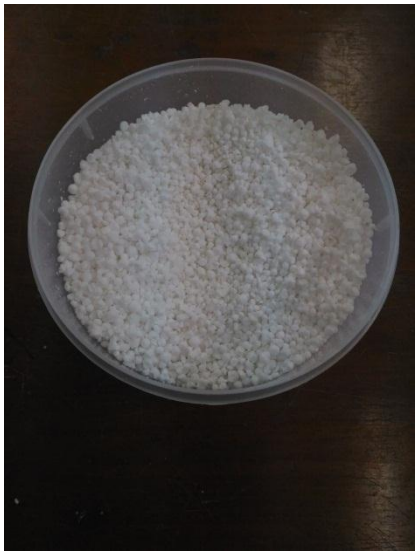
Tahap persiapan adsorben dimulai dengan mengumpulkan styrofoam yang berada di lingkungan kampus Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Kemudian styrofoam dicuci menggunakan air sabun untuk menghilangkan debu dan kotoran yang menempel pada styrofoam. Setelah itu styrofoam yang telah dicuci kemudian dijemur di bawah sinar matahari selama 2 hari sampai benar-benar kering.



Gambar 4.1. Limbah Styrofoam Setelah Pencucian

Kemudian dilakukan proses pencacahan styrofoam dengan menggunakan blender sampai dengan ukuran 4,75 mm. Untuk dapat mengetahui ukuran styrofoam sesuai dengan ukuran yang diinginkan, maka styrofoam yang telah dicacah disaring menggunakan saringan dengan ukuran 4,75 mm. Tujuan dari proses pencacahan atau mengecilkan ukuran styrofoam adalah agar dapat memperluas permukaan adsorben.

Dalam proses adsorbsi salah satu faktor yang dapat mempengaruhi penyerapan logam oleh adsorben adalah besarnya nilai luas permukaan. Karena ion logam akan terjebak pada pori – pori permukaan adsorben, sehingga luas permukaan total adsorben akan berbanding lurus dengan kemampuan dari penyerapan.



Gambar 4.2. Hasil Pengecilan Ukuran Styrofoam

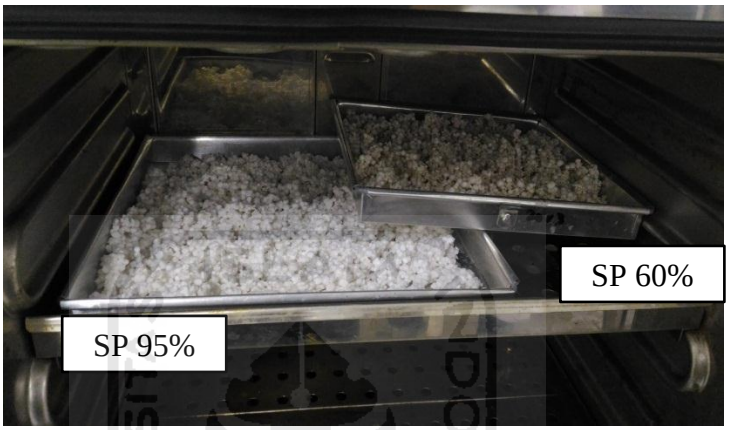
4.3. Aktivasi Adsorben Styrofoam

Pada tahap aktivasi adsorben, styrofoam memiliki ukuran 4,75 mm akan diaktivasi dengan H_2SO_4 60% dan 95%. Tahap pertama yang dilakukan adalah menimbang styrofoam pada timbangan analitik sebanyak 5 gram. Kemudian siapkan beaker glass 1000 mL lalu masukkan styrofoam yang telah ditimbang ke dalam beaker glass. Siapkan larutan H_2SO_4 60% dengan volume masing-masing 100 mL. Masukkan larutan H_2SO_4 ke dalam beaker glass yang telah diisi styrofoam lalu aduk selama 1 jam dengan suhu 70^oC.



Gambar 4.3. Proses Aktivasi Styrofoam dengan H_2SO_4

Setelah diaduk selama 1 jam, campuran bubur antara styrofoam dan H_2SO_4 60% lalu dicuci menggunakan aquadest sampai pH netral. Untuk mengetahui kondisi pH pada *Sulfonated Polystyrene* gunakan alat pH meter. Proses pencucian ini bertujuan untuk menghilangkan residu asam H_2SO_4 pada adsorben. Setelah pH adsorben pada kondisi netral, kemudian adsorben dimasukkan ke dalam oven pada suhu 90^oC. Adsorben siap digunakan untuk proses adsorpsi ketika telah benar-benar kering. Lakukan proses yang sama untuk aktivasi styrofoam menggunakan larutan H_2SO_4 95%.



Gambar 4.4. Proses Pengovenan *Sulfonated Polystyrene* 60% dan 95%



Gambar 4.5. Adsorben *Sulfonated Polystyrene* 60% dan 95%

Dari gambar diatas dapat dilihat perbedaan bentuk antara *Sulfonated Polystyrene* 60% dengan *Sulfonated Polystyrene* 90%. Pada *Sulfonated Polystyrene* 60%, adsorben lebih berwana kuning, ukurannya mengecil dari ukuran asli dan memiliki berat yang lebih besar. Sementara pada *Sulfonated*

Polystyrene 90%, adsorben berwana putih dan memiliki ukuran seperti ukuran asli.

Proses aktivasi menggunakan H_2SO_4 ini diharapkan dapat meningkatkan kemampuan penyerapan adsorben dengan bertambahnya gugus fungsi yang dapat mengikat ion-ion logam berat yang terdapat pada air limbah.

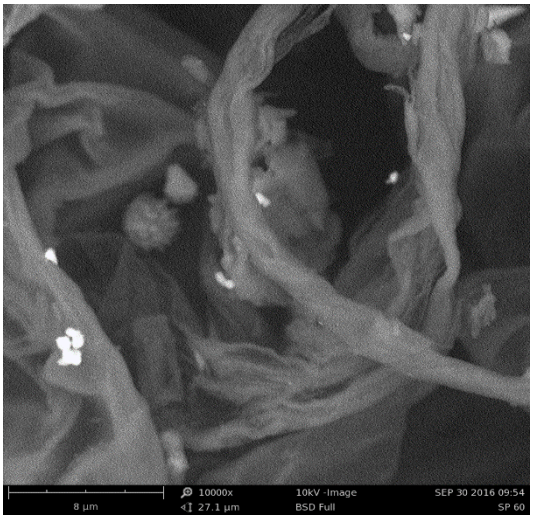
Pembuatan 2 jenis adsorben berbeda pada styrofoam yang diaktivasi ini bertujuan untuk menganalisa perbandingan efektivitas penyerapan ion logam Timbal (Pb) dengan variasi penggunaan konsentrasi H_2SO_4 pada saat aktivasi styrofoam. Dengan adanya perbedaan jenis adsorben aktivasi ini, diharapkan dapat menentukan adsorben yang tepat untuk digunakan dalam mereduksi ion logam Timbal (Pb) dengan prosedur pengujian yang nantinya akan dilakukan.

4.4. Karakterisasi Adsorben

Pada penelitian ini, karakterisasi adsorben dilakukan dengan menggunakan alat SEM (*Scanning Electron Microscopy*) atau mikroskop electron yang menggunakan berkas electron untuk menggambarkan bentuk permukaan dari material yang dianalisis. Penggunaan alat SEM (*Scanning Electron Microscopy*) bertujuan untuk mengetahui bagaimana penggambaran bentuk permukaan dari material yang dianalisis.

Dengan mengetahui bentuk permukaan adsorben maka akan dapat mengetahui seberapa besar luas permukaan yang terbentuk pada adsorben, jika semakin besar luas total permukaan maka akan adsorben akan memiliki kemampuan penyerapan yang semakin baik karena besarnya jumlah ion logam yang dapat diikat dipermukaan adsorben.

Pada penelitian ini, gambar hasil pembesaran pada alat SEM (*Scanning Electron Microscopy*) dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 4.6. Adsorben *Sulfonated Polystyrene* 60% perbesaran 10000x



Gambar 4.7. Styrofoam Tanpa Aktivasi perbesaran 10000x

Dari penelitian ini menggunakan perbesaran 10000x untuk kedua jenis adsorben dari styrofoam. Dari gambar morfologi kedua adsorben ini, dapat diketehui bahwa kedua jenis adsorben ini memiliki rongga-rongga di permukaannya. Hal ini dapat memberikan dampak positif untuk memberikan luas permukaan yang lebih besar sehingga memungkinkan pengikatan ion logam kedalam rongga-rongga tersebut.

Sedangkan untuk hasil pembacaan Element Identity (EDS) dapat dilihat pada Tabel dibawah ini :

Tabel 4.1. Hasil Element Identity (EDS) Adsorben Styrofoam

Adsorbent Type	Element Number	Element Symbol	Element Name	Atomic Concentration	Error
Sulfonated Polystyrene 60%	6	C	Carbon	100	0,7
Styrofoam Tanpa Aktivasi	6	C	Carbon	100	0,6

Prinsip kerja EDS (*Element Identity*) adalah menembakkan sinar x pada posisi yang ingin kita ketahui komposisi elemennya. Setelah ditembakkan maka akan muncul puncak-puncak tertentu yang mewakili unsur yang terkadung di dalam obyek. Dari hasil EDS (*Element Identity*) dapat dilihat bahwa di dalam adsorben styrofoam baik *Sulfonated Polystyrene* 60% maupun Styrofoam Tanpa Aktivasi terdapat elemen karbon (C) dengan konsentrasi atom 100%. Sementara unsur lain yang berpengaruh dalam proses pertukaran ion logam berat tidak dapat terbaca, seperti unsur hidrogen (H) dan sulfur (S).

4.5. Pengujian Adsorpsi Limbah Timbal (Pb)

Pada tahap penelitian ini, variasi jenis adsorben *Sulfonated Polystyrene* 60%, *Sulphonater Polystyrene* 95% dan Styrofoam Tanpa Aktivasi akan dilakukan pengujian dengan menggunakan larutan limbah sintetis Timbal (Pb) yang diambil dari larutan baku 1000 mg/L. Pengujian dilakukan dalam 4 tahap yang berbeda yakni, variasi massa adsorbent, variasi pH, variasi waktu kontak dan variasi konsentrasi larutan uji. Pengujian nilai konsentrasi akan dilakukan dengan menggunakan *Atomic Adsorption Spectrophotometer* (AAS).

4.6.1. Variasi Massa Adsorben

Variasi massa adsorben bertujuan untuk dapat mengetahui berapa massa yang optimal digunakan agar mendapatkan kondisi adsorpsi yang optimal untuk mengikat ion logam Timbal (Pb). Pada variasi massa digunakan larutan Timbal (Pb) dengan konsentrasi 10 ppm, kondisi pH 6, waktu kontak 120 menit dan kecepatan pengadukan 150 rpm. Variasi massa adsorben diatur pada massa 50, 100, 200, 300 dan 400 mg dengan larutan kontrol pada kondisi pH 6.

Data pengujian variasi massa untuk adsorben *Sulfonated Polystyrene* 60%, *Sulfonated Polystyrene* 95% dan Styrofoam Tanpa Aktivasi terdapat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.2. Hasil Uji Variasi Massa Adsorben *Sulfonated Polystyrene* 60%

Styrofoam Aktivasi H_2SO_4 60%						
No.	**Massa (gr)**	**Konsentrasi Awal (ppm)**	**Konsentrasi Akhir (ppm)**	**% Removal**	**pH Awal**	**pH Akhir**
1	0,05	17,742	2,401	86,47%	6,07	6,18
2	0,1	17,742	2,911	83,59%	5,99	6,03
3	0,2	17,742	3,679	79,26%	5,98	6,25
4	0,3	17,742	3,572	79,87%	6,04	6,09
5	0,4	17,742	3,39	80,89%	6,03	6,2

Sumber : Data Primer, 2016

Tabel 4.3. Hasil Uji Variasi Massa Adsorben *Sulfonated Polystyrene* 95%

Styrofoam Aktivasi H_2SO_4 95%						
No.	**Massa (gr)**	**Konsentrasi Awal (ppm)**	**Konsentrasi Akhir (ppm)**	**% Removal**	**pH Awal**	**pH Akhir**
1	0,05	17,742	3,346	81,14%	6,07	6,03
2	0,1	17,742	3,314	81,32%	6,02	5,99
3	0,2	17,742	3,547	80,01%	6,01	6,25
4	0,3	17,742	3,388	80,90%	5,99	5,9
5	0,4	17,742	3,416	80,75%	6,03	6,01

Sumber : Data Primer, 2016

Tabel 4.4. Hasil Uji Variasi Massa Adsorben Styrofoam Tanpa Aktivasi

Styrofoam Tanpa Aktivasi H_2SO_4						
No.	**Massa (gr)**	**Konsentrasi Awal (ppm)**	**Konsentrasi Akhir (ppm)**	**% Removal**	**pH Awal**	**pH Akhir**
1	0,05	17,742	5,473	69,15%	6,05	6,07
2	0,1	17,742	3,622	79,59%	6,04	6,39
3	0,2	17,742	4,301	75,76%	6,01	6,16
4	0,3	17,742	3,983	77,55%	5,96	6,23
5	0,4	17,742	3,927	77,87%	5,97	6,17

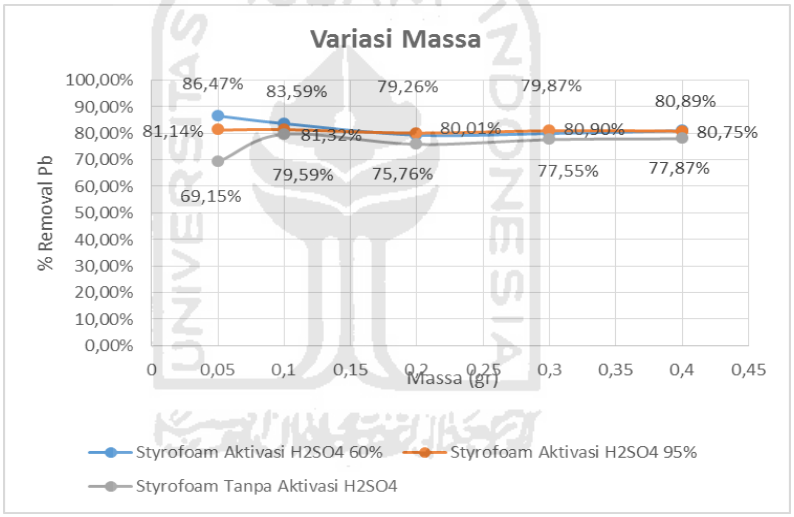
Sumber : Data Primer, 2016

Dari data diatas, dapat dilihat bahwa terjadi penurunan kemampuan penyerapan pada adsorben *Sulfonated Polystyrene* 60%. Pada massa 50 mg kemampuan adsorpsi dapat mencapai 86,47%. Namun kemampuan penyerapan turun pada massa 200 mg dan 300 mg yang hanya mencapai kisaran 79%, lalu pada massa 400 mg kembali naik pada angka 80,89%. Hal tersebut kemungkinan bisa terjadi karena pada saat proses aktivasi bahan untuk adsorben tidak banyak

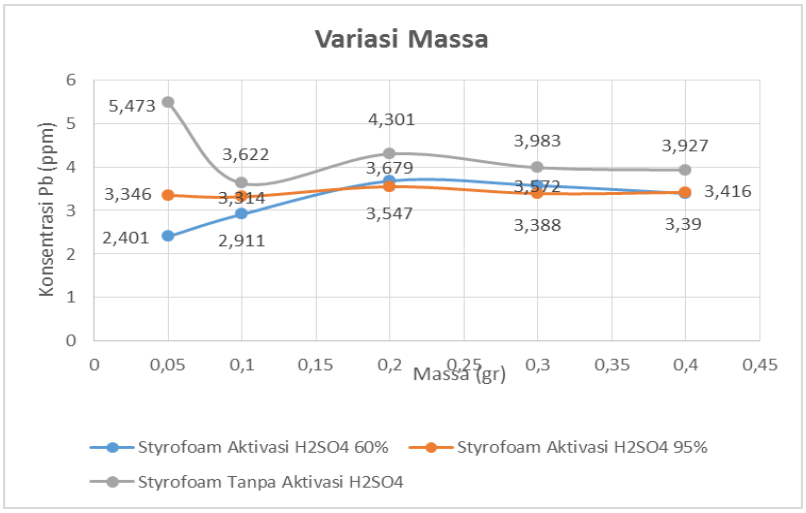
menghasilkan gugus fungsi baru sehingga hanya menyisakan pengotornya saja dan tidak maksimal dalam melakukan penyerapan ion Timbal (Pb). Faktor lain yang mempengaruhi adalah banyaknya adsorben yang menempel pada dinding erlenmeyer pada saat proses pengadukan, sehingga adsorben tidak dapat menyerap secara maksimal pula.

Pada jenis adsorben *Sulfonated Polystyrene* 95% kemampuan penyerapan ion logam Timbal (Pb) stabil pada kisaran 80-81%. Sedangkan pada adsorben Styrofoam Tanpa Aktivasi terjadi peningkatan yang signifikan dari massa 50 mg dan 100 mg yaitu pada persentase 69,15% ke 79,59%. Persentase removal pada adsorben jenis ini terdapat pada kisaran 69-79%.

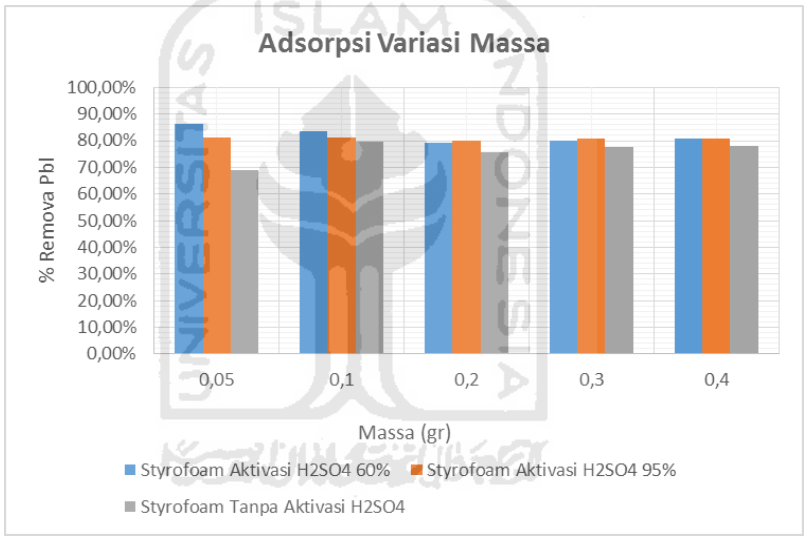
Sementara itu, hubungan antara massa adsorben dengan persentase Timbal (Pb) dan konsentrasi akhir larutan setelah dilakukan pengujian ditunjukan pada gambar berikut :



Gambar 4.8. Grafik Hubungan Massa dengan Persentase Removal pada Uji Variasi Massa



Gambar 4.9. Grafik Hubungan Massa dengan Konsentrasi Akhir pada Uji Variasi Massa



Gambar 4.10. Diagram Hubungan Massa dengan Persentase Removal pada Uji Variasi Massa

Dapat dilihat dari grafik diatas, hasil pengujian adsorpsi menggunakan 3 jenis adsorben dari styrofoam memiliki kemampuan penyerapan yang hampir sama. Perbedaan yang cukup signifikan kemampuan penyerapan tiap adsorben terdapat pada massa 50 mg. Pada adsorben *Sulfonated Polystyrene* 60% kemampuan penyerapan ion Timbal (Pb) mencapai 86,47%, sedangkan pada adsorben *Sulfonated Polystyrene* 95% kemampuan penyerapan ion Timbal (Pb) mencapai 81,14%. Kemudian pada adsorben Styrofoam Tanpa Aktivasi kemampuan penyerapan ion Timbal (Pb) hanya mencapai 69,15%.

Jadi dapat disimpukan bahwa untuk pengujian selanjutnya pada variasi pH, massa adsorben yang akan digunakan adalah 50 mg. Namun adsorben jenis *Sulfonated Polystyrene* 95% tidak digunakan lagi pada pengujian selanjutnya karena memiliki kemampuan penyerapan yang lebih rendah dari jenis adsorben *Sulfonated Polystyrene* 60%.

4.6.2. Variasi pH Larutan

Percobaan pengadukan pada variasi pH larutan akan menggunakan data hasil percobaan variasi massa, data massa optimum yang didapat dari variasi massa didapat sebesar 50 mg adsorben jenis *Sulfonated Polystyrene* 60%. Pada variasi pH digunakan larutan Timbal (Pb) dengan konsentrasi 10 ppm, waktu kontak 120 menit dan kecepatan pengadukan 150 rpm. Variasi pH larutan diatur pada kondisi pH 4, 5, 6, 7 dan 8 dengan larutan kontrol pada kondisi pH 6.

Data pengujian variasi pH larutan untuk adsorben *Sulfonated Polystyrene* 60% dan Styrofoam Tanpa Aktivasi terdapat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.5. Hasil Uji Variasi pH Adsorben *Sulfonated Polystyrene* 60%

Styrofoam Aktivasi H_2SO_4 60%										
No	**Massa (gr)**	**pH Rencana**	**pH Awal**	**Cek pH tiap 30 menit**				**Konsentrasi Awal (ppm)**	**Konsentrasi Akhir (ppm)**	**% Removal**
				x 1	**x2**	**x3**	**x4**			
1	0,05	4	4,05	3,98	4,00	3,99	4,00	8,24	5,610	31,92%
2	0,05	5	5,01	4,98	4,98	5,04	4,80	8,24	1,548	81,21%
3	0,05	6	6,00	6,02	6,09	6,01	5,93	8,24	0,586	92,89%
4	0,05	7	6,95	6,97	7,04	6,99	7,04	8,24	0,601	92,71%
5	0,05	8	7,98	8,01	8,02	7,93	7,75	8,24	0,340	95,87%
Kontrol		6	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	8,24	7,53	8,62%
Inlet								8,24		

Sumber : Data Primer, 2016

Tabel 4.6. Hasil Uji Variasi pH Adsorben Styrofoam Tanpa Aktivasi

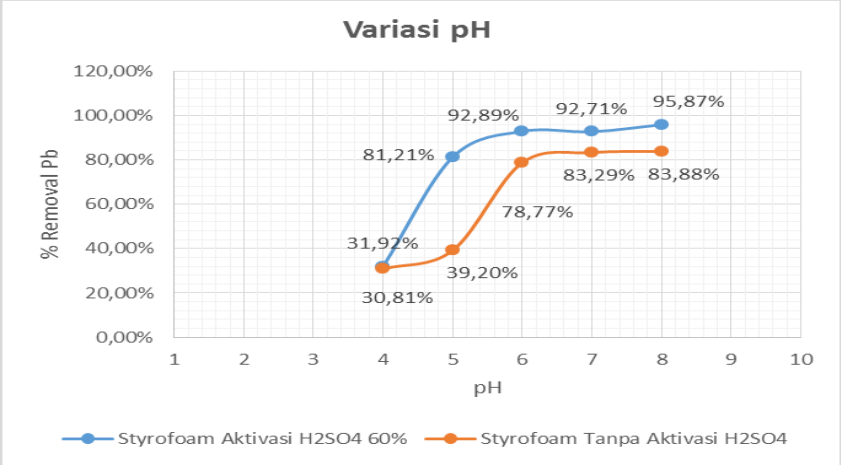
Styrofoam Tanpa Aktivasi H_2SO_4										
No.	Massa (gr)	pH Rencana	pH Awal	Cek pH tiap 30 menit				Konsentrasi Awal (ppm)	Konsentrasi Akhir (ppm)	% Removal
				x 1	x2	x3	x4			
1	0,05	4	4,04	4,06	4,03	3,98	3,99	8,24	5,701	30,81%
2	0,05	5	5,05	4,93	4,96	4,96	4,88	8,24	5,010	39,20%
3	0,05	6	6,04	6,07	6,05	6,07	5,95	8,24	1,749	78,77%
4	0,05	7	7,11	7,01	7,02	7,00	7,08	8,24	1,377	83,29%
5	0,05	8	7,95	8,00	8,01	7,97	7,90	8,24	1,328	83,88%
Kontrol		6	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	8,24	7,53	8,62%
Inlet								8,24		

Sumber : Data Primer, 2016

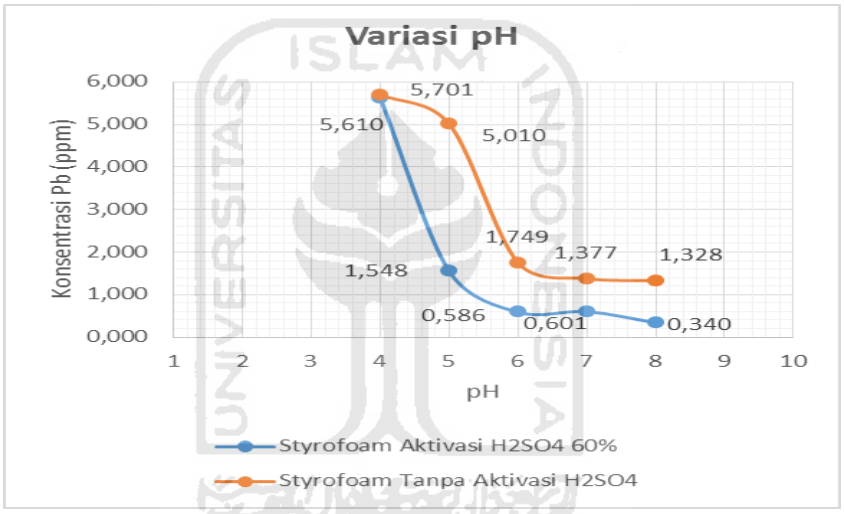
Dari hasil uji AAS diatas dapat terlihat bahwa terjadi peningkatan yang teratur dari segi persentase removal dan konsentrasi akhir. Kemampuan penyerapan adsorben yang telah diaktivasi memiliki kemampuan penyerapan lebih besar daripada adsorben tanpa aktivasi. Persentase removal ion Timbal (Pb) oleh *Sulfonated Polystyrene* 60% pada pH 4 adalah 31,92%, sementara oleh styrofoam tanpa aktivasi adalah 30,81%. Persentase mengalami peningkatan pada pH 6 yaitu 92,89% oleh *Sulfonated Polystyrene* 60% dan 78,77% oleh styrofoam tanpa aktivasi.

Sementara pada kondisi pH 7 dan 8, kemampuan penyerapan adsorben *Sulfonated Polystyrene* 60% mencapai 92,71% dan 95,87%. Sedangkan kemampuan penyerapan styrofoam tanpa aktivasi mencapai 83,29% dan 83,88%. Kondisi maksimal kemampuan removal ini kemungkinan karena makin tinggi kondisi pH maka larutan akan bersifat basa, sehingga ketika dalam kondisi basa kelarutan ion Timbal (Pb) semakin kecil dan mulai terjadi pengendapan.

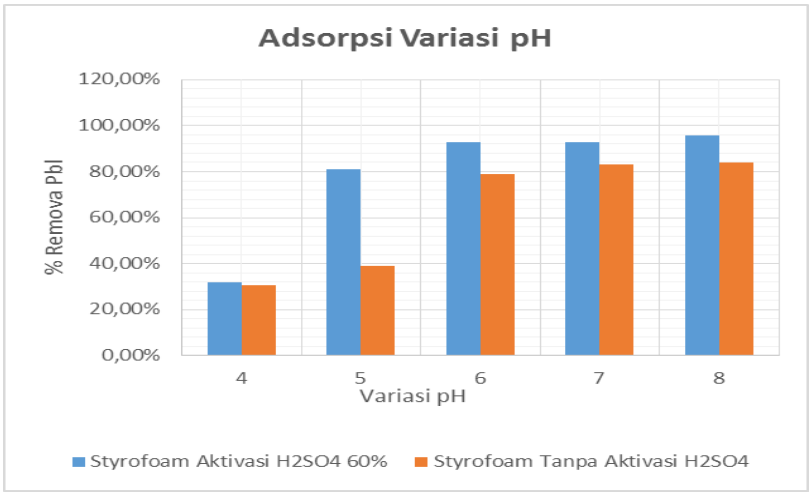
Sementara itu, hubungan antara variasi pH dengan persentase Timbal (Pb) dan konsentrasi akhir larutan setelah dilakukan pengujian ditunjukan pada gambar berikut :



Gambar 4.11. Grafik Hubungan Kondisi pH dengan Persentase Removal pada Uji Variasi pH



Gambar 4.12. Grafik Hubungan Kondisi pH dengan Konsentrasi Akhir pada Uji Variasi pH



Gambar 4.13. Diagram Hubungan Kondisi pH dengan Persentase Removal pada Uji Variasi pH

Menurut (Ahmad, dkk., 2009), penurunan jumlah ion logam yang diserap dalam proses adsorpsi pada pH tinggi sebelum mencapai pH dimana ion logam tersebut mengendap dikarenakan terbentuknya kompleks hidroksil terlarut dari ion logam sehingga ion logam tidak bisa berikatan dengan gugus aktif pada adsorben, sehingga dari data pengujian yang didapatkan, maka kondisi pH optimum yang digunakan adalah pH 6.

4.6.3. Variasi Waktu Kontak

Percobaan pengadukan pada variasi waktu kontak akan menggunakan data dari hasil percobaan variasi massa dan variasi pH larutan. Data massa optimum yang didapat dari variasi massa didapat sebesar 50 mg adsorben jenis *Sulfonated Polystyrene* 60% dan kondisi pH optimum pada pH 6. Pada variasi waktu kontak digunakan larutan Timbal (Pb) dengan konsentrasi 10 ppm dan kecepatan pengadukan 150 rpm. Variasi waktu kontak ditentukan pada durasi 15, 30, 60, 90 dan 120 menit.

Data pengujian variasi waktu kontak untuk adsorben *Sulfonated Polystyrene* 60% dan Styrofoam Tanpa Aktivasi terdapat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.7. Hasil Uji Variasi Waktu Kontak Adsorben *Sulfonated Polystyrene* 60%

Styrofoam Aktivasi H_2SO_4 60%								
No.	**Massa (gr)**	**Waktu (menit)**	**pH Rencana**	**pH Awal**	**pH Akhir**	**Konsentrasi Awal (ppm)**	**Konsentrasi Akhir (ppm)**	**% Removal**
1	0,05	15	6	6	6	10,853	3,443	68,28%
2	0,05	30	6	6	6	10,853	3,259	69,97%
3	0,05	60	6	6	6	10,853	3,231	70,23%
4	0,05	90	6	6	6	10,853	3,062	71,79%
5	0,05	120	6	6	6	10,853	1,413	86,98%
Inlet				6		10,853		

Sumber : Data Primer, 2016

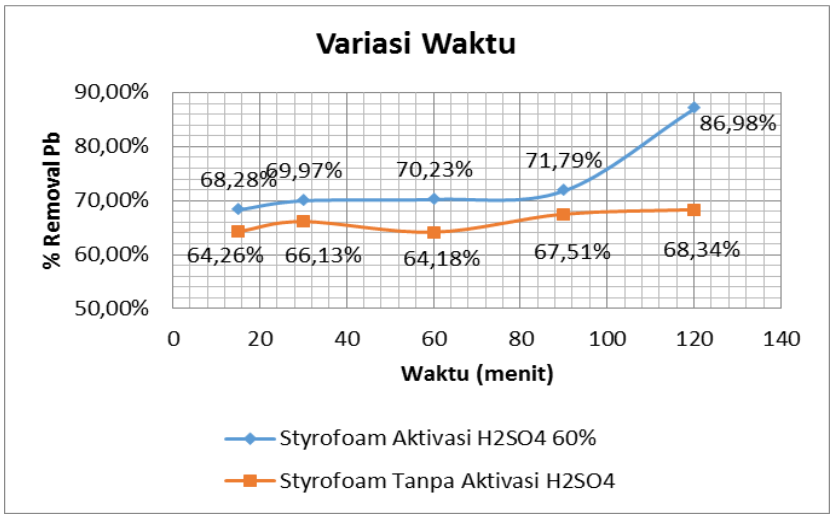
Tabel 4.8. Hasil Uji Variasi Waktu Kontak Adsorben Styrofoam Tanpa Aktivasi

Styrofoam Tanpa Aktivasi H_2SO_4								
No.	**Massa (gr)**	**Waktu (menit)**	**pH Rencana**	**pH Awal**	**pH Akhir**	**Konsentrasi Awal (ppm)**	**Konsentrasi Akhir (ppm)**	**% Removal**
1	0,05	15	6	6	6	10,853	3,879	64,26%
2	0,05	30	6	6	6	10,853	3,676	66,13%
3	0,05	60	6	6	6	10,853	3,888	64,18%
4	0,05	90	6	6	6	10,853	3,526	67,51%
5	0,05	120	6	6	6	10,853	3,436	68,34%
Inlet				6		10,853		

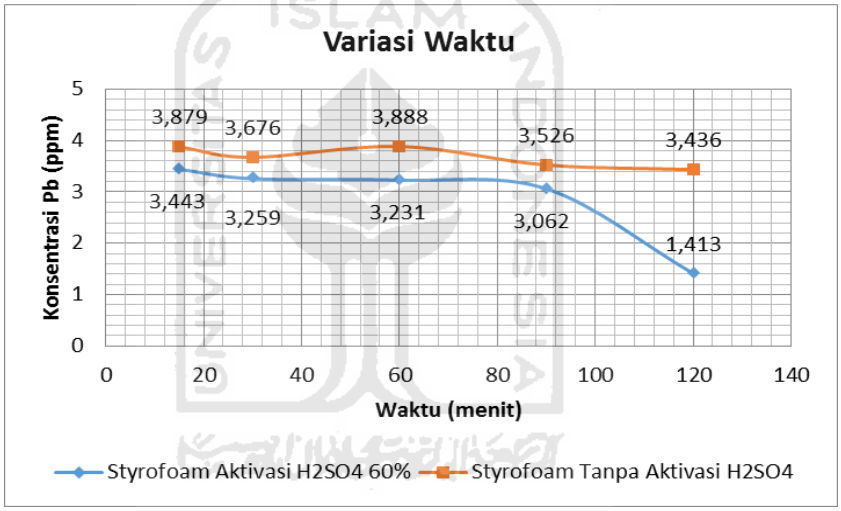
Sumber : Data Primer, 2016

Dari data diatas dapat diketahui bahwa konsentrasi awal larutan Timbal (Pb) adalah 10,853 ppm. Setelah dilakukan pengadukan dapat diketahui bahwa konsentrasi akhir larutan mengalami penurunan yang meningkat pada setiap pertambahan waktu. Tujuan dari pengujian variasi waktu adalah menentukan waktu optimum kemampuan penyerapan adsorben terhadap ion logam Timbal (Pb).

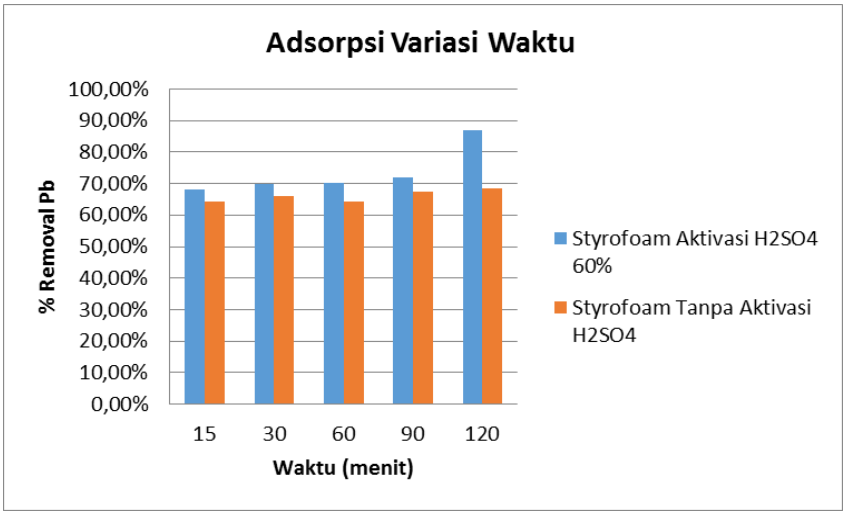
Sementara itu, hubungan antara variasi pH dengan persentase Timbal (Pb) dan konsentrasi akhir larutan setelah dilakukan pengujian ditunjukan pada gambar berikut :



Gambar 4.14. Grafik Hubungan antara Waktu Kontak dengan Persentase Removal pada Uji Variasi Waktu Kontak



Gambar 4.15. Grafik Hubungan antara Waktu Kontak dengan Konsentrasi Akhir pada Uji Variasi Waktu Kontak



Gambar 4.16. Diagram Hubungan antara Waktu Kontak dengan Persentase Removal pada Uji Variasi Waktu Kontak

Dapat diketahui bahwa adsorben jenis *Sulfonated Polystyrene* 60% dan Styrofoam Tanpa Aktivasi mencapai kemampuan optimum pada waktu kontak 120 menit. Persentase kemampuan penyerapan ion logam Timbal (Pb) pada adsorben *Sulfonated Polystyrene* 60% mencapai 86,98%, sedangkan pada Styrofoam Tanpa Aktivasi mencapai 68,34%. Dalam waktu 15 menit, kedua jenis adsorben ini sudah bekerja dengan cukup baik dengan persentase penyerapan pada kisaran 64-68%. Jadi dapat disimpulkan bahwa waktu kontak optimum pada pengujian ini adalah pada waktu 120 menit. Dalam aplikasi di lapangan, waktu kontak mempengaruhi efektivitas biaya energi yang digunakan untuk proses pengadukkan oleh *impeller* dalam mendesain suatu pengolahan limbah logam berat di lingkungan.

4.6.4. Variasi Konsentrasi Larutan

Percobaan pengadukan pada variasi konsentrasi larutan akan menggunakan data dari hasil percobaan variasi sebelumnya. Data massa optimum yang didapat dari variasi massa didapat sebesar 50 mg adsorben jenis *Sulfonated Polystyrene* 60%, kondisi pH optimum pada pH 6, waktu kontak selama 120 menit dan kecepatan pengadukan 150 rpm. Pada variasi konsentrasi larutan digunakan larutan Timbal (Pb) dengan variasi konsentrasi 10 ppm, 20 ppm, 50 ppm, 100 ppm, 150 ppm, 200 ppm, 250 ppm dan 300 ppm.

Data pengujian variasi waktu kontak untuk adsorben *Sulfonated Polystyrene* 60% dan Styrofoam Tanpa Aktivasi terdapat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.9. Hasil Uji Variasi Konsentrasi Adsorben *Sulfonated Polystyrene* 60%

Styrofoam Aktivasi H_2SO_4 60%						
Konsentrasi Logam Pb Rencana (ppm)	**Massa Adsorben (gr)**	**Inlet (ppm)**	**pH Awal**	**pH Akhir**	**Konsentrasi Akhir (ppm)**	**% Removal**
10	0,05	10,708	6	6	1,631	85%
20	0,05	23,75	6	6	4,828	80%
50	0,05	49	6	6	14,635	70%
100	0,05	100,8	6	6	32,265	68%
150	0,05	137,41	6	6	64,063	53%
200	0,05	203,39	6	6	112,67	45%
250	0,05	252,915	6	6	168,229	33%
300	0,05	305,375	6	6	215,872	29%

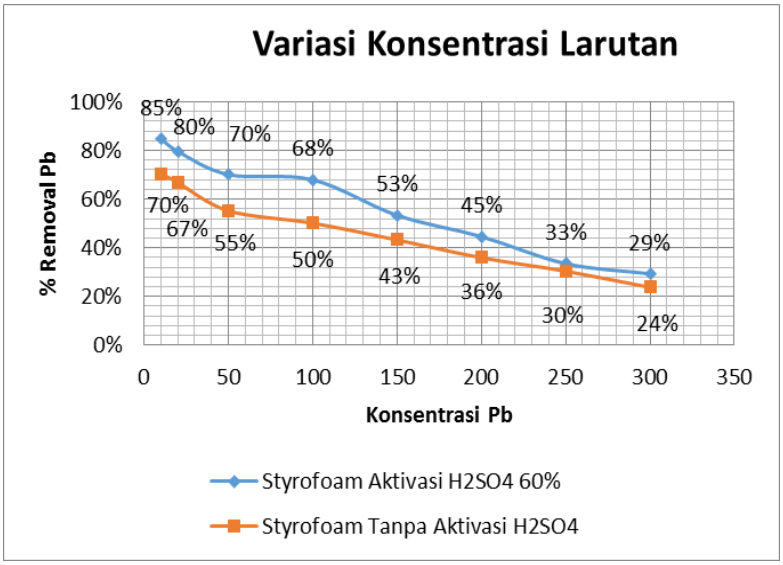
Sumber : Data Primer, 2016

Tabel 4.10. Hasil Uji Variasi Konsentrasi Adsorben Styrofoam Tanpa Aktivasi

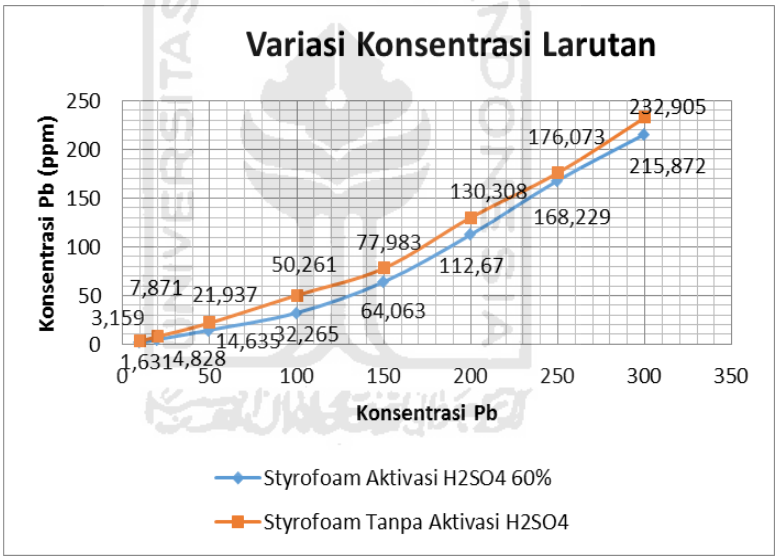
Styrofoam Tanpa Aktivasi H_2SO_4						
Konsentrasi Logam Pb Rencana (ppm)	**Massa Adsorben (gr)**	**Inlet (ppm)**	**pH Awal**	**pH Akhir**	**Konsentrasi Akhir (ppm)**	**% Removal**
10	0,05	10,708	6	6	3,159	70%
20	0,05	23,75	6	6	7,871	67%
50	0,05	49	6	6	21,937	55%
100	0,05	100,8	6	6	50,261	50%
150	0,05	137,41	6	6	77,983	43%
200	0,05	203,39	6	6	130,308	36%
250	0,05	252,915	6	6	176,073	30%
300	0,05	305,375	6	6	232,905	24%

Sumber : Data Primer, 2016

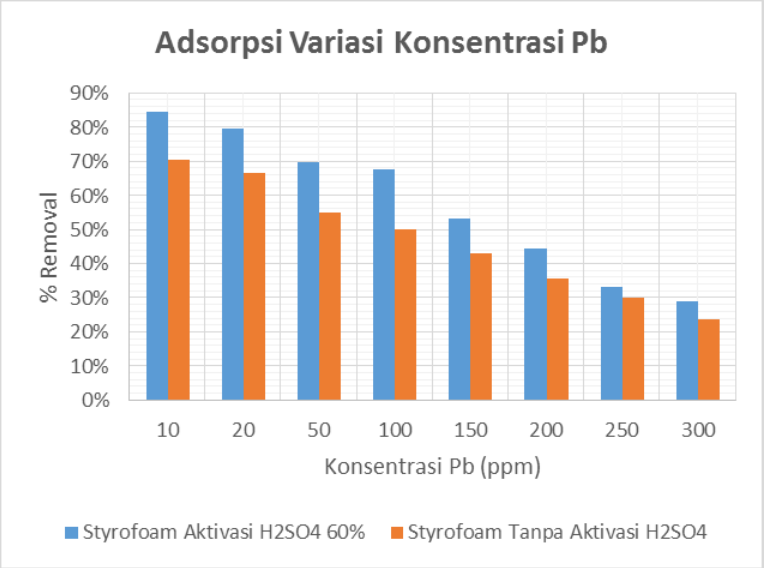
Dari data di atas harus diketahui terlebih dahulu konsentrasi awal (C_0) dari masing-masing variasi konsentrasi larutan, tujuannya adalah untuk mengetahui selisih konsentrasi larutan setelah dilakukan pengujian. Sementara itu, hubungan antara variasi konsentrasi larutan dengan persentase Timbal (Pb) dan konsentrasi akhir larutan setelah dilakukan pengujian ditunjukan pada gambar berikut :



Gambar 4.17. Grafik Hubungan antara Konsentrasi Larutan dengan Persentase Removal pada Uji Variasi Konsentrasi



Gambar 4.18. Grafik Hubungan antara Konsentrasi Larutan dengan Konsentrasi Akhir pada Uji Variasi Konsentrasi



Gambar 4.19. Diagram Hubungan antara Konsentrasi Larutan dengan Persentase Removal pada Uji Variasi Konsentrasi

Dari grafik dan diagram diatas dapat diketahui bahwa kemampuan penyerapan adsorben terhadap ion-ion Timbal (Pb) semakin menurun sebanding dengan meningkatnya konsentrasi larutan. Pada konsentrasi 10 ppm, adsorben *Sulfonated Polystyrene* 60% memiliki kemampuan penyerapan mencapai 85%. Sementara Styrofoam Tanpa Aktivasi hanya memiliki kemampuan penyerapan 70%. Persentase kemampuan penyerapan mengalami tren menurun sampai pada konsentrasi 300 ppm. Kemampuan penyerapan pada adsorben *Sulfonated Polystyrene* 60% adalah 29%, sementara pada Styrofoam Tanpa Aktivasi adalah 24%. Dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi konsentrasi larutan maka akan semakin kecil kemampuan adsorben untuk menyerap ion-ion logam yang terdapat di dalam larutan.

4.6. Isothermal Adsorpsi Langmuir dan Freundlich

Isoterm adsorpsi adalah hubungan yang menunjukkan distribusi adsorben antara fasa teradsorpsi pada permukaan adsorben dengan fasa ruah saat kesetimbangan pada suhu tertentu. Pada percobaan ini, digunakan suhu ruangan yaitu 30°C sehingga tidak terlalu berpengaruh didalam penelitian.

4.6.1. Metode Isothermal Langmuir

Model Langmuir mendefinisikan bahwa kapasitas adsorpsi maksimum terjadi akibat adanya lapisan tunggal (monolayer) adsorbat di permukaan adsorben. Persamaan isoterm Langmuir:

$$\frac{Ce}{qe} = \frac{1}{qm} Ce + \frac{1}{Kl.qm}$$

Dimana:

Ce = Konsentrasi Equilibrium (mg/l)

qe = Nilai Adsorpsi logam saat Equilibrium (mg/g)

qm = Nilai konstanta Langmuir

K_L = Nilai konstanta Langmuir

Dari data hasil pengujian variasi konsentrasi larutan dapat dihitung menggunakan isoterm Langmuir untuk menentukan kemampuan maksimum penyerapan adsorben dari styrofoam. Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.11. Data Penentuan Isoterm Langmuir Adsorben *Sulfonated Polystyrene* 60%

Variasi Konsentrasi Styrofoam Aktivasi H_2SO_4 60%										
Variasi Konsentrasi (ppm)	Massa Adsorbent (mg)	Volume Larutan (ml)	Konsentrasi Awal (C0)	Konsentrasi Akhir (Ce)	Selisih (ΔC)	Persentase Penyisihan (%)	Massa Teradsorbsi (x) mg	Langmuir		
								qe (mg/g)	1/qe	1/Ce
10	50	50	10,708	1,631	9,077	84,77	0,45385	9,08	0,110	0,613
20	50	50	23,75	4,828	18,922	79,67	0,9461	18,92	0,053	0,207
50	50	50	49	14,635	34,365	70,13	1,71825	34,37	0,029	0,068
100	50	50	100,8	32,265	68,535	67,99	3,42675	68,54	0,015	0,031
150	50	50	137,41	64,063	73,347	53,38	3,66735	73,35	0,014	0,016
200	50	50	203,39	112,67	90,72	44,60	4,536	90,72	0,011	0,009

(Detail Perhitungan terdapat pada Lampiran)

Tabel 4.12. Data Penentuan Isoterm Langmuir Adsorben Styrofoam Tanpa Aktivasi

Variasi Konsentrasi Styrofoam Tanpa Aktivasi H_2SO_4										
Variasi Konsentrasi (ppm)	Massa Adsorbent (mg)	Volume Larutan (ml)	Konsentrasi Awal (C0) (ppm)	Konsentrasi Akhir (Ce) (ppm)	Selisih (ΔC) (ppm)	Persentase Penyisihan (%)	Langmuir			
							Massa Teradsorbsi (mg) (x)	qe (mg/g)	1/qe	1/Ce
10	50	50	10,708	3,159	7,549	70,50	0,37745	7,549	0,13	0,317
20	50	50	23,75	7,871	15,879	66,86	0,79395	15,879	0,06	0,127
50	50	50	49	21,937	27,063	55,23	1,35315	27,063	0,04	0,046
100	50	50	100,8	50,261	50,539	50,14	2,52695	50,539	0,02	0,020
150	50	50	137,41	77,983	59,427	43,25	2,97135	59,427	0,02	0,013
200	50	50	203,39	130,308	73,082	35,93	3,6541	73,082	0,01	0,008

(Detail Perhitungan terdapat pada Lampiran)

Contoh perhitungan isoterm Langmuir untuk konsentrasi sampel 10 ppm :

a. Mencari nilai x

$$x = [C_0 - Ce] \times V$$

$$= [10{,}708\ ppm - 1{,}631\ ppm] \times 0{,}050\ l = 0{,}4538\ mg$$

b. Mencari nilai qe

$$Qe = \frac{x}{m} = \frac{0{,}4538\ mg}{0{,}05\ g} = 9{,}08\ mg/g$$

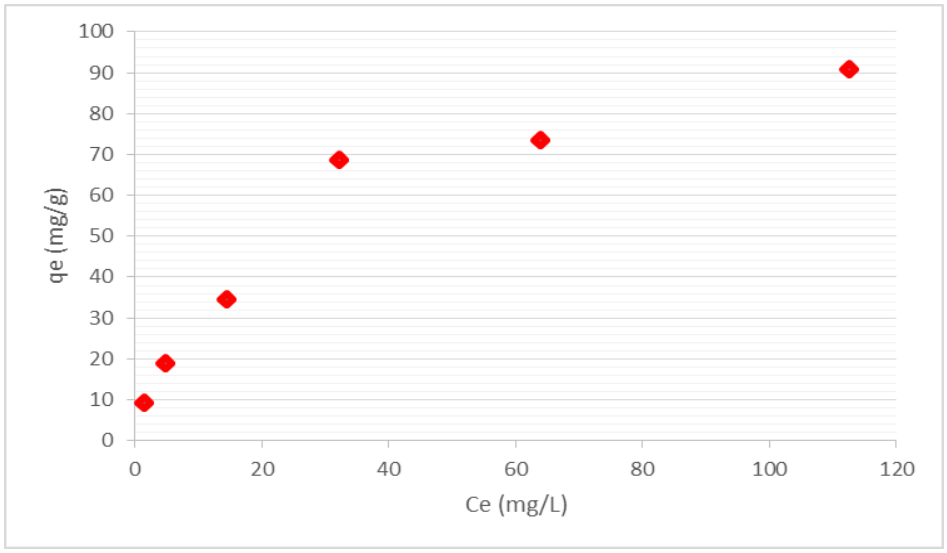
c. Mencari nilai 1/(qe)

$$\frac{1}{Qe} = \frac{1}{9{,}08} = 0{,}110$$

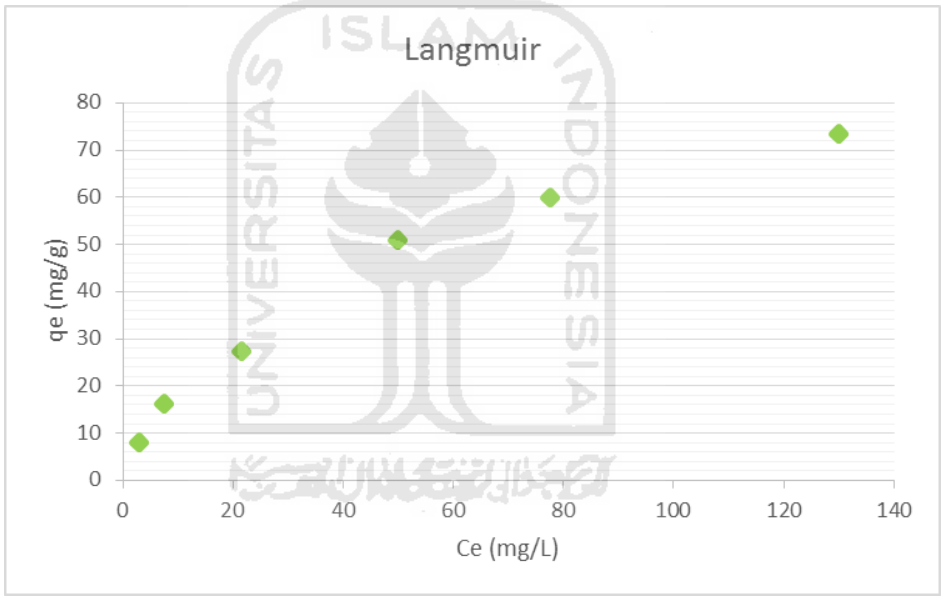
d. Mencari nilai 1/Ce

$$\frac{1}{Ce} = \frac{1}{1{,}631} = 0{,}613$$

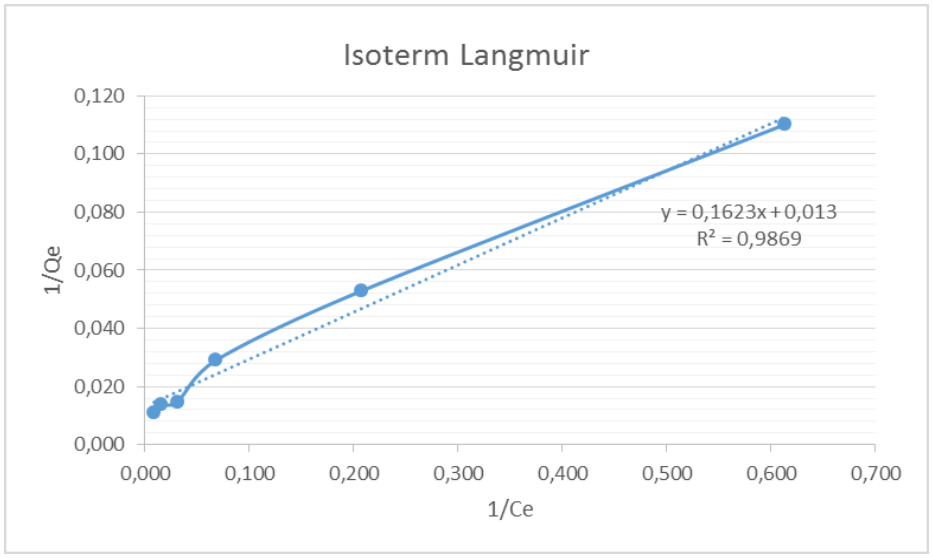
Dari tabel hasil perhitungan isoterm Langmuir diatas dapat dijadikan ke dalam bentuk grafik sehingga dapat memudahkan pembacaan hasil perhitungan isoterm. Gambar grafik dari perhitungan isoterm Langmuir untuk adsorben *Sulfonated Polystyrene* 60% dan Styrofoam Tanpa Aktivasi dapat dilihat di bawah ini :



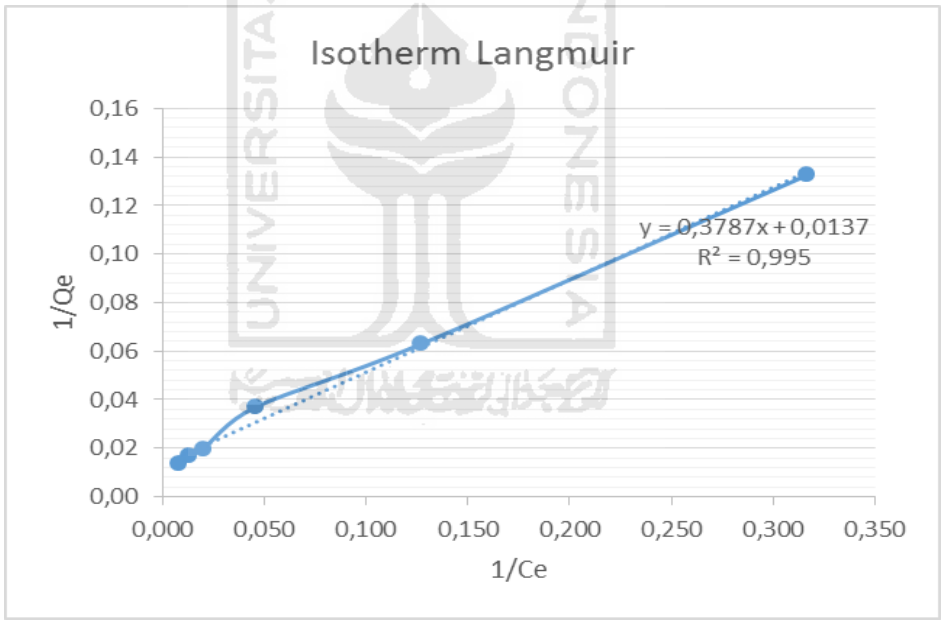
Gambar 4.20. Pola Isoterm Langmuir Adsorben *Sulfonated Polystyrene* 60%



Gambar 4.21. Pola Isoterm Langmuir Adsorben Styrofoam Tanpa Aktivasi



Gambar 4.22. Kurva Kalibrasi Isoterm Langmuir pada Adsorben *Sulfonated Polystyrene* 60%



Gambar 4.23. Kurva Kalibrasi Isoterm Langmuir pada Adsorben Styrofoam Tanpa Aktivasi

Berdasarkan gambar diatas dapat diketahui bahwa hasil perhitungan isoterm Langmuir diperoleh nilai y untuk adsorben *Sulfonated Polystyrene* 60% adalah y = 0,1623x + 0,023 dengan R^2 = 0,9869. Sedangkan nilai y untuk adsorben Styrofoam Tanpa Aktivasi adalah y = 0,3787x + 0,0137 dengan R^2 = 0,9950.

4.6.2. Metode Isothermal Freundlich

Isoterm Freundlich digunakan jika diasumsikan bahwa terdapat lebih dari satu lapisan permukaan (multilayer) dan site bersifat heterogen, yaitu adanya perbedaan energi pengikatan pada tiap-tiap site. Persamaan tersebut dapat diberikan dalam bentuk:

$$qe = kf.Ce^{1/n}$$

Dimana qe merupakan konsentrasi zat yang terlarut teradsorpsi pada suatu fasa padat yang berkesetimbangan dengan suatu larutan dengan konsentrasi zat terlarut Ce. Satuan yang biasanya dipakai untuk C adalah milimol zat terlarut per gram adsorben dan untuk Ce molaritas: k dan n adalah konstanta terlihat bahwa jika n=1 persamaan Frenndlich direduksi ke bentuk pernyataan kesetimbangan lain seperti hokum Henry atau hokum distribusi Nernst untuk zat terlarut di dalam eksraksi pelarut, ini umumnya n > 1 dan karena itu grafik C vs Ce (disebut isotherm adsorpsi). Untuk mengevaluasi k dan n kita dapat mengambil logaritma dari kedua ruas persamaan Freundlich, menghasilkan : (Day dan Underwood, 2002)

$$\text{Log qe} = \text{Log kf} + 1/n \log \text{Ce}$$

Dari data hasil pengujian variasi konsentrasi larutan dapat dihitung menggunakan isoterm Freundlich untuk menentukan kemampuan maksimum penyerapan adsorben dari styrofoam. Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.13. Data Penentuan Isoterm Freundlich *Adsorben Sulfonated Polystyrene* 60%

Variasi Konsentrasi Styrofoam Aktivasi H_2SO_4 60%										
Variasi Konsentrasi (ppm)	Massa Adsorbent (mg)	Volume Larutan (ml)	Konsentrasi Awal (C0)	Konsentrasi Akhir (Ce)	Selisih (ΔC)	Persentase Penyisihan (%)	Freundlich			
							Massa Teradsorbsi (x) mg	qe (mg/g)	Log qe	Log Ce
10	50	50	10,708	1,631	9,077	84,77	0,45385	9,077	0,96	0,212
20	50	50	23,75	4,828	18,922	79,67	0,9461	18,922	1,28	0,684
50	50	50	49	14,635	34,365	70,13	1,71825	34,365	1,54	1,165
100	50	50	100,8	32,265	68,535	67,99	3,42675	68,535	1,84	1,509
150	50	50	137,41	64,063	73,347	53,38	3,66735	73,347	1,87	1,807
200	50	50	203,39	112,67	90,72	44,60	4,536	90,720	1,96	2,052

(Detail Perhitungan terdapat pada Lampiran)

Tabel 4.14. Data Penentuan Isoterm Freundlich Adsorben Styrofoam Tanpa Aktivasi

Variasi Konsentrasi Styrofoam Tanpa Aktivasi H_2SO_4										
Variasi Konsentrasi (ppm)	Massa Adsorbent (mg)	Volume Larutan (ml)	Konsentrasi Awal (C0)	Konsentrasi Akhir (Ce)	Selisih (ΔC)	Persentase Penyisihan	Freundlich			
							Massa Teradsorbsi (x)	qe	Log qe	Log Ce
10	50	50	10,708	3,159	7,549	70,50	0,37745	7,549	0,88	0,500
20	50	50	23,75	7,871	15,879	66,86	0,79395	15,879	1,20	0,896
50	50	50	49	21,937	27,063	55,23	1,35315	27,063	1,43	1,341
100	50	50	100,8	50,261	50,539	50,14	2,52695	50,539	1,70	1,701
150	50	50	137,41	77,983	59,427	43,25	2,97135	59,427	1,77	1,892
200	50	50	203,39	130,308	73,082	35,93	3,6541	73,082	1,86	2,115

(Detail Perhitungan terdapat pada Lampiran)

Contoh perhitungan isoterm Freundlich untuk konsentrasi sampel 10 ppm :

a. Mencari nilai x

$$x = [C_0 - Ce] \times V$$

$$= [10{,}708\ ppm - 1{,}631\ ppm] \times 0{,}050\ l = 0{,}4538\ mg$$

b. Mencari nilai qe

$$Qe = \frac{x}{m} = \frac{0{,}4538\ mg}{0{,}05\ g} = 9{,}077\ mg/g$$

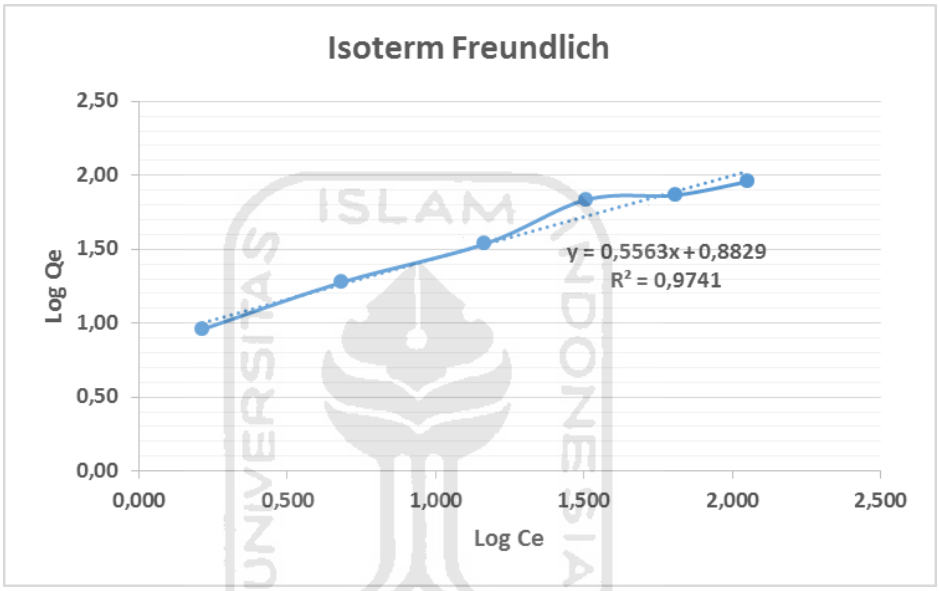
c. Mencari nilai Log qe

$Log\ qe = Log\ (9{,}77) = 0{,}96$

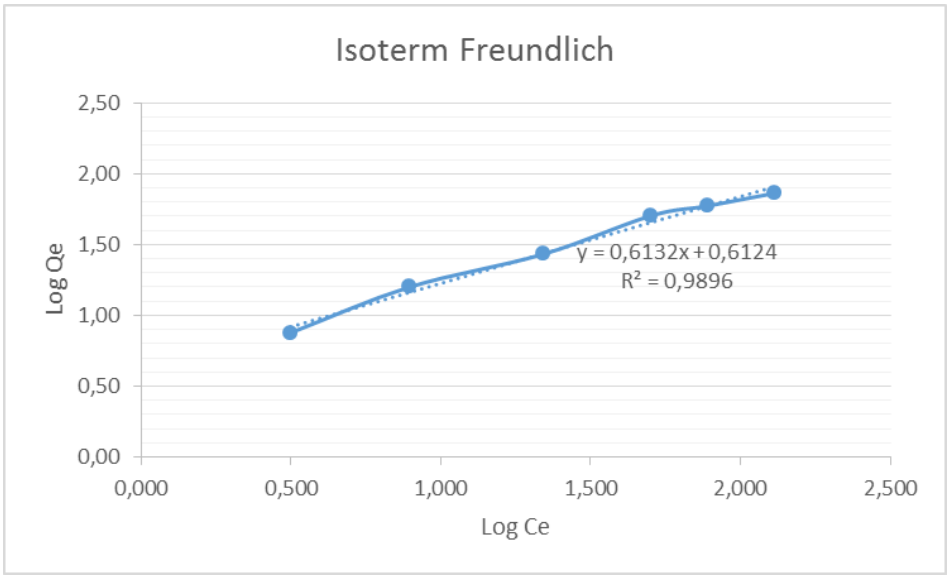
d. Mencari nilai Log Ce

$Log\ Ce = Log\ (1{,}631) = 0{,}212$

Dari tabel hasil perhitungan isoterm Freundlich diatas dapat dijadikan ke dalam bentuk grafik sehingga dapat memudahkan pembacaan hasil perhitungan isoterm. Gambar grafik dari perhitungan isoterm Freundlich untuk adsorben *Sulfonated Polystyrene* 60% dan Styrofoam Tanpa Aktivasi dapat dilihat di bawah ini :



Gambar 4.24. Kurva Kalibrasi Isoterm Freundlich pada Adsorben *Sulfonated Polystyrene* 60%



Gambar 4.25. Kurva Kalibrasi Isoterm Freundlich pada Adsorben Styrofoam Tanpa Aktivasi

Berdasarkan gambar diatas dapat diketahui bahwa hasil perhitungan isoterm Freundlich diperoleh nilai y untuk adsorben *Sulfonated Polystyrene* 60% adalah y = 0,5563x + 0,8829 dengan R^2 = 0,9741. Sedangkan nilai y untuk adsorben Styrofoam Tanpa Aktivasi adalah y = 0,6132x + 0,6124 dengan R^2 = 0,9869.

Kemampuan adsorpsi maksimum terhadap penelitian adsorben dari styrofoam dapat diketahui dari mekanisme pemodelan isoterm Langmuir dan Freundlich dimana hasil dari kedua pemodelan tersebut mempunyai nilai konstanta Langmuir (b) yang berguna untuk menentukan nilai maksimum adsorpsi adsorben dari styrofoam, (Qm) dan nilai intercept Freundlich (ln K) yang berguna untuk menentukan nilai maksimum kapasitas adsorben dari styrofoam (Kf). Adapun data dari hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 4.15. Nilai Mekanisme Adsorpsi Isoterm Langmuir dan Freundlich

Adsorben	Langmuir			Freundlich		
	Qm (mg/g)	b	R^2	Kf (mg/g)	N	R^2
Aktivasi 60%	76,81	0,013019	0,9869	2,41783	1,798	0,9741
Non Aktivasi	73,05	0,013689	0,9950	1,84487	1,631	0,9896

Perhitungan nilai Qm pada isoterm Langmuir pada Sulfonated Polystyrene 60% dapat dijabarkan sebagai berikut :

Regresi Linier = y = 0,1623x + 0,013 ; R^2 = 0,9869

Maka dapat diperoleh nilai *slope* (b) sebagai berikut :

$$b = \frac{\sum xy - (\sum x \,.\, \sum y)/n}{\sum x^2 - ((\sum x)^2/n)}$$

$$b = \frac{0{,}08124 - (0{,}94405 \,.\, 0{,}23136)/6}{0{,}42477 - (\frac{(0{,}94405)^2}{6})} = 0{,}162$$

Sementara itu nilai *intercept* (a) dapat dihitung sebagai berikut :

$$a = \frac{\sum y - (b \,.\, \sum x)}{n}$$

$$a = \frac{0{,}23136 - (0{,}162\,.\,0{,}94405)}{6} = 0{,}013$$

Sehingga, persamaan regresi linear adalah :

Y = bx + a

Y = 0,162x + 0,013

Untuk koefisien korelasi dapat dihitung dengan rumus:

$$R = \frac{n.(\Sigma XY) - (\Sigma X.\Sigma Y)}{(n.(\Sigma X^2) - (\Sigma \mathrm{X})^2)^{\frac{1}{2}}.(n.(\Sigma Y^2) - (\Sigma \mathrm{Y})^2)^{\frac{1}{2}}}$$

$$R = \frac{6(0{,}08124) - (0{,}94405\,.\,0{,}23136)}{(6(0{,}42477) - (0{,}94405)^2)^{\frac{1}{2}}\,.\,(6(0{,}01630) - (0{,}23136)^2)^{\frac{1}{2}}} = 0{,}9934$$

$R^2 = 0{,}9869$

Sehingga, qm = kemampuan maksimum adsorpsi biosorben (mg/gr)

= 1/intercept (a)

= 1/0.013 = 76,81 mg/gr

Dari data tabel di atas, diketahui bahwa nilai slope (R^2) dari isoterm Langmuir dan Freundlich memiliki nilai yang lebih dari 0,9 atau mendekati 1 yang menandakan bahwa data memiliki tingkat validitas tinggi. Nilai R yang berada antara 0 dan 1 atau dapat dituliskan 0 < R < 1 termasuk kategori baik untuk adsorpsi (Mckay, dkk, 1982 dalam Eko Siswoyo dan Shunitz Tanaka, 2013).

Data isoterm Frundlich menunjukan bahwa pada adsorben *Sulfonated Polystyrene* 60% memperoleh nilai n sebesar 1,798, sementara pada Styrofoam Tanpa Aktivasi memperoleh nilai n sebesar 1,631. Apabila nilai n berada di *range* 2 – 10 berarti baik, *range* 1 – 2 berarti cukup dan dibawah 1 berarti adsorben sulit menjerap adsorbat (Reddy. 2012).

Sementara itu untuk nilai kapasitas maksimum (Qm) adsorben dalam meyerap logam Timbal (Pb), pada adsorben *Sulfonated Polystyrene* 60% memiliki nilai Qm sebesar 76,81 mg/g. Sementara pada adsorben Styrofoam Tanpa Aktivasi memiliki nilai Qm sebesar 73,05 mg/g.

Dari pemodelan adsorpsi yang terjadi pada penelitian ini, dapat diketahui bahwa nilai R^2 pada masing-masing isoterm mendekati 1. Namun pada isoterm Langmuir memiliki nilai R^2 yang lebih besar daripada isoterm Freundlich. Berarti dapat disimpulkan bahwa adsorben cenderung mengikuti model adsorpsi Langmuir dimana setiap site memiliki energi adsorpsi yang sama dalam menyerap 1 molekul dan tidak ada interaksi antar molekul adsorbat sehingga hanya terbentuk 1 lapisan (monolayer).

Styrofoam merupakan jenis polimer *polystyrene* yang memiliki unsur karbon (C) dan hidrogen (H). Proses aktivasi pada styrofoam bertujuan untuk mengubah polimer menjadi resin penukar ion. Resin penukar ion adalah suatu jaringan polimer yang memiliki gugus fungsi ionik. Berdasarkan penelitian Ruziwa (2015), dapat diketahui pada pengujian kapasitas pertukaran kation bahwa pada adsorben *Sulfonated* HIPS memiliki unsur karbon (C) sebesar 79,23%, hidrogen (H) sebesar 9,24% dan sulfat (S) sebesar 3,26%. Sedangkan pada adsorben *Sulfonated* EPS memiliki unsur karbon (C) 79,85%, hidrogen (H) sebesar 9,4% dan sulfat (S) sebesar 3,88%. Semakin efektif pada saat proses sulfonasi maka penggunaan styrofoam akan lebih efisien dalam menghilangkan kation misalnya Zn^{2+} dan Pb^{2+}. Unsur-unsur diatas berperan penting dalam proses pertukaran ion dalam meremoval ion Zn^{2+} dan Pb^{2+}.

Pada pengujian EDS dalam penelitian ini, unsur yang terbaca hanya karbon (C) sebesar 100%. Sementara untuk unsur yang lain seperti hidrogen (H) dan sulfat (S) tidak dapat terbaca. Dengan adanya unsur karbon (C) pada adsorben ini dapat menjadi indikator adanya pertukaran ion pada saat proses adsorpsi. Untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat di dalam adsorben sebenarnya dapat menggunakan alat *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR), namun pada penelitian ini pengujian dengan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) tidak dapat dilakukan karena ukuran adsorben yang besar dan pengaruh sifat membal pada saat pengujian. Oleh karena itu, pada pengujian selanjutnya perlu dilakukan perubahan metode pada saat aktivasi agar menghasilkan adsorben styrofoam yang memiliki bentuk lebih kecil atau dalam bentuk bubuk. Pembuatan polistirena tersulfonasi dalam bentuk bubuk telah dilakukan oleh Agus Haryono (2003) dengan judul Sintetis Polistirena Sulfonat sebagai Koagulan Polimer.

4.7. Perbandingan Kapasitas Adsorpsi

Berbagai macam penelitian tentang pembuatan bahan adsorben alternatif sebagai penyerap logam Timbal (Pb) telah banyak dilakukan. Dibawah ini merupakan data-data yang diambil dari penelitian lain yang bertujuan untuk dijadikan perbandingan dari hasil percobaan ini. Data tersebut dapat dilihat di bawah ini :

Tabel 4.16 Perbandingan Kapasitas Penyerapan Material Lain

No	Adsorben	Qm (mg/g)	pH Optimum	Referensi
1	Baglog Jamur	58,8	6	Putra, 2015
2	Kitosan	36,6	5	Endang, dkk, 2015
3	*Iron Oxide coated Sewage Sludge*	42,4	5	Phuengprasop, dkk, 2010
4	*Sulphonated* HIPS	6,8	7	Ruziwa, dkk, 2015

Kapasitas maksimum *Sulfonated Polystyrene* 60% untuk menyerap logam Timbal (Pb) adalah sebesar 76,81 mg/g bisa dikatakan memiliki kemampuan yang cukup bagus, sehingga adsorben ini dapat dijadikan salah satu alternatif dalam pengolahan limbah logam berat Timbal (Pb) di dalam laboratorium, perairan maupun industri. Pembuatan adsorben ini juga menjadi solusi untuk mengelola timbulan limbah styrofoam yang ada di lingkungan untuk dijadikan sesuatu yang lebih bernilai ekonomis.

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Penelitian yang dilakukan terhadap styrofoam yang teraktivasi maupun tanpa aktivasi dalam menyerap logam Timbal (Pb) menghasilkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada uji variasi massa adsorben styrofoam aktivasi maupun tanpa aktivasi digunakan massa adsorben sebesar 50 mg. Pemilihan ini dilakukan karena pada massa 50 mg, tiap adsorben memiliki perbedaan yang cukup signifikan dalam kemampuan penyerapan logam Timbal (Pb).
2. Pada uji variasi pH menghasilkan kondisi pH yang baik untuk proses adsorbsi yaitu pada pH 6, walaupun pada pH diatas 6 kemampuan penyerapan logam Timbal (Pb) cukup tinggi namun pada kondisi tersebut juga terjadi proses pengendapan dari logam Timbal (Pb).
3. Waktu yang dibutuhkan dalam adsorbsi logam Timbal (Pb) oleh adsorben dari styrofoam adalah 120 menit.
4. Uji variasi konsentrasi diketahui bahwa kemampuan penyerapan adsorben terhadap ion-ion Timbal (Pb) semakin menurun sebanding dengan meningkatnya konsentrasi larutan. Hasil dari uji konsentrasi kemudian dimasukkan kedalam pemodelan isoterm.
5. Kemampuan penyerapan maksimal adsorben *Sulfonated Polystyrene* 60% lebih besar jika dibandingkan dengan Styrofoam Tanpa Aktivasi.
6. Berdasarkan perhitungan isoterm adsorpsi, adsorben yang digunakan memiliki karakteristik isoterm Langmuir (monolayer) dengan kapasitas maksimum (Qm) adalah 76,81 mg/g.

5.2. Saran

Adapun saran yang dapat diberikan dari penelitian tentang pemanfaatan adsorben dari bahan styrofoam adalah :

1. Pada saat proses aktivasi adsorben dapat menggunakan metode lain agar adsorben dari styrofoam yang dihasilkan memiliki ukuran yang lebih kecil dan memiliki pori-pori yang lebih besar.
2. Melakukan uji FTIR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy)* untuk mengetahui gugus fungsional senyawa yang ada pada adsorben styrofoam.
3. Melakukan variasi kadar H_2SO_4 pada proses aktivasi dengan kadar yang lebih rendah dari penelitian ini.
4. Melakukan minimal 3 kali pengujian ketika uji variasi massa, pH, waktu kontak dan konsentrasi larutan agar data yang dihasilkan lebih valid.

DAFTAR PUSTAKA

Ahmad, A., Rafatullah, M., Sulaiman, O., Ibrahim, M.H., Chii, Y.Y., dan Siddique, B.M. 2009. **Removal of Cu(II) and Pb(II) Ions from Aqueous Solutions by Adsorption on Sawdust of Meranti Wood**. *Journal of Desal*. **Volume 250**. Halaman 300-310.

Apriliani, A. 2010. **Pemanfaatan Arang Ampas Tebu Sebagai Adsorben Ion Logam Cd, Cr, Cu, dan Pb Dalam Air Limbah**. Tugas Akhir. UIN Syarif Hidayatullah : Jakarta.

Endang, W.L. 2015. A.K. Prodjosantoso, Jaslin, Ikhsan,. **Efek pH Terhadap Kemampuan Adsorpsi Kitosan dengan Logam**. Tugas Akhir. FMIPA UNY : Yogyakarta.

Fathy, M., Moghny, A., Mousa, M.A., El-Bellihi, A.H.A., Awadallah, A.E. 2015. **Sulfonated Ion Exchange Polystyrene Composite Resin for Calcium Hardness Removal**. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*. **Volume 5**. November 2011. Halaman 20-29.

Haryono, A., Astrini, N., Wuryaningsih. 2003. **Sintesis Polistirena Sulfonat sebagai Koagulan Polimer**. *Prosding Simposium Nasional Polimer*. **Volume 4**. Halaman 61-66.

He, D., Xiao, Y., Liang, D., Zhou, H., Du, L., Liu, L. 2011. **Characterization and Application of Adsorption Material with Hematite and Polystyrene**. *Journal Materials Sciences and Aplication*. **Volume 2**. Nomor 4. April 2011, Halaman 215-219.

InfoPOM. 2008. **Kemasan Polistirena Foam (Styrofoam)**. *InfoPOM Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia*. **Volume 9**. Nomor 5. September 2008. Halaman 1-3.

Jaya, F.T. 2014. **Adsorpsi Emisi Gas CO, NO, dan NOx menggunakan Karbon Aktif dari Limbah Kulit Buah Kakao (Theobroma cacao L.) pada Kendaraan Bermotor Roda Empat**. Tugas Akhir. Universitas Hasanuddin : Makassar.

Kasam. 2011. **Analisis Resiko Lingkungan pada Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah (Studu Kasus : TPA Piyungan Bantul)**. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*. **Volume 3**. Nomor 1. Januari 2011. Halaman 019-030.

Librawati, T. 2005. **Analisis Cemaran Pb pada Bawang Daun (Allium fistulosum L) di daerah Dieng Wonosobo.** Tugas Akhir. Fakultas Biologi Unsoed : Purwokerto.

Phuengprasop, T., Sittiwong, J., Unob, F. 2011. **Removal of Heavy Metals Ions by Iron Oxide Coated Sewage Sludge**. *Journal of Hazardous Materials*. **Volume 186**. November 2010. Halaman 502-507.

Putra, M. 2015. **Pemanfaatan Limbah Media Tumbuh Jamur (Baglog) Sebagai Adsorben Penyerap Logam Berat Timbal (Pb II) di Dalam Air**. Tugas Akhir. FTSP UII : Yogyakarta.

M.M. Rao dkk. 2006 dalam Eko Siswoyo dan Shunitz Tanaka. **Development of Eco-Adsorbent Based on Solid Waste of Paper Industry to Adsorb Cadmium Ion in Water.** *Journal of Clean Energy Technoloies*. **Volume 1**. Nomor 3.

Masduki, A dan Slamet, A. 2000. **Satuan Proses**. Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan ITS : Surabaya.

Mu'jizah, S. 2010. **Pembuatan Dan Karakterisasi Karbon Aktif Dari Biji Kelor (*Moringa leifera. Lamk*) Dengan NaCl Sebagai Bahan Pengaktif**. Tugas Akhir. UIN Maulana Malik Ibrahim : Malang.

Nasution, J.H. 2015. **Pembuatan Adsorben Dari Cangkang Kerang Bulu Yang Diaktivasi Secara Termal Sebagai Pengadsorpsi Fenol**. Tugas Akhir. Universitas Sumatra Utara : Medan.

Rahman, A. 2006. **Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) pada Beberapa Jenis Krustasea di Pantai Batakan dan Takisung Kabupaten Tanah Laut Kalimantan Selatan**. *Bioscientiae.* **Volume 3**. Nomor 2. Juli 2006. Halaman 93-101.

Reddy, D.H.K., Seshaiah,K., Reddy A.V.R. and Lee, S.M. 2012. **Optimization of Cd(II), Cu(III) and Ni(II) Biosorption by Chemically Modified Moringa oleifera**

Leaves Powder. *Journal of Carbohydrate Polymers*. **Volume 88**. Halaman 1077-1086.

Reynolds, T. 1982. **Unit Operation and Processes in Environmental Engineering**. Brooks/Cole Engineering Division : California.

Ruziwa, D., Chaukura, N., Gwenzi, W., Pumure, I. 2015. **Removal of Zn^{2+} and Pb^{2+} Ions From Aqueous Solution Using Sulphonated Waste Polystyrene**. *Journal of Environmental Chemical Engineering*. **Volume 3**. Agustus 2015. Halaman 2528-2537.

Sahara, E. 2009. Jurnal : **Distribusi Pb dan Cu Pada Berbagai Ukuran Partikel dan Sedimen Pelabuhan Benoa**. *Jurnal Kimia*. **Volume 3**. Nomor 2. Juli 2009. Halaman 75-80.

Sulchan, M & Nur, W.E. 2007. **Keamanan Pangan Kemasan Plastik dan Styrofoam**. *Majalah Kedokteran Indonesia*. **Volume 57**. Nomor 2. Februari 2007. Halaman 54-59.

Sumarni, N.K., Sosidi, H., Rahman. A., Mustafira. 2013. **Kajian Ilmiah Limbah Styrofoam dan Aplikasinya**. *Online Journal of Natural Science*. **Volume 2**. Nomor 3. Desember 2013. Halaman 123-131.

Syamsiro, M. 2015. **Kajian Pengaruh Penggunaan Katalis Terhadap Kualitas Produk Minyak Hasil Pirolisis Sampah Plastik**. *Jurnal Teknik*. **Volume 5**. Nomor 1. April 2015. Halaman 47-55.

Tangio, J.S. 2013. **Adsorpsi Logam Timbal (Pb) Dengan Menggunakan Biomassa Enceng Gondok *(Eichhorniacrassipes)*.** Pendidikan Kimia, FMIPA Universitas Negeri Gorontalo : Gorontalo.

Winarno, F.G. 1993. **Pangan, Gizi, Tek-nologi dan Konsumen**. PT. Gramedia Pusat Utama : Jakarta.

Yuliarti, N. 2007. **Awas Bahaya di Balik Lezatnya Makanan**. Penerbit Andi : Yogyakarta.

ISLAM
UNIVERSITAS
INDONESIA



3. Analisis karakteristik adsorben menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM)





4. Proses uji adsorbsi menggunakan adsorben dari bahan styrofoam

Dari gambar gambar dibawah ini ditunjukan proses pada saat pengujian, mulai dari penimbangan, pengukuran pH, pengadukan, penyaringan dan hasil sampel yang siap di uji pada AAS.

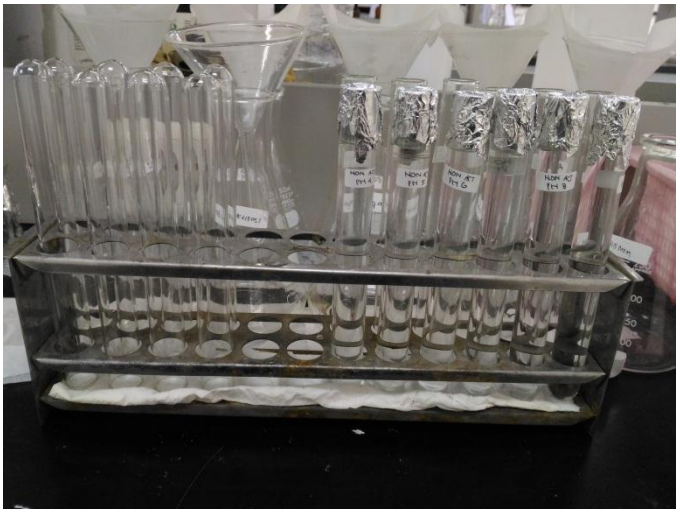




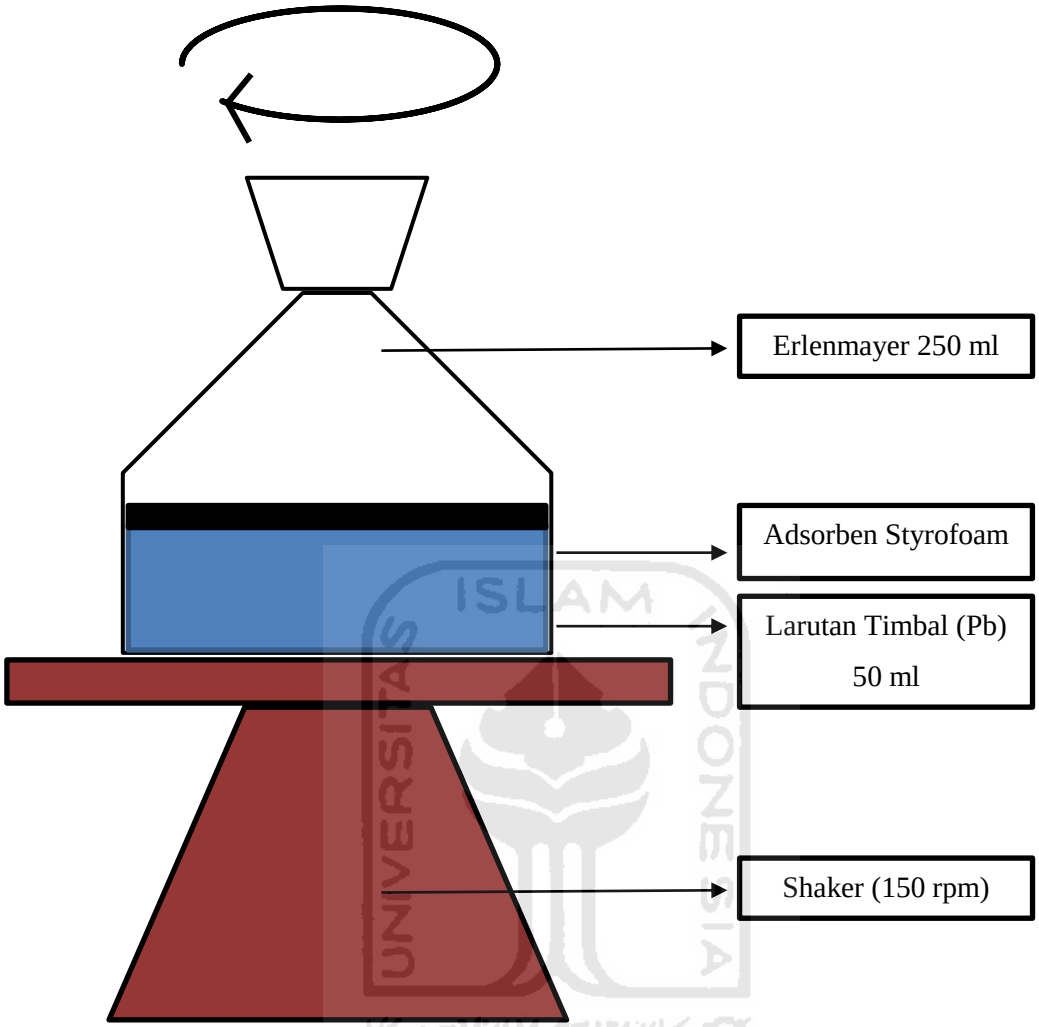








5. Desain Metode Batch



LAMPIRAN II

PERHITUNGAN

1. Perhitungan Pengujian Massa Adsorben

a. Hasil Uji Coba Variasi Massa Adsorben (SP 60%)

Styrofoam Aktivasi H2SO4 60%						
No.	**Massa (gr)**	**Konsentrasi Awal (ppm)**	**Konsentrasi Akhir (ppm)**	**% Removal**	**pH Awal**	**pH Akhir**
1	0,05	17,742	2,401	86,47%	6,07	6,18
2	0,1	17,742	2,911	83,59%	5,99	6,03
3	0,2	17,742	3,679	79,26%	5,98	6,25
4	0,3	17,742	3,572	79,87%	6,04	6,09
5	0,4	17,742	3,39	80,89%	6,03	6,2

Diketahui : C. Inlet = 17,742 ppm

1. Sampel 50 mg

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{(C.Inlet - C.Akhir)}{C.Inlet} \times 100\% = \frac{(17{,}742 - 2{,}401)ppm}{17{,}742\ ppm} \times 100\%$$

$$= 86{,}47\ \%$$

2. Sampel 100 mg

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{(17{,}742 - 2{,}911)ppm}{17{,}742\ ppm} \times 100\% = 83{,}59\ \%$$

3. Sampel 200 mg

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{(17{,}742 - 3{,}679)ppm}{17{,}742\ ppm} \times 100\% = 79{,}26\ \%$$

4. Sampel 300 mg

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{(17{,}742 - 3{,}572)ppm}{17{,}742\ ppm} \times 100\% = 79{,}87\ \%$$

5. Sampel 400 mg

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{(17{,}742 - 3{,}39\ )ppm}{17{,}742\ \ ppm} \times 100\% = 80{,}89\ \%$$

b. Hasil Uji Coba Variasi Massa Adsorben (SP 95%)

Styrofoam Aktivasi H2SO4 95%						
No.	**Massa (gr)**	**Konsentrasi Awal (ppm)**	**Konsentrasi Akhir (ppm)**	**% Removal**	**pH Awal**	**pH Akhir**
1	0,05	17,742	3,346	81,14%	6,07	6,03
2	0,1	17,742	3,314	81,32%	6,02	5,99
3	0,2	17,742	3,547	80,01%	6,01	6,25
4	0,3	17,742	3,388	80,90%	5,99	5,9
5	0,4	17,742	3,416	80,75%	6,03	6,01

Diketahui : C. Inlet = 17,742 ppm

1. Sampel 50 mg

% Penyisihan = $\frac{(17{,}742-3{,}346)ppm}{17{,}742\ ppm}$ x 100% = 81,14 %

2. Sampel 100 mg

% Penyisihan = $\frac{(17{,}742-3{,}314)ppm}{17{,}742\ ppm}$ x 100% = 81,32 %

3. Sampel 200 mg

% Penyisihan = $\frac{(17{,}742-3{,}547)ppm}{17{,}742\ ppm}$ x 100% = 80,01 %

4. Sampel 300 mg

% Penyisihan = $\frac{(17{,}742-3{,}388)ppm}{17{,}742\ ppm}$ x 100% = 80,90 %

5. Sampel 400 mg

% Penyisihan = $\frac{(17{,}742-3{,}416)ppm}{17{,}742\ ppm}$ x 100% = 80,75 %

c. Hasil Uji Coba Variasi Massa Adsorben (Styrofoam Tanpa Aktivasi)

Styrofoam Tanpa Aktivasi H2SO4						
No.	**Massa (gr)**	**Konsentrasi Awal (ppm)**	**Konsentrasi Akhir (ppm)**	**% Removal**	**pH Awal**	**pH Akhir**
1	0,05	17,742	5,473	69,15%	6,05	6,07
2	0,1	17,742	3,622	79,59%	6,04	6,39
3	0,2	17,742	4,301	75,76%	6,01	6,16
4	0,3	17,742	3,983	77,55%	5,96	6,23
5	0,4	17,742	3,927	77,87%	5,97	6,17

Diketahui : C. Inlet = 17,742 ppm

1. Sampel 50 mg

% Penyisihan = $\frac{(17{,}742-5{,}473)ppm}{17{,}742\ ppm}$ x 100% = 69,15 %

2. Sampel 100 mg

% Penyisihan = $\frac{(17{,}742-3{,}622)ppm}{17{,}742\ ppm}$ x 100% = 79,59 %

3. Sampel 200 mg

% Penyisihan = $\frac{(17{,}742-4{,}301)ppm}{17{,}742\ ppm}$ x 100% = 75,76 %

4. Sampel 300 mg

% Penyisihan = $\frac{(17{,}742-3{,}983)ppm}{17{,}742\ ppm}$ x 100% = 77,55 %

5. Sampel 400 mg

% Penyisihan = $\frac{(17{,}742-3{,}927)ppm}{17{,}742\ ppm}$ x 100% = 77,87 %

2. Perhitungan Pengujian Variasi pH

a. Hasil Uji Variasi pH larutan (SP 60%)

Styrofoam Aktivasi H2SO4 60%										
No	Massa (gr)	pH Rencana	pH Awal	Cek pH tiap 30 menit				Konsentrasi Awal (ppm)	Konsentrasi Akhir (ppm)	% Removal
				x 1	x2	x3	x4			
1	0,05	4	4,05	3,98	4,00	3,99	4,00	8,24	5,610	31,92%
2	0,05	5	5,01	4,98	4,98	5,04	4,80	8,24	1,548	81,21%
3	0,05	6	6,00	6,02	6,09	6,01	5,93	8,24	0,586	92,89%
4	0,05	7	6,95	6,97	7,04	6,99	7,04	8,24	0,601	92,71%
5	0,05	8	7,98	8,01	8,02	7,93	7,75	8,24	0,340	95,87%

Diketahui : C. Inlet = 8,24 ppm

1. Sampel dengan pH 4

% Penyisihan = $\frac{(10{,}853-5{,}610)ppm}{10{,}853\ ppm}$ x 100% = 31,92 %

2. Sampel dengan pH 5

% Penyisihan = $\frac{(8{,}24-1{,}548)ppm}{8{,}24\ ppm}$ x 100% = 81,21 %

3. Sampel dengan pH 6

% Penyisihan = $\frac{(8{,}24-0{,}586)ppm}{8{,}24\ ppm}$ x 100% = 92,89 %

4. Sampel dengan pH 7

% Penyisihan = $\frac{(8{,}24-0{,}601)ppm}{8{,}24\ ppm}$ x 100% = 92,71 %

5. Sampel dengan pH 8

% Penyisihan = $\frac{(8{,}24-0{,}340)ppm}{8{,}24\ ppm}$ x 100% = 95,87 %

b. Hasil Uji Variasi pH larutan (Styrofoam Tanpa Aktivasi)

Styrofoam Tanpa Aktivasi H2SO4										
No.	Massa (gr)	pH Rencana	pH Awal	Cek pH tiap 30 menit				Konsentrasi Awal (ppm)	Konsentrasi Akhir (ppm)	% Removal
				x 1	x2	x3	x4			
1	0,05	4	4,04	4,06	4,03	3,98	3,99	8,24	5,701	30,81%
2	0,05	5	5,05	4,93	4,96	4,96	4,88	8,24	5,010	39,20%
3	0,05	6	6,04	6,07	6,05	6,07	5,95	8,24	1,749	78,77%
4	0,05	7	7,11	7,01	7,02	7,00	7,08	8,24	1,377	83,29%
5	0,05	8	7,95	8,00	8,01	7,97	7,90	8,24	1,328	83,88%

Diketahui : C. Inlet = 8,24 ppm

1. Sampel dengan pH 4

% Penyisihan = $\frac{(8{,}24-5{,}701)ppm}{8{,}24\ ppm}$ x 100% = 30,81 %

2. Sampel dengan pH 5

% Penyisihan = $\frac{(8{,}24-5{,}010)ppm}{8{,}24\ ppm}$ x 100% = 39,20 %

3. Sampel dengan pH 6

% Penyisihan = $\frac{(8{,}24-1{,}749)ppm}{8{,}24\ ppm}$ x 100% = 78,77 %

4. Sampel dengan pH 7

% Penyisihan = $\frac{(8{,}24-1{,}377)ppm}{8{,}24\ ppm}$ x 100% = 83,29 %

5. Sampel dengan pH 8

% Penyisihan = $\frac{(8{,}24-1{,}328)ppm}{8{,}24\ ppm}$ x 100% = 83,88 %

3. Perhitungan Pengujian Variasi Waktu Kontak

a. Hasil Uji Variasi Waktu Kontak (SP 60%)

Styrofoam Aktivasi H2SO4 60%								
No.	Massa (gr)	Waktu (menit)	pH Rencana	pH Awal	pH Akhir	Konsentrasi Awal (ppm)	Konsentrasi Akhir (ppm)	% Removal
1	0,05	15	6	6	6	10,853	3,443	68,28%
2	0,05	30	6	6	6	10,853	3,259	69,97%
3	0,05	60	6	6	6	10,853	3,231	70,23%
4	0,05	90	6	6	6	10,853	3,062	71,79%
5	0,05	120	6	6	6	10,853	1,413	86,98%

Diketahui : C. Inlet = 10,853 ppm

1. **Waktu Kontak 15 menit**

% Penyisihan = $\frac{(10{,}853-3{,}443)ppm}{10{,}853\ ppm}$ x 100% = 68,28 %

2. **Waktu Kontak 30 menit**

% Penyisihan = $\frac{(10{,}853-3{,}259)ppm}{10{,}853\ ppm}$ x 100% = 69,97 %

3. **Waktu Kontak 60 menit**

% Penyisihan = $\frac{(10{,}853-3{,}231)ppm}{10{,}853\ ppm}$ x 100% = 70,23 %

4. **Waktu Kontak 90 menit**

% Penyisihan = $\frac{(10{,}853-3{,}062)ppm}{10{,}853\ ppm}$ x 100% = 71,79%

5. **Waktu Kontak 120 menit**

% Penyisihan = $\frac{(10{,}853-1{,}413)ppm}{10{,}853\ ppm}$ x 100% = 86,98 %

b. Hasil Uji Variasi Waktu Kontak (Styrofoam Tanpa Aktivasi)

Styrofoam Tanpa Aktivasi H2SO4								
No.	**Massa (gr)**	**Waktu (menit)**	**pH Rencana**	**pH Awal**	**pH Akhir**	**Konsentrasi Awal (ppm)**	**Konsentrasi Akhir (ppm)**	**% Removal**
1	0,05	15	6	6	6	10,853	3,879	64,26%
2	0,05	30	6	6	6	10,853	3,676	66,13%
3	0,05	60	6	6	6	10,853	3,888	64,18%
4	0,05	90	6	6	6	10,853	3,526	67,51%
5	0,05	120	6	6	6	10,853	3,436	68,34%

Diketahui : C. Inlet = 10,853 ppm

1. **Waktu Kontak 15 menit**

% Penyisihan = $\frac{(10{,}853-3{,}879)ppm}{10{,}853\ ppm}$ x 100% = 64,26 %

2. **Waktu Kontak 30 menit**

% Penyisihan = $\frac{(10{,}853-3{,}676)ppm}{10{,}853\ ppm}$ x 100% = 66,13 %

3. **Waktu Kontak 60 menit**

% Penyisihan = $\frac{(10{,}853-3{,}888)ppm}{10{,}853\ ppm}$ x 100% = 64,18 %

4. **Waktu Kontak 90 menit**

% Penyisihan = $\frac{(10{,}853-3{,}526)ppm}{10{,}853\ ppm}$ x 100% = 67,51 %

5. Waktu Kontak 120 menit

% Penyisihan = $\frac{(10{,}853-3{,}436)ppm}{10{,}853\ ppm}$ x 100% = 68,34 %

4. Perhitungan Pengujian Variasi Konsentrasi Larutan

A. Hasil Uji Variasi Konsentrasi Larutan (SP 60%)

Styrofoam Aktivasi H2SO4 60%						
Konsentrasi Logam Pb Rencana (ppm)	Massa Adsorben (gr)	Inlet (ppm)	pH Awal	pH Akhir	Konsentrasi Akhir (ppm)	% Removal
10	0,05	10,708	6	6	1,631	85%
20	0,05	23,75	6	6	4,828	80%
50	0,05	49	6	6	14,635	70%
100	0,05	100,8	6	6	32,265	68%
150	0,05	137,41	6	6	64,063	53%
200	0,05	203,39	6	6	112,67	45%
250	0,05	252,915	6	6	168,229	33%
300	0,05	305,375	6	6	215,872	29%

1. Konsentrasi 10 ppm

Diket : C. Inlet = 10,708 ppm

% Penyisihan = $\frac{(10{,}708-1{,}631)ppm}{10{,}708\ ppm}$ x 100% = 85 %

2. Konsentrasi 20 ppm

Diket : C. Inlet = 23,75 ppm

% Penyisihan = $\frac{(23{,}75-4.828)ppm}{23{,}75\ ppm}$ x 100% = 80 %

3. Konsentrasi 50 ppm

Diket : C. Inlet = 49 ppm

% Penyisihan = $\frac{(49-14{,}635)ppm}{49\ ppm}$ x 100% = 70 %

4. Konsentrasi 100 ppm

Diket : C. Inlet = 100,8 ppm

% Penyisihan = $\frac{(100{,}8-32{,}265\ )ppm}{100{,}8\ ppm}$ x 100% = 68 %

5. Konsentrasi 150 ppm

Diket : C. Inlet = 137,41 ppm

% Penyisihan = $\frac{(137{,}41-64{,}063)ppm}{137{,}41\ ppm}$ x 100% = 53 %

6. Konsentrasi 200 ppm

Diket : C. Inlet = 203,39 ppm

% Penyisihan = $\frac{(203{,}39-112{,}67)ppm}{203{,}39\ ppm}$ x 100% = 45 %

7. Konsentrasi 250 ppm

Diket : C. Inlet = 252,915 ppm

% Penyisihan = $\frac{(252{,}915-168{,}229)ppm}{252{,}915\ ppm}$ x 100% = 33 %

8. Konsentrasi 300 ppm

Diket : C. Inlet = 305,375

% Penyisihan = $\frac{(305{,}375-215{,}872)ppm}{305{,}375\ ppm}$ x 100% = 29 %

B. Hasil Uji Variasi Konsentrasi Larutan (Styrofoam Tanpa Aktivasi)

Styrofoam Tanpa Aktivasi H2SO4						
Konsentrasi Logam Pb Rencana (ppm)	**Massa Adsorben (gr)**	**Inlet (ppm)**	**pH Awal**	**pH Akhir**	**Konsentrasi Akhir (ppm)**	**% Removal**
10	0,05	10,708	6	6	3,159	70%
20	0,05	23,75	6	6	7,871	67%
50	0,05	49	6	6	21,937	55%
100	0,05	100,8	6	6	50,261	50%
150	0,05	137,41	6	6	77,983	43%
200	0,05	203,39	6	6	130,308	36%
250	0,05	252,915	6	6	176,073	30%
300	0,05	305,375	6	6	232,905	24%

1. Konsentrasi 10 ppm

Diket : C. Inlet = 10,8534 ppm

% Penyisihan = $\frac{(10{,}8534-3{,}159)ppm}{10{,}8534\ ppm}$ x 100% = 70 %

2. Konsentrasi 20 ppm

Diket : C. Inlet = 21,93 ppm

% Penyisihan = $\frac{(21{,}93-7{,}871)ppm}{21{,}93\ ppm}$ x 100% = 67 %

3. Konsentrasi 50 ppm

Diket : C. Inlet = 49 ppm

% Penyisihan = $\frac{(49-21{,}937)ppm}{49\ ppm}$ x 100% = 55 %

4. Konsentrasi 100 ppm

Diket : C. Inlet = 100,8 ppm

% Penyisihan = $\frac{(100{,}8-50{,}261\ )ppm}{100{,}8\ ppm}$ x 100% = 50 %

5. Konsentrasi 150 ppm

Diket : C. Inlet = 137,41 ppm

% Penyisihan = $\frac{(137{,}41-77{,}983)ppm}{137{,}41\ ppm}$ x 100% = 43 %

6. Konsentrasi 200 ppm

Diket : C. Inlet = 203,39 ppm

% Penyisihan = $\frac{(203{,}39-130{,}308)ppm}{203{,}39\ ppm}$ x 100% = 36 %

7. Konsentrasi 250 ppm

Diket : C. Inlet = 252,915 ppm

% Penyisihan = $\frac{(252{,}915-176{,}073)ppm}{252{,}915\ ppm}$ x 100% = 30 %

8. Konsentrasi 300 ppm

Diket : C. Inlet = 305,375

% Penyisihan = $\frac{(305{,}375-232{,}905)ppm}{305{,}375\ ppm}$ x 100% = 24 %

5. Perhitungan Isoterm Langmuir

Variasi Konsentrasi Styrofoam Aktivasi H2SO4 60%										
Variasi Konsentrasi (ppm)	Massa Adsorbent (mg)	Volume Larutan (ml)	Konsentrasi Awal (C0)	Konsentrasi Akhir (Ce)	Selisih (ΔC)	Persentase Penyisihan (%)	Massa Teradsorbsi (x) mg	Langmuir		
								qe (mg/g)	1/qe	1/Ce
10	50	50	10,708	1,631	9,077	84,77	0,45385	9,08	0,110	0,613
20	50	50	23,75	4,828	18,922	79,67	0,9461	18,92	0,053	0,207
50	50	50	49	14,635	34,365	70,13	1,71825	34,37	0,029	0,068
100	50	50	100,8	32,265	68,535	67,99	3,42675	68,54	0,015	0,031
150	50	50	137,41	64,063	73,347	53,38	3,66735	73,35	0,014	0,016
200	50	50	203,39	112,67	90,72	44,60	4,536	90,72	0,011	0,009

Contoh perhitungan untuk konsentrasi sampel 10 ppm :

a. Mencari nilai x

$x = [C_0 - Ce] \times V$

$= [10{,}708\ ppm - 1{,}631\ ppm] \times 0{,}050\ l = 0{,}4538\ mg$

b. Mencari nilai qe

$Qe = \frac{x}{m} = \frac{0{,}4538\ mg}{0{,}05\ g} = 9{,}08\ mg/g$

c. Mencari nilai 1/(qe)

$$\frac{1}{Qe} = \frac{1}{9{,}08} = 0{,}110$$

d. Mencari nilai 1/Ce

$$\frac{1}{Ce} = \frac{1}{1{,}631} = 0{,}613$$

6. Perhitungan Isoterm Freundlich

Variasi Konsentrasi Styrofoam Aktivasi H2SO4 60%										
Variasi Konsentrasi (ppm)	Massa Adsorbent (mg)	Volume Larutan (ml)	Konsentrasi Awal (C0)	Konsentrasi Akhir (Ce)	Selisih (ΔC)	Persentase Penyisihan (%)	Freundlich			
							Massa Teradsorbsi (x) mg	qe (mg/g)	Log qe	Log Ce
10	50	50	10,708	1,631	9,077	84,77	0,45385	9,077	0,96	0,212
20	50	50	23,75	4,828	18,922	79,67	0,9461	18,922	1,28	0,684
50	50	50	49	14,635	34,365	70,13	1,71825	34,365	1,54	1,165
100	50	50	100,8	32,265	68,535	67,99	3,42675	68,535	1,84	1,509
150	50	50	137,41	64,063	73,347	53,38	3,66735	73,347	1,87	1,807
200	50	50	203,39	112,67	90,72	44,60	4,536	90,720	1,96	2,052

Contoh perhitungan untuk konsentrasi sampel 10 ppm :

a. Mencari nilai x

$$x = [C_0 - Ce] \times V$$

$$= [10{,}708\ ppm - 1{,}631\ ppm] \times 0{,}050\ l = 0{,}4538\ mg$$

b. Mencari nilai qe

$$Qe = \frac{x}{m} = \frac{0{,}4538\ mg}{0{,}05\ g} = 9{,}077\ mg/g$$

c. Mencari nilai Log qe

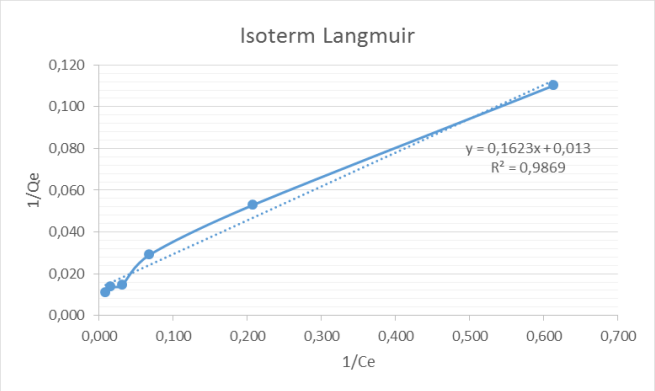
$$Log\ qe = Log\ (9{,}77) = 0{,}96$$

d. Mencari nilai Log Ce

$$Log\ Ce = Log\ (1{,}631) = 0{,}212$$

7. Perhitungan Slope dan Intercept pada Isoterm Langmuir

Diketahui :



Regresi Linier = y = 0,1623x + 0,013 ; R^2 = 0,9869

Dimana :

slope	0,162
Intercept	0,013

Dicari dengan cara :

	1/Ce	1/Qe			
	x	y	xy	x^2	y^2
	0,61312	0,11017	0,06755	0,37592	0,01214
	0,20713	0,05285	0,01095	0,04290	0,00279
	0,06833	0,02910	0,00199	0,00467	0,00085
	0,03099	0,01459	0,00045	0,00096	0,00021
	0,01561	0,01363	0,00021	0,00024	0,00019
	0,00888	0,01102	0,00010	0,00008	0,00012
Σ	**0,94405**	**0,23136**	**0,08124**	**0,42477**	**0,01630**

Maka dapat diperoleh nilai *slope* (b) sebagai berikut :

$$b = \frac{\sum xy - (\sum x \,.\, \sum y)/n}{\sum x^2 - ((\sum x)^2/n)}$$

$$b = \frac{0{,}08124 - (0{,}94405 \,.\, 0{,}23136)/6}{0{,}42477 - (\frac{(0{,}94405)^2}{6})} = 0{,}162$$

Sementara itu nilai *intercept* (a) dapat dihitung sebagai berikut :

$$a = \frac{\sum y - (b \,.\, \sum x)}{n}$$

$$a = \frac{0{,}23136 - (0{,}162 \,.\, 0{,}94405)}{6} = 0{,}013$$

Sehingga, persamaan regresi linear adalah :

Y = bx + a

Y = 0,162x + 0,013

Untuk koefisien korelasi dapat dihitung dengan rumus :

$$R = \frac{n.(\Sigma XY) - (\Sigma X.\Sigma Y)}{(n.(\Sigma X^2) - (\Sigma X)^2)^{\frac{1}{2}}.(n.(\Sigma Y^2) - (\Sigma Y)^2)^{\frac{1}{2}}}$$

$$R = \frac{6(0{,}08124) - (0{,}94405\ .\ 0{,}23136)}{(6(0{,}42477) - (0{,}94405)^2)^{\frac{1}{2}}.\ (6(0{,}01630) - (0{,}23136)^2)^{\frac{1}{2}}} = 0{,}9934$$

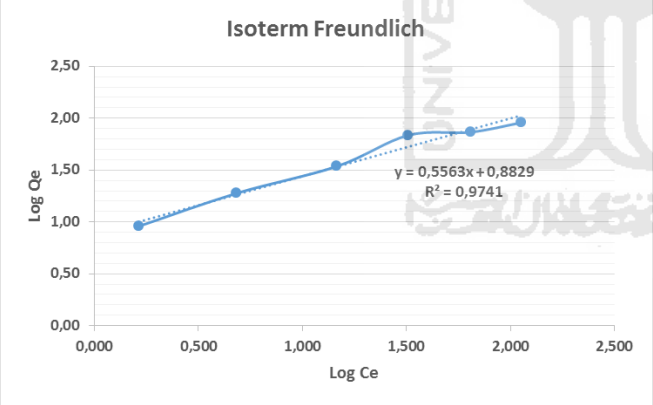
$R^2 = 0{,}9869$

Sehingga, qm = kemampuan maksimum adsorpsi biosorben (mg/gr)

= 1/intercept (a)

= 1/0.013 = 76,81 mg/gr

8. Perhitungan Slope dan Intercept pada Isoterm Freundlich



Regresi Linier = y = 0,5563x + 0,8829 ; R^2 = 0,9741

Dimana :

slope	0,5563
Intercept	0,8829

Dicari dengan cara :

	Log Ce	Log Qe			
	x	y	xy	x^2	y^2
	0,212	0,958	0,2035	0,04514	0,9177
	0,684	1,277	0,8731	0,46754	1,6306
	1,165	1,536	1,7902	1,35814	2,3597
	1,509	1,836	2,7699	2,27627	3,3706
	1,807	1,865	3,3700	3,26383	3,4797
	2,052	1,958	4,0168	4,20992	3,8326
Σ	**7,429**	**9,430**	**13,024**	**11,621**	**15,591**

Maka dapat diperoleh nilai *slope* (b) sebagai berikut :

$$b = \frac{\sum xy - (\sum x \,.\, \sum y)/n}{\sum x^2 - ((\sum x)^2/n)}$$

$$b = \frac{13{,}024 - (7{,}429 \,.\, 9.430)/6}{11{,}621 - (\frac{(7{,}429)^2}{6})} = 0{,}5563$$

Sementara itu nilai *intercept* (a) dapat dihitung sebagai berikut :

$$a = \frac{\sum y - (b \,.\, \sum x)}{n}$$

$$a = \frac{9{,}430 - (0{,}5563 \,.\, 7{,}429)}{6} = 0{,}8829$$

Sehingga, persamaan regresi linear adalah :

Y = bx + a

Y = 0,5563x + 0,8829

Untuk koefisien korelasi dapat dihitung dengan rumus :

$$R = \frac{n.(\Sigma XY) - (\Sigma X.\Sigma Y)}{(n.(\Sigma X^2) - (\Sigma \mathrm{X})^2)^{\frac{1}{2}}.(n.(\Sigma Y^2) - (\Sigma \mathrm{Y})^2)^{\frac{1}{2}}}$$

$$R = \frac{6(13{,}024) - (7{,}429 \,.\, 9{,}430)}{(6(11{,}621) - ((7{,}429)^2)^{\frac{1}{2}} \,.\, (6(15{,}591) - (9{,}430)^2)^{\frac{1}{2}}} = 0{,}9869$$

R^2 = 0,9741

Sehingga, K_f = konstanta Freundlich yang berkaitan dengan kapasitas (mg/gr)

$= e^{a(intercept)} = e^{0{,}8829} = 2{,}4178$

LAMPIRAN III

SNI AIR DAN LIMBAH – BAGIAN 8 : CARA UJI TIMBAL (Pb) DENGAN SPEKTROFOTOMETRI SERAPAN ATOM (SSA)-NYALA

SNI

Standar Nasional Indonesia

SNI 06-6989.8-2004

Air dan air limbah – Bagian 8: Cara uji timbal (Pb) dengan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)-nyala

ICS 13.060.50

Badan Standardisasi Nasional

Daftar isi

Daftar isi i
Prakata ii
1 Ruang lingkup 1
2 Acuan normatif 1
3 Istilah dan definisi 1
4 Cara uji 2
4.1 Prinsip 2
4.2 Bahan 2
4.3 Peralatan 2
4.4 Persiapan dan pengawetan contoh uji 2
4.5 Persiapan pengujian 2
4.6 Prosedur dan pembuatan kurva kalibrasi 3
4.7 Perhitungan 3
5 Jaminan mutu dan pengendalian mutu 3
5.1 Jaminan mutu 3
5.2 Pengendalian mutu 3
6 Rekomendasi 4
Lampiran A Pelaporan 5

Prakata

Dalam rangka menyeragamkan teknik pengujian kualitas air dan air limbah sebagaimana telah ditetapkan dalam Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air, Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 02 Tahun 1988 tentang Baku Mutu Air dan Nomor 37 Tahun 2003 tentang Metode Analisis Pengujian Kualitas air Permukaan dan Pengambilan Contoh Air Permukaan, maka dibuatlah Standar Nasional Indonesia (SNI) untuk pengujian parameter-parameter kualitas air dan air limbah sebagaimana yang tercantum didalam Keputusan Menteri tersebut.

SNI ini merupakan hasil revisi dari SNI yang telah kadaluarsa dan menggunakan referensi dari metode standar internasional *JIS*. Metode ini telah melalui uji coba di laboratorium pengujian dalam rangka validasi dan verifikasi metode serta dikonsensuskan oleh Subpanitia Teknis Kualitas Air dari Panitia Teknis 207S, *Manajemen Lingkungan* dengan para pihak terkait.

Standar ini telah disepakati dan disetujui dalam rapat konsensus dengan peserta rapat yang mewakili produsen, konsumen, ilmuwan, instansi teknis, pemerintah terkait dari pusat maupun daerah pada tanggal 30 Januari 2004 di Serpong, Tangerang – Banten.

Metode ini berjudul *Air dan air limbah – Bagian 8: Cara uji timbal (Pb) dengan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)-nyala* yang merupakan revisi dari SNI 06-2517-1991 dengan judul *Metode pengujian kadar timbal dalam air dengan alat spektrofotometer serapan atom secara langsung*.

Air dan air limbah – Bagian 8: Cara uji timbal (Pb) dengan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)-nyala

1 Ruang lingkup

Metode ini digunakan untuk penentuan logam timbal, Pb dalam air dan air limbah secara spektrofotometri serapan atom-nyala (SSA) pada kisaran kadar Pb 1,0 mg/L sampai dengan 20,0 mg/L dan panjang gelombang 283,3 nm.

2 Acuan normatif

JIS. K.0102.54.2002, *Testing methods for industrial wastewater.*

3 Istilah dan definisi

3.1
larutan induk logam timbal, Pb
larutan yang mempunyai kadar logam timbal, Pb 1000 mg/L yang digunakan untuk membuat larutan baku dengan kadar yang lebih rendah

3.2
larutan baku logam timbal, Pb
larutan induk logam timbal, Pb yang diencerkan dengan air suling sampai kadar tertentu

3.3
larutan kerja logam timbal, Pb
larutan baku logam timbal, Pb yang diencerkan, digunakan untuk membuat kurva kalibrasi dan mempunyai kisaran kadar Pb 0,0 mg/L; 1,0 mg/Ll; 5,0 mg/L; 10,0 mg/L ;15,0 mg/L dan 20,0 mg/L

3.4
larutan blanko
air suling yang diasamkan atau perlakuannya sama dengan contoh uji

3.5
larutan pengencer
larutan yang digunakan untuk mengencerkan larutan kerja, yang dibuat dengan cara menambahkan asam nitrat pekat ke dalam air suling sampai pH 2

3.6
kurva kalibrasi
grafik yang menyatakan hubungan kadar larutan kerja dengan hasil pembacaan absorbansi masuk yang merupakan garis lurus

4 Cara Uji

4.1 Prinsip

Penambahan asam nitrat bertujuan untuk melarutkan analit logam dan menghilangkan zat-zat pengganggu yang terdapat dalam contoh uji dalam air dan air limbah dengan bantuan pemanas listrik, kemudian diukur dengan SSA menggunakan gas asetilen, C_2H_2.

4.2 Bahan

a) air suling;
b) asam nitrat, HNO_3;
c) larutan standar logam timbal, Pb; dan
d) gas asetilen, C_2H_2.

4.3 Peralatan

a) SSA;
b) lampu holow katoda Pb;
c) gelas piala 250 mL;
d) pipet ukur 1 mL; 5 mL; 10 mL; 15 mL dan 20 mL;
e) labu ukur 100 mL;
f) corong gelas;
g) pemanas listrik;
h) kertas saring *whatman* 40, dengan ukuran pori θ 0.42 µm; dan
i) labu semprot .

4.4 Persiapan dan pengawetan contoh uji

Bila contoh uji tidak dapat segera dianalisa, maka contoh uji diawetkan dengan penambahan HNO_3 p sampai pH kurang dari 2 dengan waktu simpan maksimal 6 bulan.

4.5 Persiapan pengujian

4.5.1 Persiapan contoh uji

a) Masukkan 100 mL contoh uji yang sudah dikocok sampai homogen kedalam gelas piala.
b) Tambahkan 5 mL asam nitrat.
c) Panaskan di pemanas listrik sampai larutan contoh uji hampir kering.
d) Ditambahkan 50 mL air suling, masukan ke dalam labu ukur 100 mL melalui kertas saring dan ditepatkan 100 mL dengan air suling.

4.5.2 Pembuatan larutan baku logam timbal, Pb 100 mg/L

a) Pipet 10 mL larutan induk logam timbal, Pb 1000 mg/L ke dalam labu ukur 100 mL.
b) Tepatkan dengan larutan pengencer sampai tanda tera.

4.5.3 Pembuatan larutan kerja logam timbal, Pb

a) Pipet 0 mL; 1 mL; 5 mL; 10 mL; 15 mL dan 20 mL larutan baku timbal, Pb 10,0 mg/L masing-masing ke dalam labu ukur 100 mL.
b) Tambahkan larutan pengencer sampai tepat tanda tera sehingga diperoleh konsentrasi logam timbal 0,0 mg/L; 1,0 mgLl; 5,0 mg/L; 10,0 mg/L; 15,0 mg/L dan 20,0 mg/L.

4.6 Prosedur dan pembuatan kurva kalibrasi

a) Optimalkan alat SSA sesuai petunjuk penggunaan alat.
b) Ukur masing-masing larutan kerja yang telah dibuat pada panjang gelombang 283,3 nm.
c) Buat kurva kalibrasi untuk mendapatkan persamaan garis regresi.
d) Lanjutkan dengan pengukuran contoh uji yang sudah dipersiapkan.

4.7 4.7 Perhitungan

4.7.1 Kosentrasi logam timbal, Pb

$$Pb\ (mg/L) = C \times fp$$

dengan pengertian:

C adalah konsentrasi yang didapat hasil pengukuran (mg/L);
fp adalah faktor pengenceran.

4.7.2 Persen temu balik (% *Recovery*, % R)

$$\%\ R = \frac{A - B \times 100\ \%}{C}$$

dengan pengertian:

A adalah kadar contoh uji yang di *spike*;
B adalah kadar contoh uji yang tidak di *spike*; dan
C adalah kadar standar yang diperoleh (*target value*).

5 Jaminan mutu dan pengendalian mutu

5.1 Jaminan mutu

a) Gunakan bahan kimia berkualitas murni (pa).
b) Gunakan alat gelas bebas kontaminasi.
c) Gunakan alat ukur yang terkalibrasi.
d) Dikerjakan oleh analis yang kompeten.
e) Lakukan analis dalam jangka waktu yang tidak melampaui waktu penyimpanan maksimum.

5.2 Pengendalian mutu

a) Koefisiensi korelasi (r) lebih kecil atau sama dengan 0,95 dengan intersepsi lebih kecil atau sama dengan batas deteksi.

b) lakukan analisis blanko untuk kontrol kontaminasi

c) lakukan analisis duplo untuk kontrol ketelitian analisis

d) Jika koefisiensi variasi/standard deviasi relative hasil pengukuran lebih besar atau sama dengan 10% maka dilakukan pengukuran ketiga

6 Rekomendasi

Kontrol akurasi

a) Analisis *blind sample*.

b) Untuk kontrol gangguan matriks lakukan analisis *spike matrix* kisaran porsen temu balik adalah 85% sampai dengan 115%.

c) Buat kurva kendali *(control chart)* untuk akurasi analisis.

Lampiran A
(normatif)
Pelaporan

Catat pada buku kerja hal-hal sebagai berikut:

1) Parameter yang dianalisis.
2) Nama analisis.
3) Tanggal analisis.
4) Rekaman hasil pengukuran duplo, triplo dan seterusnya.
5) Rekaman kurva kalibrasi atau kromatografi.
6) Nomor contoh uji.
7) Tanggal penerimaan contoh uji.
8) Batas deteksi.
9) Rekaman hasil perhitungan.
10) Hasil pengukuran persen *spike matrix* dan *CRM* atau *blind sample* (bila dilakukan).
11) Kadar analit dalam contoh uji.