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

UTILIZATION SULFONATED POLYSTYRENE TO REDUCED WASTE OF LEAD (Pb) IN WATER

Galuh Praditya
Program Studi Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia
Gedung M. Natsir (FTSP) Jl. Kaliurang KM 14,5 Yogyakarta
Email : galuhpraditya94@gmail.com

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

I. PENDAHULUAN

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).

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 m3 per hari. Namun, sampah yang dapat diangkut ke TPA piyungan hanya 1.300 m3 per hari. Dapat disimpulkan dari penelitian di atas bahwa sampah polistiren yang ada di TPA Piyungan mencapai 1,17 m3 per hari. Maka dalam 1 tahun terdapat timbulan sampah styrofoam sebesar 427,05 m3.

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 mengahasilkan 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 *polystyrene* (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 (H2SO4). 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 terdidi dari karbon dan hidrogen dan memiliki pori-pori pada permukaannya..

II. METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Lokasi Penelitian dilakukan di laboratorium Kualitas Air Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Alat yang Digunakan

Spektrofotometer Serapan Atom (SSA), *Scanning Electron Microscopy* (SEM), magnetic stirrer, oven, stopwacth, blender, pH meter, kertas saring, beaker glass, erlenmeyer, corong, tabung reaksi, rak tabung reaksi, pipet ukur, karet hisap, spatula.

Bahan yang Digunakan

Styrofoam, asam sulfat 60% dan 95%, aquadest, larutan limbah timbal (Pb), NaOH, HNO_3.

Persiapan Adsorben dari Styrofoam

Styrofoam yang telah dikumulkan dari sampah di FTSP kemudian dicuci dengan air sabun. Jemur sampai kering lalu potong styrofoam menjadi kecil sehingga dapat diamsukkan ke dalam blender.

Aktivasi Adsorben Styrofoam

Kecilkan ukuran styrofoam dengan blender sampai ukuran maksimal 4,75 mm. Masukkan masing-masing 5 gram styrofoam ke dalam 2 buah beaker glass 1000 mL lalu masukan larutan asam sulfat 60% dan 95% (100 mL). Aduk pada suhu 70^{o}C selama 1 jam. Saring dan cuci campuran dengan aquadest sampai pH netral. Oven *Sulfonated Polystyrene* sampai kering.

Pengujian Massa Optimum

Siapkan adsorben *Sulfonated Polystyrene* 60%, *Sulfonated Polystyrene* 95% dan Styrofoam Tanpa Aktivasi dengan variasi massa 50, 100, 150, 200 dan 250 mg. Masukkan ke dalam erlenmeyer yang terisi larutan timbal (Pb) 10 ppm sebanyak 50 mL pada pH 6, kecepatan pengadukan 150 rpm dan waktu pengadukan 120 menit.

Pengujian Kondisi pH Optimum

Pada pengujian ini menggunakan data hasil pengujian massa optimum sebagai massa adsorben yang akan digunakan. Variasi pH yang digunakan pada kondisi pH 4, 5, 6, 7 dan 8. Konsentrasi larutan timbal (Pb) 10 ppm, kecepatan pengadukan 150 rpm dan waktu pengadukan 120 menit. Dalam mengatur pH larutan digunakan larutan HNO_3 untuk menurunkan ke pH rendah dan NaOH untuk menaikan pH larutan.

Pengujian Waktu Kontak Optimum

Pada pengujian ini menggunakan data hasil pengujian massa optimum dan kondisi pH optimum sebagai massa adsorben dan kondisi pH yang akan digunakan. Variasi waktu kontak yang digunakan adalah 15, 30, 50, 90 dan 120 menit. Konsentrasi larutan timbal (Pb) 10 ppm dan kecepatan pengadukan 150 rpm.

Pengujian Variasi Konsentrasi

Pada pengujian ini menggunakan data hasil pengujian massa optimum, kondisi pH optimum dan waktu kontak optimum sebagai massa adsorben, kondisi pH dan waktu kontak yang akan digunakan. Variasi konsentrasi larutan yang digunakan adalah 10, 20, 50, 100, 150, 200, 250 dan 300 ppm dengan kecepatan pengadukan 150 rpm.

Penentuan Model Isoterm Adsorpsi

Penentuan model isoterm adsorpsi mengunakan pemodelan isoterm Langmuir

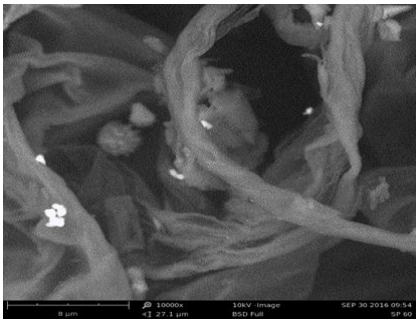
dan Freudnlich, kemudian dipilih kondisi mana yang lebih cocok dengan adsorpsi logam timbal (Pb) oleh adsorben styrofoam dimana nilai R2 paling mendekati 1 dari kedua perhitungan pemodelan tersebut.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

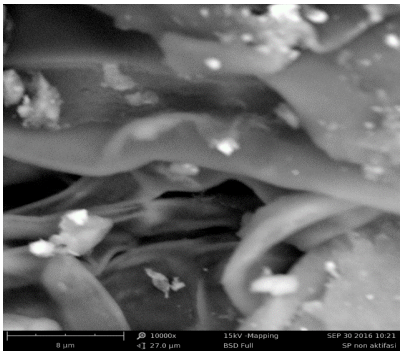
Karakterisasi Adsorben Styrofoam

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 1. Adsorben *Sulfonated Polystyrene* 60% perbesaran 5000x



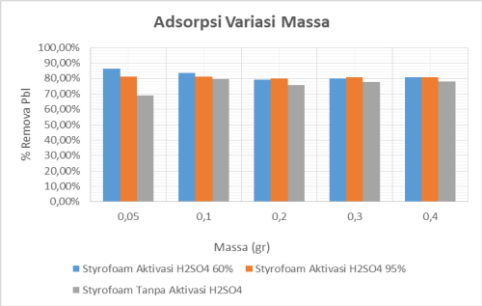
Gambar 2. Styrofoam Tanpa Aktivasi perbesaran 10000x

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. Sementara dari hasil EDS (*Element Identity*) diketahui 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).

Pengujian 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.

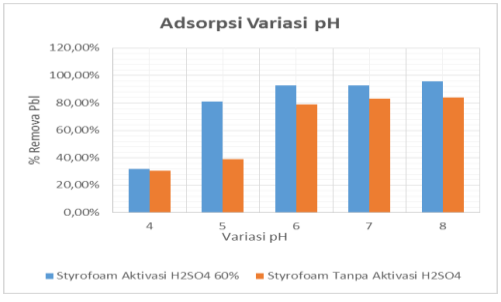


Gambar 3. Diagram Hubungan Massa dengan Persentase Removal pada Uji Variasi Massa

Dapat dilihat dari gambar 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%. Adsorben jenis *Sulfonated Polystyrene* 95% tidak digunakan lagi pada pengujian selanjutnya karena memiliki kemampuan penyerapan yang lebih rendah dari jenis adsorben *Sulfonated Polystyrene* 60%.

Pengujian 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.



Gambar 4. Diagram Hubungan Kondisi pH dengan Persentase Removal pada Uji Variasi pH

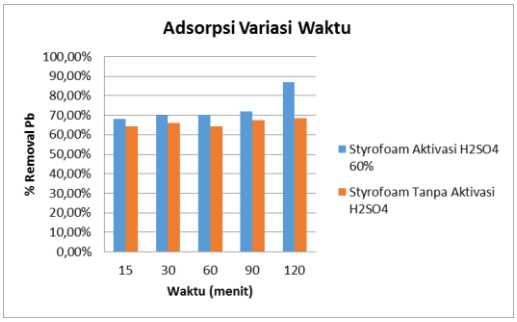
Persentase removal ion Timbal (Pb) oleh *Sulfonated Polystyrene* 60% pada pH

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.

Pengujian 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.



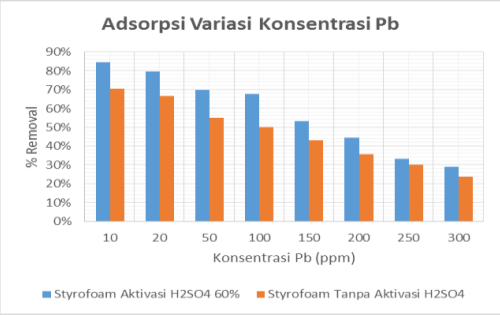
Gambar 5. Diagram Hubungan antara Waktu Kontak dengan Persentase Removal pada Uji Variasi Waktu Kontak

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%.

Pengujian 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.



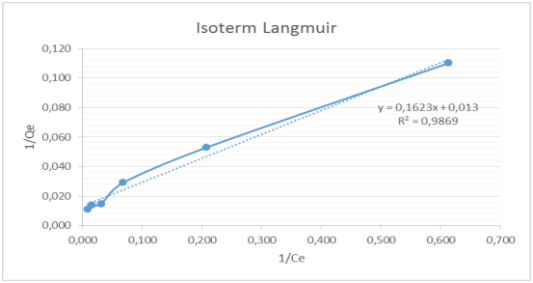
Gambar 6. Diagram Hubungan antara Konsentrasi Larutan dengan Persentase Removal pada Uji Variasi Konsentrasi

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%.

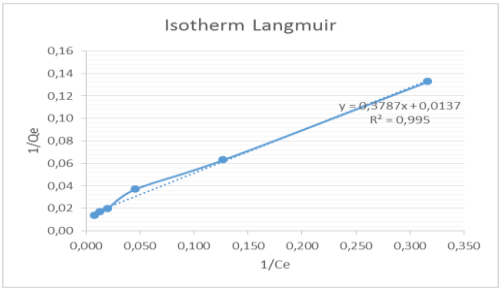
Dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi konsentrasi larutan maka akan semakin kecil kemampuan adsorben untuk menyerap ion-ion logam yang terdapat di dalam larutan.

Isoterm Adsorpsi Langmuir

Pemodelan isoterm Langmuir yang dilakukan untuk mengetahui kapasitas penyerapan ditunjukkan pada Gambar 7. untuk adsorben *Sulfonated Polystyrene* 60% dan Gambar 8. untuk adsorben Styrofoam Tanpa Aktivasi.



Gambar 7. Kurva Kalibrasi Isoterm Langmuir pada Adsorben *Sulfonated Polystyrene* 60%



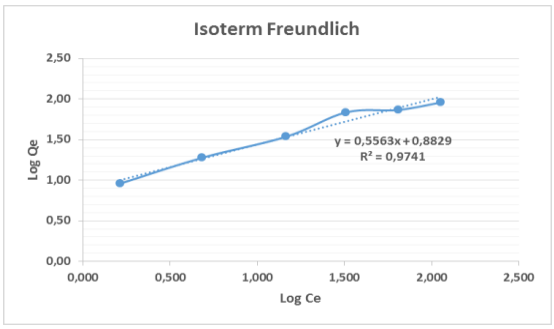
Gambar 8. Kurva Kalibrasi Isoterm Langmuir pada Adsorben Styrofoam Tanpa Aktivasi

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

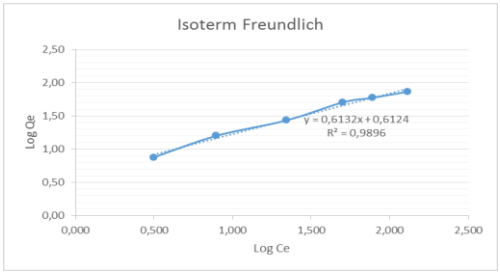
Styrofoam Tanpa Aktivasi adalah y = 0,3787x + 0,0137 dengan R^2 = 0,9950.

Isoterm Adsorpsi Freundlich

Pemodelan isoterm Freundlich yang dilakukan untuk mengetahui kapasitas penyerapan ditunjukkan pada Gambar 9. untuk adsorben *Sulfonated Polystyrene* 60% dan Gambar 10. untuk adsorben Styrofoam Tanpa Aktivasi.



Gambar 9. Kurva Kalibrasi Isoterm Freundlich pada Adsorben *Sulfonated Polystyrene* 60%



Gambar 10. 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

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).

Tabel 1. 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

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 R2 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).

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.

Tabel 2. 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
5	*Sulfonated Polystyrene* 60%	76,81	6	Praditya, 2016

Kapasitas maksimum *Sulfonated Polystyrene* 60% untuk menyerap logam Timbal (Pb) adalah sebesar 76,81 mg/g bisa dikapatak 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.

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.

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

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.

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.

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.

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

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.

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.