

LAPORAN TUGAS AKHIR

**PEMANFAATAN MEDIA BAMBU SEBAGAI ADSORBENT
PENYERAP LOGAM TIMBAL (Pb) DENGAN PERBANDINGAN
TANPA AKTIVASI DAN AKTIVASI DENGAN ASAM SITRAT**

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



Disusun Oleh :

Dwi Kurniawan

11513085

**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2016

LEMBAR PENGESAHAN
PEMANFAATAN MEDIA BAMBU SEBAGAI ADSORBENT
PENYERAP LOGAM TIMBAL (Pb) DENGAN
PERBANDINGAN TANPA AKTIVASI DAN AKTIVASI
DENGAN ASAM SITRAT

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

Disusun Oleh :

Dwi Kurniawan
11513085

Disetujui,
Dosen Pembimbing:


Eko Siswono, S.T, M.Sc,ES, M.Sc, Ph.D

Tanggal : 20 Oktober 2016

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Lingkungan FTSP UII


Hudori S.T.M.T

Tanggal: 21/10/2016

LEMBAR PENGESAHAN

**PEMANFAATAN MEDIA BAMBU SEBAGAI ADSORBENT
PENYERAP LOGAM TIMBAL (Pb) DENGAN
PERBANDINGAN TANPA AKTIVASI DAN AKTIVASI
DENGAN ASAM SITRAT**

***UTILIZATION OF BAMBOO MEDIA AS ADSORBENT OF
METAL LEAD (Pb) WITH COMPARISON NO ACTIVATION
AND CITRIC ACID ACTIVATION***

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

Disusun Oleh :

**Dwi Kurniawan
11513085**

**Disetujui,
Dosen Penguji:**



Eko Siswovo, S.T., M.Sc., ES., M.Sc., Ph.D

Tanggal: 20 Oktober 2016



Fairi Mulya Iresha, S.T., M.T

Tanggal: 11 Oktober 2016



Dr. Suphia Rahmawati, S.T., M.T.

Tanggal: 9 Oktober 2016

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Penelitian ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Penelitian ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing.
3. Dalam penelitian 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 tanggung jawab saya, bukan tanggung jawab Universitas Islam Indonesia. (*apabila menggunakan software khusus*)
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidak benaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 22-09- 2016

Yang membuat pernyataan,



DWI KURNIAWAN

NIM : 11513085

PERSEMBAHAN

Bismillahirrahmanirrahim,

Yang Utama Dari Segalanya

Sembah sujud serta syukur kepada Allah SWT atas taburan cinta dan kasih sayang-Mu yang telah memberikanku kekuatan, membekaliku dengan ilmu serta memperkenalkanku dengan cinta. Atas karunia serta kemudahan yang Engkau berikan kepadaku akhirnya skripsi yang sederhana ini dapat terselesaikan. Sholawat dan salam selalu terlimpahkan keharibaan Rasulullah Muhammad SAW. Dengan Rahmat Allah Yang Maha Pengasih Lagi Maha Penyayang, saya persembahkan karya sederhana ini kepada orang yang sangat saya kasih dan saya sayangi.

Bapak dan Ibu Tercinta

Sebagai tanda terima kasih atas limpahan kasih sayang, doa dan dukungan penuh kepada saya selama ini, saya persembahkan hasil penelitian ini kepada Ibunda saya tercinta Rostiati dan Bapak saya Farkhan sebagai bukti rasa terima kasih dan hormat saya karena telah mendukung setiap langkah yang saya pilih, semoga ini menjadi langkah awal untuk membahagiakan mamah dan bapak.

Kakak Tercinta

Sebagai tanda terima kasih karena selalu mengingatkan serta memberi dorongan untuk tidak lupa mengerjakan penelitian yang sederhana ini, saya persembahkan hasil dari pemanfaatan media bambu sebagai penyerap logam Timbal (Pb) ini kepada kakak saya tercinta Achmad Faris Rosyadi.



KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb

Alhamdulillahirobbil'alamin, puji syukur kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya baik berupa kenikmatan maupun kesehatan lahir dan batin sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini yang berjudul "*Pemanfaatan Media Bambu Sebagai Adsorbent Penyerap Logam Timbal (Pb) Dengan Perbandingan Tanpa Aktivasi dan Aktivasi Asam Sitrat*"

Penulisan skripsi ini bertujuan untuk memenuhi syarat akademik untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik bagi mahasiswa program S1 pada jurusan Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia. Penulis menyadari adanya kekurangan yang terdapat dalam skripsi ini sehingga saran dan kritik dari pembaca untuk melengkapi kekurangan yang ada dalam skripsi ini sangat dibutuhkan penulis. Terlepas dari semua kekurangan dalam skripsi ini, penulis berharap dengan adanya skripsi ini dapat memberikan informasi atau pengetahuan yang bermanfaat bagi pembaca.

Penulis menyadari bahwa dalam proses penulisan skripsi ini banyak terdapat hambatan, namun atas berkat bantuan dan bimbingan berbagai pihak sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Oleh karena itu dalam kesempatan ini dengan segala kerendahan hati dan rasa hormat, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang ikut terlibat dalam menyelesaikan skripsi ini baik secara langsung maupun tidak langsung. Terimakasih sebesar-besarnya penulis ucapkan kepada :

1. Bapak Hudori ST., M.T selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia
2. Bapak Eko Siswoyo, S.T, M.Sc.ES, M.Sc, Ph.D selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dan mengarahkan penyusun dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. Teristimewa kepada kedua orang tua tercinta Bapak Farkhan dan Ibu Rostiati yang selalu memberikan dukungannya baik berupa doa, motivasi dan materi sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
4. Bapak/Ibu dosen dan staff di lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, khususnya Program Studi Teknik Lingkungan yang telah banyak membantu penulis selama masa studi dan saat penyusunan skripsi.
5. Teman-teman Teknik Lingkungan angkatan 2011. Kalianlah yang selalu menghadirkan senyuman serta semangat untuk tetap menapaki langkah di Teknik Lingkungan. Terima kasih banyak telah membantu, menemani, menolong dan mendukung penyusun selama kuliah sampai sekarang mendapatkan gelar *Sarjana Teknik* UII. Semoga kita semua sukses dan selalu dalam limpahan rahmat Allah SWT.
6. Terima kasih juga kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Akhir kata penulis menyadari akan adanya kelemahan dan kekurangan dalam penyusunan skripsi ini, untuk itu penulis mohon maaf dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua dan menjadi bahan masukan dalam dunia pendidikan.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb

Yogyakarta, 27-09-2016

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
HALAMAN PERNYATAAN	ii
PERSEMBAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
ABSTRAK	vi

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	5

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Adsorpsi.....	5
2.2 Proses Biosorpsi	9
2.3 Adsorbent.....	10
2.4 Selulosa.....	11
2.5 Bambu Sebagai Bahan Media Adsorbent.....	12
2.6 Timbal (Pb).....	16
2.7 Aktivasi Peningkatan Kemampuan Adsorpsi	17

2.8	Metode Batch.....	18
2.9	Isoterm Langmuir	19
2.10	Isoterm Freundlich.....	19
2.11	Fourier Transform Infrared (FTIR).....	20
2.12	Scanning Electron Microscopy (SEM).....	21
2.13	Atomic Absorption Spectrophotometri (AAS)	22
2.14	Acuan Penelitian.....	23

BAB III METODE PENELITIAN

3.1	Diagram Alir Penelitian.....	25
3.2	Metode Penelitian	26
3.3	Lokasi Penelitian	26
3.4	Variabel	26
3.5	Alat dan Bahan	27
3.6	Desain Penelitian	28
3.6.1	Metode Penyiapan Bahan Adsorbent.....	28
3.6.2	Metode Aktivasi Adsorbent	29
3.6.3	Menentukan Massa Optimum.....	30
3.6.4	Menentukan pH Optimum	31
3.6.5	Menentukan Waktu Kontak Optimum.....	32
3.6.6	Menghitung Efisiensi Kemampuan Adsorbent Konsentrasi.....	33
3.7	Metode Analisis Data	34
3.7.1	Metode Freundlich.....	34

3.7.2	Metode Langmuir	34
3.7.3	Karakterisasi Adsorbent.....	35
3.7.4	Pengukuran Dengan Spektrofotometri UV Vis	36
3.7.5	Pembuatan Grafik	36
3.7.6	Hipotesis Penelitian	37

BAB IV PEMBAHASAN

4.1	Penjelasan Umum	38
4.2	Persiapan Adsorben Bambu.....	39
4.3	Aktivasi Adsorben Bambu.....	43
4.4	Adsorben Bambu Tanpa Aktivasi.....	44
4.5	Karakterisasi Adosorbent.....	45
4.5.1	Fourier Transorm Infrared (FTIR)	45
4.5.2	Scanning Electron Microscopy (SEM)	49
4.6	Pengujian Kemampuan Adsorpsi	50
4.6.1	Variasi Massa Adsorbent	50
4.6.2	Variasi pH Larutan.....	54
4.6.3	Variasi Waktu Kontak	57
4.6.4	Variasi Konsentrasi.....	59
4.7	Isoterm	62
4.7.1	Metode Langmuir	62
4.7.2	Metode Freundlich.....	67
4.8	Mekanisme Adsorpsi Adsorben Bambu	71
4.9	Perbandingan Kapasitas Adsorben Aktivasi Dengan Tanpa Aktivasi....	72

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	73
5.2 Saran	74
5.3 Rekomendasi	75
Daftar Pustaka	76



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	80
Lampiran 2	82
Lampiran 3	83
Lampiran 4	84
Lampiran 5	86
Lampiran 6	90
Lampiran 7	91



ABSTRAK

Bambu adalah kelompok tanaman paling beragam dan paling cepat berkembang, karena bambu dapat dipanen dalam 2 sampai 3 tahun, tanaman ini tergolong sumber daya murah dan cepat tumbuh dengan sifat fisik dan mekanik unggul dibandingkan dengan jenis kayu. Media dari bambu ini memiliki kandungan selulosa ($C_6H_{10}O_5$)_n yang cukup tinggi dan dapat dimanfaatkan sebagai biosorbent. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas adsorben dari media bambu dengan 2 perlakuan yang berbeda, diaktifkan dengan menggunakan asam sitrat 1 M dan tanpa diaktifkan, untuk menyerap ion timbal (Pb (II)) dalam air. Adsorpsi dilakukan menggunakan sistem batch dengan variabel seperti massa adsorben, pH larutan, waktu kontak dan konsentrasi Pb awal pada suhu ruang (25⁰C). Adsorben ditandai dengan menggunakan FTIR untuk mengetahui kelompok fungsional, SEM untuk mengetahui morfologi dari adsorben dan kapasitas adsorpsi dari adsorben diperoleh dengan menggunakan model isotherm Langmuir dan Freundlich. Berdasarkan hasil penelitian, sudah jelas bahwa untuk 10 mg/l larutan Pb, didapatkan kondisi optimum untuk massa adsorben adalah 50 mg, larutan pH 6 dan waktu kontak selama 120 menit. Kemampuan adsorpsi dari adsorben bambu tanpa aktivasi dan dengan aktivasi masing-masing sebesar 48,78 mg/g dan 87,72 mg/g. Studi ini menunjukkan bahwa bambu dapat digunakan sebagai adsorben untuk ion logam berat dan Langmuir isotherm cocok untuk adsorben ion Pb dalam air.

Kata kunci : Adsorpsi, Bambu, Langmuir , Pb, Sistem Batch

ABSTRACT

Bamboo is the most diverse and the fastest growing among plant group, because bamboo can be harvested in 2 to 3 years, the plant is relatively cheap and rapidly growing with superior physical and mechanical properties compared to other types of wood. Media of bamboo contains cellulose (C₆H₁₀O₅)_n that quite high and can be used as biosorbent. This study aims to determine the effectiveness of the adsorbent from bamboo media with 2 different treatments, activated using citric acid 1 M and without activated, to adsorb lead ion (Pb(II)) in water. The adsorption is conducted using a batch system with the variables such as mass of adsorbent, pH of solution, contact time and initial Pb concentration at room temperature (25⁰C). The adsorbent was characterized by using FTIR in order to know the functional groups, SEM to know the morphology of the adsorbent and the adsorption capacity of the adsorbent was obtained by using Langmuir and Freundlich isotherm models. Based on the results of the research, it was clear that for 10 mg/l of Pb solution, the optimum conditions were 50 mg of adsorbent mass, pH solution 6 and 120 minutes of contact time. The adsorption ability of bamboo adsorbent without activation and with activation was 48.78 mg/g and 87.72 mg/g, respectively. This study shows that bamboo can be used as adsorbent for heavy metal ion and Langmuir isotherm was fit for the adsorbent of Pb ion in water.

Keywords: Adsorption, Bamboo, Batch System, Langmuir, Pb

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Di berbagai kota besar, masalah air limbah selalu menjadi salah satu masalah yang besar. Air limbah yang masuk ke badan air dapat berasal dari kegiatan domestik maupun non domestik yang memiliki parameter fisika dan kimia yang berbeda-beda. Menurut pemantauan KLH dari tahun 2008 hingga 2013 kualitas air sungai hampir 57 sungai di Indonesia disimpulkan sekitar 70 – 75% sungai yang dipantau telah tercemar baik tercemar ringan, sedang maupun tercemar berat. Salah satu logam yang diketahui memiliki efek toksik yaitu timbal. Efek toksik timbal (Pb) muncul jika kandungannya melebihi batas toleransi dari organisme atau komponen lingkungan tertentu. PP RI 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. Metode konvensional untuk pemisahan logam berat dari air buangan (limbah) sangat tidak ekonomis dan kurang efisien pada konsentrasi logam yang rendah, hal ini menyebabkan pencarian terhadap teknologi alternatif untuk pemisahan logam yang murah dan ramah lingkungan menjadi serius.

Timbal merupakan logam berat yang sangat beracun, dapat dideteksi secara praktis pada seluruh benda mati di lingkungan dan seluruh sistem biologis. Timbal, terdapat dalam air dengan bilangan oksidasi Pb^{2+} , dan dikeluarkan oleh sejumlah industri dan pertambangan. Timbal yang berasal dari bahan bakar bertimbal merupakan sumber utama dari timbal di atmosfer dan daratan yang kemudian dapat masuk di perairan alami. Timbal yang berasal dari batuan kapur merupakan sumber timbal dari perairan alami (Rukaesih, 2004). Timbal dapat masuk dalam ke perairan melalui pengkristalan di udara yang merupakan pembakaran hasil pembakaran bahan bakar kendaraan bermotor dengan bantuan

hujan. Dapat pula sebagai akibat proses korosifikasi bahan mineral akibat hembusan dan angin. Timbal (Pb) yang masuk ke dalam bahan perairan sebagai dampak aktifitas manusia, di antaranya dalam air buangan (limbah) industri yang berkaitan dengan timbal (Pb) yang jatuh pada jalur-jalur perairan seperti anak sungai dan terbawa menuju laut. Komponen ini beracun terhadap seluruh aspek kehidupan. Timbal menunjukkan beracun pada sistem saraf, hemetologic, hemetotoxic dan mempengaruhi kerja ginjal. Rekomendasi dari WHO, logam berat Pb dapat ditoleransi dalam seminggu dengan takaran 50mg/kg berat badan untuk dewasa dan 25 mg/kg berat badan untuk bayi dan anak-anak. Mobilitas timbal di tanah dan tumbuhan cenderung lambat dengan kadar normalnya pada tumbuhan berkisar 0,5-3 ppm.

Metode yang dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan diatas adalah dengan proses pemisahan atau adsorpsi. Hal yang paling penting di dalam proses adsorpsi adalah pemilihan jenis adsorben yang baik. salah satu adsorben yang paling potensial adalah karbon aktif. Karbon aktif merupakan suatu padatan berpori yang mengandung 85-95% karbon, dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon dengan pemanasan pada suhu tinggi dari bahan-bahan (Chand et al,2005). Selama ini pembuatan karbon aktif sudah dikembangkan dengan menggunakan batu bara dan material organik dengan kandungan karbon yang tinggi seperti tempurung kelapa, serat, kayu dan lain-lain. Salah satu material yang juga dapat digunakan adalah tanaman bambu (Mui et al, 2010), dan juga ada menggunakan Constructed Wetland (CW) dengan menggunakan tumbuhan Eceng gondok untuk menurunkan kadar Pb oleh tumbuhan Eceng gondok dimulai dengan aktivitas mikroorganismenya dan tanaman dalam *Constructed wetland*. Proses pengolahan dalam *Constructed wetland* sangat bergantung pada aktivitas mikroorganismenya dalam tanah dan tanaman. Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa aktivitas mikroorganismenya ini sangat bergantung pada aktivitas akar tanaman dalam sistem *Constructed wetland* untuk mengeluarkan oksigen (Gopal, 1999 dalam Siswoyo, 2002).

Bambu dikenal oleh masyarakat memiliki sifat-sifat yang baik untuk di manfaatkan antara lain batangnya kuat, ulet, lurus, rata, keras, mudah di belah, mudah di bentuk serta ringan sehingga mudah di angkut. Dari kurang lebih 1000 spesies bambu dalam 80 negara,sekitar 200 spesies dari 20 negara ditemukan di Asia Tenggara (Dransfield, 1995), sedangkan di indonesia ditemukan sekitar 60 jenis. Beberapa sifat kimia bambu meliputi selulosa, lignin, pentosan, abu, silika. Kadar selulosa berkisar antar 42,4 % - 53,6 % , kadar lignin bambu berkisar antara 19,8 % - 26,6 % , sedangkan kadar pentosan 1,24 % - 3,77 % , kadar abu 1,24 % - 3,77 % , kadar silika 0,10 % - 1,78 % (Krisdianto et al,2000). Dari sifat-sifat tersebut maka perlu dilakukan pengolahan terhadap limbah media bambu tersebut sehingga dapat menambah nilai jual serta memberikan alternatif pemanfaatan terhadap limbah media bambu yang ada. Sehingga dari masalah lingkungan tersebut, penelitian kali ini merupakan perpaduan solusi dari pengolahan logam berat dengan menjadikan limbah media bambu yang tidak terpakai sebagai adsorben.

Ada banyak cara yang dapat dilakukan untuk menghasilkan karbon yang berpori yaitu dengan cara dekomposisi material organik melalui tiga tahapan yaitu dehidrasi, karbonisasi dan aktivasi. Penelitian terdahulu pembuatan adsorben dari bambu dengan menggunakan H_3PO_4 pada suhu $6000\text{ }^{\circ}C/\text{menit}$ yang dapat menghasilkan luas permukaan cukup besar yakni $2123\text{ m}^2/\text{g}$ (Ip et al.2008).

Penelitian yang akan dilakukan,menggunakan adsorben yang berbahan dari limbah bambu, akan diaktivasi oleh aktivator yaitu asam sitrat dan sebagai pembanding juga akan dilakukan pembuatan adsorben dengan metode tanpa aktivasi untuk mendapatkan dosis, derajat keasaman,waktu kontak dan variasi konsentrasi logam timbal (Pb) menggunakan metode batch dan isoterm menggunakan metode Freundlich dan Langmuir.

1.2. Rumusan Masalah

Melalui latar belakang yang telah ada maka dapat ditarik rumusan masalah sebagai berikut :

1. Berapa persentase kadar Pb di dalam air yang dapat direduksi oleh media bambu ?
2. Bagaimana perbandingan kemampuan penyerapan media bambu murni dengan media bambu yang diaktivasi asam sitrat 1 M?
3. Bagaimana pengaruh massa, pH, waktu kontak, dan konsentrasi adsorben terhadap penyerapan Pb di dalam air ?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian meliputi antara lain :

1. Mengetahui persentase kadar Pb di dalam air yang diserap oleh media bambu yang teraktivasi asam sitrat 1 M dan tanpa aktivasi.
2. Mengetahui perbandingan kemampuan penyerapan media bambu tanpa aktivasi dengan media bambu yang diaktivasi asam sitrat 1 M.
3. Mengetahui pengaruh massa, pH, waktu kontak dan konsentrasi adsorben terhadap penurunan kadar logam Pb.

1.4. Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi pada penentuan kemampuan media bambu untuk mengadsorpsi Pb di dalam air. Larutan sampel menggunakan larutan logam Pb yang dibuat sendiri (sintetis) serta variasi media bambu murni dan media bambu teraktivasi asam sitrat. Pemodelan adsorpsi menggunakan isoterm yang digunakan adalah Langmuir dan Freundlich.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah mendapatkan adsorben dari bahan alami yang mengandung karbon tinggi di Indonesia yakni bambu dan mengetahui efektivitas penyerapan logam Timbal (Pb) dari proses Adsorpsi menggunakan media bambu teraktivasi asam sitrat 1M dan tanpa aktivasi. Serta melihat pengaruh massa adsorben, kondisi pH, waktu kontak dan variasi konsentrasi dalam penyerapan logam Timbal (Pb). Kemudian agar dapat memberikan masukan dalam pengembangan teknologi dan penelitian mengenai adsorben media bambu untuk penyerapan logam timbal (Pb).



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Adsorpsi

Adsorpsi secara umum adalah proses penggumpalan substansi terlarut (soluble) yang ada dalam larutan, oleh permukaan zat atau benda penyerap, dimana terjadi suatu ikatan kimia fisika antara substansi dengan penyerapannya. Adsorpsi menggunakan istilah adsorben dan adsorbat, dimana adsorben adalah merupakan suatu penyerapan yang dalam hal ini berupa senyawa karbon, sedangkan adsorbat adalah merupakan suatu media yang diserap (Soedarsono dan Syahputra, 2005).

a. Proses Adsorpsi

Adsorpsi adalah proses dimana molekul-molekul fluida menyentuh dan melakat pada permukaan padatan. Adsorpsi adalah fenomena fisik yang terjadi saat molekul-molekul gas atau cair dikontakkan dengan sesuatu permukaan padatan dan sebagian dari molekul-molekul tadi mengembun pada permukaan padatan dan sebagian dari molekul-molekul tadi mengembun pada permukaan padatan tersebut. Adsorpsi adalah serangkaian proses yang terdiri atas reaksi-reaksi permukaan zat padat (adsorben) dengan zat pencemar (adsorbat), baik pada fase cair maupun gas. Sebab adsorpsi adalah fenomena permukaan, maka kapasitas adsorpsi dari suatu adsorben merupakan fungsi luas permukaan spesifik.

Adsorpsi akan terkonsentrasi pada tapak permukaan yang memiliki energi lebih tinggi. Aktivasi adsorben akan menaikkan energi pada permukaannya sehingga dapat meningkatkan tarikan terhadap molekul adsorbat.

Adsorben yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah adsorben yang dihasilkan dari pemanfaatan media bambu yang tidak dipakai lagi sebagai bahan baku untuk membuat adsorben.

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, sehingga 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.

Menurut Atkins pada tahun 1999, berdasarkan sifatnya adsorpsi fisik dan adsorpsi kimia memiliki berbagai perbedaan yang dapat digunakan sebagai pembandingan seperti pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Perbandingan Sifat Adsorpsi

Adsorpsi Fisik	Adsorpsi Kimia
Molekul terikat pada adsorben oleh gaya Van der Waals	Molekul terikat pada adsorben oleh ikatan kimia
Mempunyai entalpi reaksi -4 sampai -40 kJ/mol	Mempunyai entalpi reaksi -40 sampai 800 kJ/mol
Adsorpsi hanya terjadi pada suhu dibawah titik didih adsorbat	Adsorpsi dapat terjadi pada suhu tinggi
Jumlah adsorpsi pada permukaan merupakan fungsi adsorbat	Jumlah adsorpsi pada permukaan merupakan karakteristik adsorben dan adsorbat
Tidak melibatkan energi aktivasi tertentu	Melibatkan energi aktivasi tertentu
Bersifat tidak spesifik	Bersifat sangat spesifik

b. Faktor yang Mempengaruhi Adsorpsi

Banyak faktor yang mempengaruhi laju proses adsorpsi dan banyaknya adsorbat yang dapat dijerap, di antaranya :

✓ Karakteristik Adsorben

Karakteristik 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.

✓ Agitasi

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

✓ 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.

✓ pH

pH memiliki pengaruh yang besar terhadap tingkat proses adsorpsi. Ini disebabkan karena ion hidrogen dapat menjerap dengan kuat, selain itu pH juga dapat mempegaruhi 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.

✓ 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.

✓ Waktu Kontak

Waktu kontak mempengaruhi banyaknya adsorbat yang terserap, ini dikarenakan perbedaan kemampuan mengikat logam Pb, Kondisi ekuilibrium akan dicapai pada waktu yang tidak lebih dari 150 menit, setelah waktu itu jumlah adsorbat yang terserap tidak signifikan berubah terhadap waktu.

✓ 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.

2.2. Proses Biosorpsi

Biosorpsi merupakan suatu proses penyerapan komponen tertentu dari suatu fase fluida dengan menggunakan substrat organik. Biosorpsi dapat didefinisikan sebagai penyisihan ion logam dengan cara adsorpsi pasif atau kompleksasi oleh biomassa hidup atau sampah organik. Biosorpsi merupakan kemampuan material biologi untuk mengakumulasi logam berat. Proses biosorpsi ini dapat terjadi karena adanya material biologi yang disebut biosorben dan adanya larutan yang mengandung logam berat sehingga mudah terikat pada biosorben (Putra, 2005).

Mikroorganisme, termasuk ganggang, bakteri, ragi, jamur, dan daun tumbuhan serta jaringan akan dapat digunakan sebagai biosorben untuk menghilangkan logam berat dari hasil buangan industri (Pavasant dkk, 2005).

2.3. Adsorben

Adsorben adalah materi yang mampu mengadsorpsi/melakukan penyerapan. Salah satu adsorben yang banyak dipakai adalah karbon aktif/activated carbon. Karbon aktif yang umum dipakai bisa dalam bentuk granul (GAC, Granular Activated Carbon) atau bubuk (PAC, Powdered Activated Carbon). Karbon aktif secara umum digunakan sebagai adsorben karena memiliki banyak pori, yang membuat luas permukaan karbon aktif semakin besar.

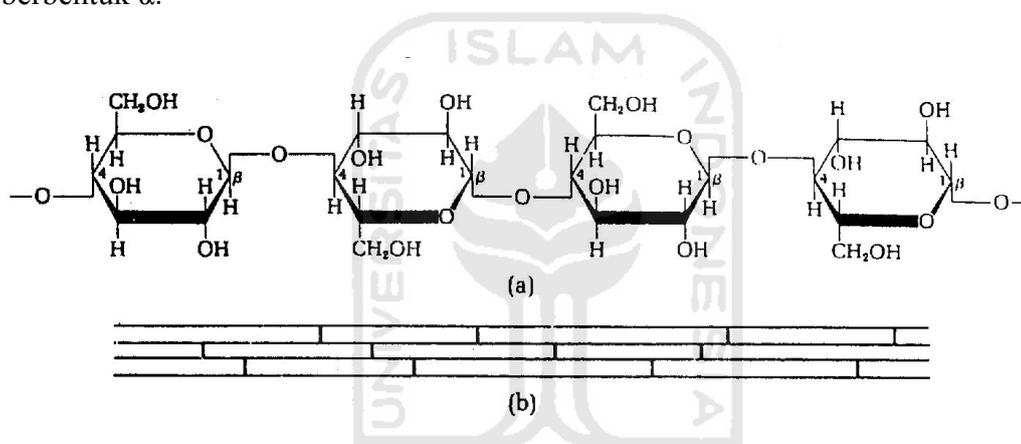
Adsorben dapat digolongkan menjadi dua berdasarkan adsorbat yang dijerap, yaitu polar dan non-polar. Adsorben polar adalah adsorben hidrofilik, adsorben ini dapat menyerap air. Contoh dari adsorben ini adalah silica gel yang biasa digunakan untuk menyerap uap air di rak sepatu. Adsorben non polar adalah adsorben hidrofobik, adsorben ini akan menyerap adsorbat selain air. Contoh dari adsorben non-polar adalah karbon aktif.

Kemampuan dari suatu adsorben dalam menyerap zat dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain :

1. Luas permukaan adsorben. Semakin besar luas permukaan maka semakin besar pula daya adsorpsinya karena proses adsorpsi terjadi pada permukaan adsorben.
2. Tidak ada perubahan volume yang berarti selama proses adsorpsi
3. Kemurnian adsorben.
4. Jenis/gugus fungsi atom yang ada pada permukaan adsorben.

2.4. Selulosa

Selulosa adalah senyawa seperti serabut, liat, tidak larut dalam air, dan ditemukan di dalam dinding sel pelindung tumbuhan terutama pada tangkai batang, dahan dan semua bagian berkayu dari jaringan tumbuhan. Karena selulosa merupakan homopolisakarida linier tidak bercabang, terdiri dari 10.000 atau lebih unit D-glukosa yang terhubung oleh ikatan 1–4 glikosida, senyawa ini akan kelihatan seperti amilosa dari rantai utama glikogen. Tetapi terdapat perbedaan yang sangat penting pada selulosa, ikatan 1–4 berada dalam konfigurasi β , sedangkan pada amilosa, amilopektin, dan glikogen, ikatan 1-4 nya berbentuk α .



Gambar 2.1 Struktur Kimia Selulosa

Selulosa terdapat pada semua tanaman dari pohon bertingkat tinggi hingga organisme primitif seperti lumut dan rumput laut. Selulosa tidak larut dalam air maupun zat pelarut organik dan mempunyai daya tarik yang tinggi. Selulosa merupakan bahan dasar dari banyak produksi teknologi kertas, dan serat. Sifat serat selulosa adalah :

- ✓ Memiliki kekuatan tarik yang tinggi
- ✓ Mampu membentuk jaringan.
- ✓ Tidak mudah larut dalam air, alkali dan pelarut organik
- ✓ Relatif tidak berwarna.
- ✓ Memiliki kemampuan mengikat yang lebih kuat

(Harsini dan Susilowati, 2010).

Selulosa berperan besar dalam memberikan kekuatan tarik sedangkan lignin memberi kekuatan tekan dan mencegah pelipatan mikrofibril. Selulosa dan lignin diikat dengan hemiselulosa.

Gugus fungsional dari gugus selulosa adalah gugus hidroksil. Gugus hidroksil selulosa menyebabkan permukaan selulosa menjadi hidrofilik. Struktur rantai selulosa distabilkan oleh ikatan hidrogen yang kuat disepanjang rantai. Di dalam selulosa alami dari tanaman, rantai selulosa diikat bersama-sama membentuk mikrofibril yang sangat terkristal (*highly cristalline*) dimana setiap rantai selulosa diikat bersama-sama oleh ikatan hidrogen.

Ditinjau dari strukturnya, dapat saja diharapkan selulosa mempunyai kelarutan yang besar dalam air, karena banyak kandungan gugus hidroksil yang dapat membentuk ikatan hidrogen dengan air (antaraksi yang tinggi antara pelarut-terlarut. Akan tetapi kenyataannya tidak demikian, dan selulosa bukan hanya tak larut dalam air tetapi juga dalam pelarut lain. Penyebabnya ialah kekakuan rantai dan tingginya gaya antar rantai akibat ikatan hidrogen antar gugus hidroksil yang berdekatan. Faktor ini dipandang menjadi penyebab kekristalan yang tinggi dari serat selulosa (Cowd, 1991).

2.5 Bambu Sebagai Bahan Media Adsorben

Bambu merupakan tanaman yang tidak asing lagi bagi masyarakat Indonesia. Tanaman ini sudah menyebar diseluruh kawasan nusantara. Dalam pertumbuhannya tanaman ini tidak terlalu banyak menuntut persyaratan. Bambu dapat tumbuh di daerah iklim basah sampai kering, dari dataran rendah hingga ke daerah pegunungan. Tidak heran jika keberadaannya banyak dijumpai diberbagai tempat, baik sengaja ditumbuhkan maupun tumbuh secara alami. Tanaman ini termasuk dalam orde *Graminales*, famili *gramineae*, dan subfamili *Bambusoideae* (Berlian, 1995).

Tanaman bambu banyak ditemukan di daerah tropis dibenua Asia, Afrika, dan Amerika. Benua Asia merupakan daerah penyebaran bambu terbesar. Tanaman bambu yang kita kenal umumnya berbentuk rumpun. Arah pertumbuhan biasanya tegak, kadang-kadang memanjat, dan batangnya mengayu. Jika sudah tinggi, batang bambu ujungnya agak menjuntai dan daun-daunnya seakan melambai. Tinggi tanaman bambu pada umumnya sekitar 0,3 m sampai 30 m, diameter batangnya 0,25 – 25 cm dan ketebalan dindingnya sampai 25 mm. Tanaman ini dapat mencapai umur panjang dan biasanya mati tanpa berbunga (McClure, 1996).

Secara biofisik, pohon bambu menghasilkan selulosa per ha 2–6 kali lebih besar dari pohon kayu pinus. Peningkatan biomassa bambu per hari 10 – 30% dibanding 2,5% untuk pohon kayu pinus. Bambu dapat dipanen dalam 4 tahun, lebih singkat dibanding 8-20 tahun untuk jenis pohon kayu pinus.

Tabel 2.2 Persentase komponen yang terkandung dalam batang bambu

Komponen	Kandungan %
Selulosa	42,4 - 53,6
Lignin	19,8 - 26,6
Pentosan	1,24 - 3,77
Zat ekstraktif	4,5 - 9,9
Air	15 - 20
Abu	1,24 - 3,77
SiO ₂	0,10 - 1,78

(Widya,2006)

Kandungan terbesar dalam batang bambu adalah selulosa. Selulosa adalah polisakarida yang tersusun dari monomer D-glukosa yang mempunyai tiga gugus hidroksil yang dapat disubstitusi. Ditinjau dari strukturnya, dapat saja diharapkan selulosa mempunyai kelarutan yang besar dalam air, karena banyaknya kandungan gugus hidroksil yang dapat membentuk ikatan hydrogen dengan air (interaksi yang tinggi antara pelarut-terlarut). Akan tetapi kenyataannya tidak demikian dan selulosa bukan hanya tak larut dalam air tetapi juga dalam pelarut lain. Penyebabnya ialah kekuatan rantai dan tingginya gaya antar garis rantai akibat ikatan hydrogen antar gugus hidroksil pada rantai yang berikatan. Faktor ini dipandang menjadi penyebab kekristalan yang tinggi dari serat selulosa. Jika ikatan hydrogen berkurang, gaya antaraksi pun berkurang dan oleh karenanya gugus hidroksil selulosa harus diganti sebagian atau seluruhnya oleh pengesteran. Hal ini dapat dilakukan, dan ester yang dihasilkan larut dalam sejumlah pelarut (Widya, 2006).

Tanaman bambu sudah menyebar ke berbagai daerah di Indonesia. Sebutan untuk tanaman ini berbeda-beda di setiap daerah. Adapun secara internasional bambu dikenal dengan sebutan bamboo. Di Indonesia terdapat lebih kurang 125 jenis bambu. Salah satu jenis bambu yang banyak tersebar di wilayah Indonesia adalah bambu betung.

✓ **Bambu Betung**

Bambu betung (*dendrocalammus*) memiliki sifat yang keras dan baik untuk bahan bangunan karena seratnya besar-besar dan ruasnya panjang. Jenis bambu ini mempunyai rumpun yang agak sedikit rapat. Warna batang hijau kekuning-kuningan. Ukurannya lebih besar dan lebih tinggi dari pada jenis bambu lain. Perbanyakannya dilakukan dengan potongan batang atau cabangnya. Jenis bambu ini mempunyai pertumbuhan yang cepat, mudah diperbanyak, dan dapat tumbuh baik ditempat yang cukup kering. Tanaman ini dapat ditemui di dataran rendah sampai ketinggian 2.000 m dpl (Berlian, 1995).

Bambu betung adalah bambu yang kuat,tingginya bisa mencapai 20 – 30 m dan diameter batang 8 – 20 cm. Ruas bambu betung cukup panjang dan tebal, panjangnya antara 40 – 60 cm dan ketebalan dindingnya 1 – 1,5 cm. Bambu betung bisa dipanen pada umur 3 – 4 tahun dengan produksi sekitar 8 ton/ha. Kerapatan serat bambu betung adalah 0,8 g/cm³ . Pada bambu betung, kecepatan munculnya tunas baru dan pertumbuhan akar serta tajuk relative lebih cepat pada penanaman horizontal.Namun demikian pertumbuhan akar dan tajuk dari penanaman vertikal jauh lebih baik dari penanaman horizontal.

Bambu betung memiliki keunggulan bila dibandingkan dengan jenis bambu lain.Hal ini dapat dilihat dari kandungan holoselulosa (selulosa dan hemiselulosa) yang terdapat didalamnya.



Gambar 2.2 Bambu Betung

Tabel 2.3 Kandungan selulosa yang terdapat pada beberapa jenis bambu

Jenis Bambu	Selulosa (%)
Tali	73,3
Hitam	76,2
Kuning	83,8
Andong	76,0
Betung	83,9
Ampel	3,7

(Widya,2006)

Kadar selulosa (selulosa dan hemiselulosa) pada keenam jenis bambu pada table di atas relatif tinggi ($> 65\%$), sehingga diduga akan menghasilkan papan partikel dengan kualitas baik. Dari keenam jenis bambu, bambu betung memiliki kadar selulosa tertinggi atau terbaik. Dengan demikian bambu betung diperkirakan dapat menghasilkan papan partikel dengan kualitas yang relatif lebih baik dan rendemen yang relatif lebih tinggi dibandingkan lima jenis bambu lainnya (Widya, 2006).

2.6 Timbal (Pb)

Timbal (Pb) adalah logam berat yang terdapat secara alami di dalam kerak bumi. Keberadaan timbal bisa juga berasal dari hasil aktivitas manusia, yang mana jumlahnya 300 kali lebih banyak di bandingkan Pb alami yang terdapat pada kerak bumi. Pb terkonsentrasi dalam deposit bijih logam. Unsur Pb digunakan dalam bidang industri modern sebagai bahan pembuatan pipa air yang tahan korosi, bahan pembuat cat, baterai, dan campuran bahan bakar bensin tetraetil. Timbal (Pb) adalah logam yang mendapat perhatian khusus karena sifatnya yang toksik (beracun) terhadap manusia. Timbal (Pb) dapat masuk ke dalam tubuh melalui konsumsi makanan, minuman, udara, air, serta debu yang tercemar Pb.

Timbal banyak dimanfaatkan oleh manusia seperti sebagai bahan pembuat baterai, amunisi, produk logam (logam lembaran, solder, dan pipa), perlengkapan medis (penangkal radiasi dan alat bedah), cat, keramik, peralatan kegiatan ilmiah/praktek (papan sirkuit/CB untuk komputer) untuk campuran minyak bahan-bahan untuk meningkatkan nilai oktan.

Konsentrasi timbal di lingkungan tergantung pada tingkat aktivitas manusia, misalnya di daerah industri, di jalan raya, dan tempat pembuangan sampah. Karena timbal banyak ditemukan di berbagai lingkungan maka timbal dapat memasuki tubuh melalui udara, air minum, makanan yang dimakan dan tanah pertanian.

Daya racun timbal yang akut pada perairan alami menyebabkan kerusakan hebat pada ginjal, sistem reproduksi, hati dan otak, serta sistem syaraf sentral, dan

bisa menyebabkan kematian (Ahmad,2009). Bentuk kimia senyawa Pb yang masuk ke dalam tubuh melalui makanan akan mengendap pada jaringan tubuh, dan sisanya akan terbuang bersama bahan sisa metabolisme. Sekali masuk ke dalam tubuh timbal didistribusikan terutama ke 3 (tiga) komponen yaitu darah, jaringan lunak (ginjal, sum-sum tulang, liver, otak), jaringan dengan mineral (tulang dan gigi).

Tubuh menimbun timbal selama seumur hidup dan secara normal mengeluarkannya secara lambat. Efek yang ditimbulkan adalah gangguan syaraf, sel darah, gangguan metabolisme vitamin D dan kalsium sebagai unsur pembentuk tulang, gangguan ginjal secara kronis, dapat menembus plasenta sehingga menghambat pertumbuhan.

Jalur masuknya timbal ke dalam tubuh manusia melalui saluran pernapasan (respirasi), juga melalui saluran pencernaan (gastrointestinal), kemudian didistribusikan ke dalam darah, dan terikat pada sel darah. Sebagian Pb disimpan dalam jaringan lunak dan tulang, sebagian diekskresikan lewat kulit, ginjal dan usus besar.

2.7 Aktivasi Peningkatan Kemampuan Adsorpsi

✓ Aktivasi Arang Aktif

Arang adalah padatan berpori hasil pembakaran bahan yang mengandung karbon. Arang tersusun dari atom-atom karbon yang berikatan secara kovalen membentuk struktur heksagonal datar dengan sebuah atom C pada setiap sudutnya. Susunan kisi-kisi heksagonal datar ini tampak seolah-olah seperti pelat-pelat datar yang saling bertumpuk dengan sela-sela di antaranya.

Sebagian pori-pori yang terdapat dalam arang masih tertutup oleh hidrokarbon dan senyawa organik lainnya. Komponen arang ini meliputi karbon terikat, abu, air, nitrogen, dan sulfur yang mempunyai luas permukaan dan jumlah pori sangat banyak (Baker, 1997).

Karbon aktif adalah bentuk umum dari berbagai macam produk yang mengandung karbon yang telah diaktifkan untuk meningkatkan luas permukaannya (Manes, 1998). Karbon aktif berbentuk kristal mikro karbon grafit yang pori-porinya telah mengalami pengembangan kemampuan untuk mengadsorpsi gas dan uap dari campuran gas dan zat-zat yang tidak larut atau yang terdispersi dalam cairan (Roy, 1985). Luas permukaan, dimensi, dan distribusi karbon aktif bergantung pada bahan baku, pengurangan, dan proses aktivasi. Berdasarkan ukuran porinya, ukuran pori karbon aktif diklasifikasikan menjadi 3, yaitu mikropori (diameter <2 nm), mesopori (diameter 2–50 nm), dan makropori (diameter >50 nm) (Baker 1997).

✓ Aktivasi Kimia Dengan Asam Sitrat

Asam sitrat bersifat korosif terhadap banyak logam seperti besi magnesium, seng, dan cadmium, yang membentuk gas hidrogen. Toksisitas dan sifat letal logam timbal (Pb) pada tubuh biota air dapat dihilangkan dengan penambahan larutan asam sitrat (Ahmad, 2004). Asam sitrat di sini digunakan untuk menghilangkan zat-zat pengotor sehingga akan mengaktifkan gugus-gugus aktif yang ada. Keberadaan lignin sebagai pengikat antar sel selulosa bersama-sama akan menghambat proses adsorpsi salah satunya dapat dihilangkan dengan larutan asam sitrat (Aziz dan Sarkanen, 1989).

2.8 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.

2.9 Isoterm Langmuir

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

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{q_m} C_e + \frac{1}{K_L \cdot q_m} \quad (1)$$

Dimana :

- ✓ C_e = Konsentrasi Equilibrium (mg/l)
- ✓ q_e = Nilai Adsorpsi logam saat Equilibrium (mg/g)
- ✓ q_m = Nilai Serapan maksimum
- ✓ K_L = Nilai konstanta Langmuir

Isoterm Langmuir ini berdasar dengan asumsi bahwa adsorbent yang diuji memiliki sifat :

- ✓ Adsorben mempunyai permukaan yang homogen dan hanya dapat mengadsorpsi satu molekul adsorbat untuk setiap molekul adsorbennya. Tidak ada interaksi antara molekul-molekul yang terserap.
- ✓ Semua proses adsorpsi dilakukan dengan mekanisme yang sama.

Hanya terbentuk satu lapisan tunggal saat adsorpsi maksimum.

2.10 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:

$$x/m = K.Ce^{1/n}$$

$$\ln(x/m) = \ln K + 1/n \ln C$$

Dimana: x/m = Jumlah zat teradsorpsi tiap unit massa adsorben (mg/g)

C_e = Konsentrasi kesetimbangan zat teradsorpsi di fase cair

K = konstanta Freundlich yang berkaitan dengan kapasitas

$1/n$ = Konstanta Freundlich yang berkaitan dengan afinitas adsorpsi

2.11 Fourier Transform Infrared (FTIR)

Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) atau spektroskopi infra merah merupakan suatu metode yang mengamati menganalisa komposisi kimia dari senyawa organik, polimer, coating atau pelapisan, material semikonduktor, sampel biologi, senyawa anorganik, dan mineral dengan radiasi elektromagnetik yang berada pada daerah panjang gelombang 0,75 – 1.000 μm atau pada Bilangan Gelombang 13.000 – 10 cm^{-1} . Teknik spektroskopi infra merah terutama untuk mengetahui gugus fungsional suatu senyawa, juga untuk mengidentifikasi senyawa, menentukan struktur molekul, mengetahui kemurnian, dan mempelajari reaksi yang sedang berjalan (Benny Rio, 2012).



Gambar 2.3 Alat FTIR

2.12 Scanning Electron Microscopy (SEM)

SEM (*Scanning Electron Microscope*) adalah salah satu jenis mikroskop 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.



Gambar 2.4 Alat SEM

Kombinasi dari perbesaran yang tinggi, *depth of field* yang besar, resolusi yang baik, kemampuan untuk mengetahui komposisi dan informasi kristalografi membuat SEM banyak digunakan untuk keperluan penelitian dan industri. Adapun fungsi utama dari SEM antara lain dapat digunakan untuk mengetahui informasi-informasi mengenai:

- ✓ Topografi, yaitu ciri-ciri permukaan dan teksturnya (kekerasan, sifat memantulkan cahaya, dan sebagainya).
- ✓ Morfologi, yaitu bentuk dan ukuran dari partikel penyusun objek (kekuatan, cacat pada *Integrated Circuit (IC)* dan *chip*, dan sebagainya).
- ✓ Komposisi, yaitu data kuantitatif unsur dan senyawa yang terkandung di dalam objek (titik lebur, kereaktifan, kekerasan, dan sebagainya).
- ✓ Informasi kristalografi, yaitu informasi mengenai bagaimana susunan dari butir-butir di dalam objek yang diamati (konduktifitas, sifat elektrik, kekuatan, dan sebagainya).
- ✓ Pancaran elektron yang dihasilkan dapat menghasilkan sinyal yang memodulasi berkas tersebut, sehingga akan menghasilkan gambar ke dalam bidang 300-600 kali lebih baik dari pada mikroskop optik dan juga dapat menghasilkan gambar tiga dimensi. Kebanyakan alat SEM mempunyai jangkauan magnifikasi dari 20x-100.000x.

2.13 Atomic Absorption Spectrophotometri (AAS)

Spektrofotometer Serapan Atom (AAS) adalah suatu alat yang digunakan pada metode analisis untuk penentuan unsur-unsur logam dan metaloid yang berdasarkan pada penyerapan absorpsi radiasi oleh atom bebas. Spektrofotometer serapan atom (AAS) merupakan teknik analisis kuantitatif dari unsur-unsur yang pemakaiannya sangat luas di berbagai bidang karena prosedurnya selektif, spesifik, biaya analisisnya relatif murah, sensitivitasnya tinggi (ppm-ppb), dapat dengan mudah membuat matriks yang sesuai dengan standar, waktu analisis sangat cepat dan mudah dilakukan. AAS pada umumnya digunakan untuk analisa unsur, spektrofotometer absorpsi atom juga dikenal sistem single beam dan double beam layaknya Spektrofotometer UV-VIS. Sebelumnya dikenal fotometer nyala yang hanya dapat menganalisis unsur yang dapat memancarkan sinar terutama unsur golongan IA dan IIA. Umumnya lampu yang digunakan adalah lampu katoda cekung yang mana penggunaannya hanya untuk analisis satu unsur saja.

Metode AAS berprinsip pada absorpsi cahaya oleh atom. Atom-atom menyerap cahaya tersebut pada panjang gelombang tertentu, tergantung pada sifat unsurnya. Metode serapan atom hanya tergantung pada perbandingan dan tidak bergantung pada temperatur. Setiap alat AAS terdiri atas tiga komponen yaitu unit teratomisasi, sumber radiasi, sistem pengukur fotometerik. Teknik AAS menjadi alat yang canggih dalam analisis. Ini disebabkan karena sebelum pengukuran tidak selalu memerlukan pemisahan unsur yang ditentukan karena kemungkinan penentuan satu unsur dengan kehadiran unsur lain dapat dilakukan, asalkan katoda berongga yang diperlukan tersedia. AAS dapat digunakan untuk mengukur logam sebanyak 61 logam.



Gambar 2.5 Alat AAS

2.14 Acuan Penelitian

Mengumpulkan serta mempelajari data dari buku-buku, tulisan ilmiah dan penelitian sebelumnya yang berhubungan dengan penelitian ini yang selanjutnya akan digunakan sebagai referensi guna mempermudah penelitian. Penelitian sebelumnya dapat dilihat pada Tabel 2.4

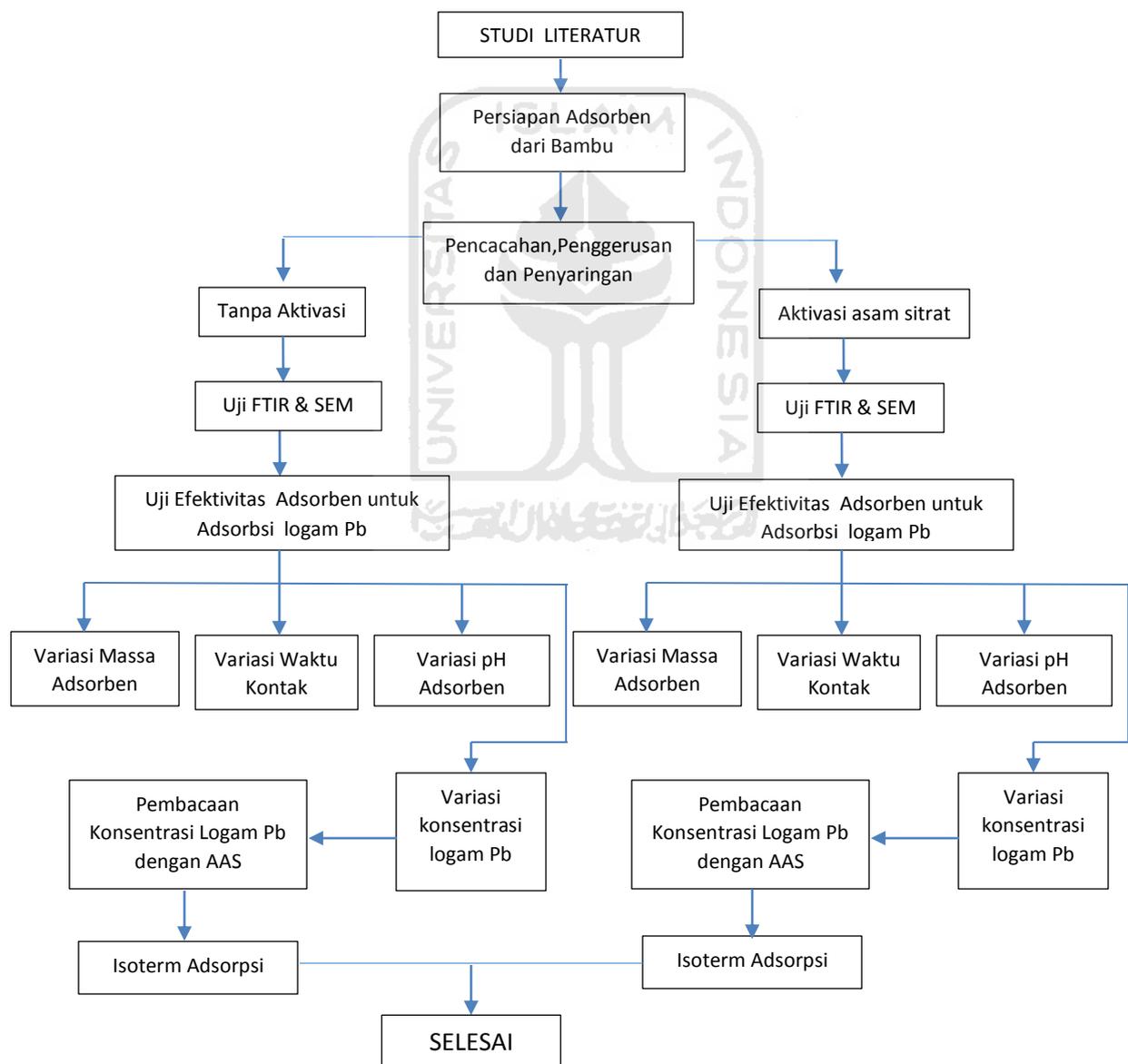
Tabel 2.4 Penelitian terdahulu

No	Nama jurnal	Proses	Hasil
1.	<i>High-Porosity Carbons Prepared From Bituminous coal with Potassium Hydroxide Activation</i> (Teng,1999)	Pembuatan karbon aktif dari batu bara dengan metode aktivasi kimia menggunakan KOH dengan dialiri gas N ₂ selama 0-3 jam pada rentang suhu 500-1000 °C	Hasil terbaik didapatkan pada perbandingan KOH/coal = 4.25 : 1 suhu 800 °C selama 1 jam dengan surface area 3000 m ² /g
2.	<i>Influence of Different Chemical Reagent on the Preparation of Activated Carbon from Bituminous Coal</i> (Teng,1999)	Pembuatankarbon aktif dari batu dengan metode aktivasi kimiawi dengan variasi activating agent ZnCl ₂ ,H ₃ PO ₄ dan KOH ,suhu 400-900 °C,selama 1 jam dengan atmosfer N ₂ .	Hasil terbaik di dapatkan pada aktivasi KOH,suhu aktivasi 800 °C dengan luas permukaan 3300 m ² /g
3.	<i>Production and characterrization of Activated Carbon from pine waste gasfied in a pilot reaktor</i> (Garcia, 2002)	Pembuatan karbon aktif dari limbah pinus dengan aktivasi KOH,dialiri gas N ₂ 4l/min,dengan variasi suhu 725 – 800 °C selama 1 jam	Didapatkan karbon aktif dengan luas permukaan 1908 m ² /g volume mikropori = 0,678 cm ³ /g
4.	<i>Understanding chemical reaction between carbon and NaOh and KOH</i> (Lillo,2003)	Pencampuran bahan baku dengan NaOH (NaOH/C=3:1), diaktivasi dengan suhu 760 °C,dengan variasi gas atmosfer N ₂ , CO ₂ dan steam beserta variasi laju alir 40,100 dan 500 ml/min	Hasil terbaik dengan atmosfer N ₂ 500 ml/min,surface area 2193 m ² /g hasil terendah denagn CO ₂ , surface area 36 m ² /g
5.	<i>Adsorption Capacities of Activated Carbons Prepared from Bambo by KOH Activation</i> (Nuithitikul,2011)	Pembuatan karbon aktif dari bambu menggunakan KOH dengan ratio 2:1 pada suhu 800 °C dengan variasi waktu 1-3 jam serta dialiri N ₂	Hasil terbaik di dapatkan pada waktu aktivasi selama 3 jam dengan surface area 1532,8 m ² /g
6.	<i>Production and comparison of high surface area bambo derived active carbons</i> (Ip,2008)	Pembuatan karbon aktif dari bambu menggunakan aktivasi kimia menggunakan H ₃ PO ₄ dengan rentang suhu 600-900 °C serta dialirkan gas N ₂	Hasil terbaik didapatkan untuk H ₃ PO ₄ pada suhu 500 0C dengan surface area 1100 m ² /g dan untuk KOH pada suhu 600 °C dengan surface area 947 m ² /g

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Secara umum penelitian akan dilakukan dengan pemanfaatan limbah media Bambu yang akan digunakan sebagai adsorben dengan diagram alir keseluruhan pada Gambar 3.1 :



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian Secara Keseluruhan

3.2 Metode Penelitian

Metode penelitian ini terdiri dari dua tahap yaitu metode pengumpulan data dan pengolahan data :

Metode pengumpulan data didapat dari pengujian laboratorium yaitu dengan pengujian optimasi massa adsorben, optimasi derajat keasaman (pH), waktu kontak dan konsentrasi logam optimum.

Metode pengolahan data di dapat dengan dilakukan penentuan isoterm menggunakan isoterm Freundlich dan Langmuir.sa

3.3 Lokasi Penelitian

Lokasi pengambilan sampel media bambu yaitu di perumahan Griya Perwita Wisata,Kaliurang Km 12, Kecamatan Ngaglik, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. Pengujian sampel ini akan dilakukan di Laboratorium Kualitas Air Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

3.4 Variabel

Variabel penelitian ini meliputi variabel tetap dan variabel bebas, yaitu:

1. Variabel tetap:

- Adsorben Media Bambu
- Aktivasi dengan asam sitrat 1M
- Pengadukan 150 rpm

2. Variabel bebas:

- Dosis adsorben : 25 mg,50 mg,100 mg,200 mg,400 mg, dan 500 mg
- Waktu Kontak : 15, 30, 45, 60, 90, 120 dan 1440 menit
- pH : 2, 3, 4, 5 ,6 dan 7
- Konsentrasi Pb : 10 ppm, 25 ppm, 50 ppm, 75 ppm, 100 ppm, 150 Ppm, 200 ppm, 250 ppm dan 300 ppm

3.5 Alat dan Bahan

✓ Alat yang digunakan:

1.	Timbangan Analitik	1 buah
2.	Beaker gelas 500 ml	5 buah
3.	Beaker gelas 1000 ml	5 buah
4.	Beaker gelas 100 ml	5 buah
5.	Spektrofotometer	1 buah
6.	<i>Magnetic Stirrer</i>	6 buah
7.	Kaca Arlogi	2 buah
8.	Karet hisap	1 buah
9.	Stopwatch	1 buah
10.	Spatula	2 buah
11.	Kertas saring No. 1	3 lembar
12.	Saringan	1 buah
13.	Sendok	3 buah

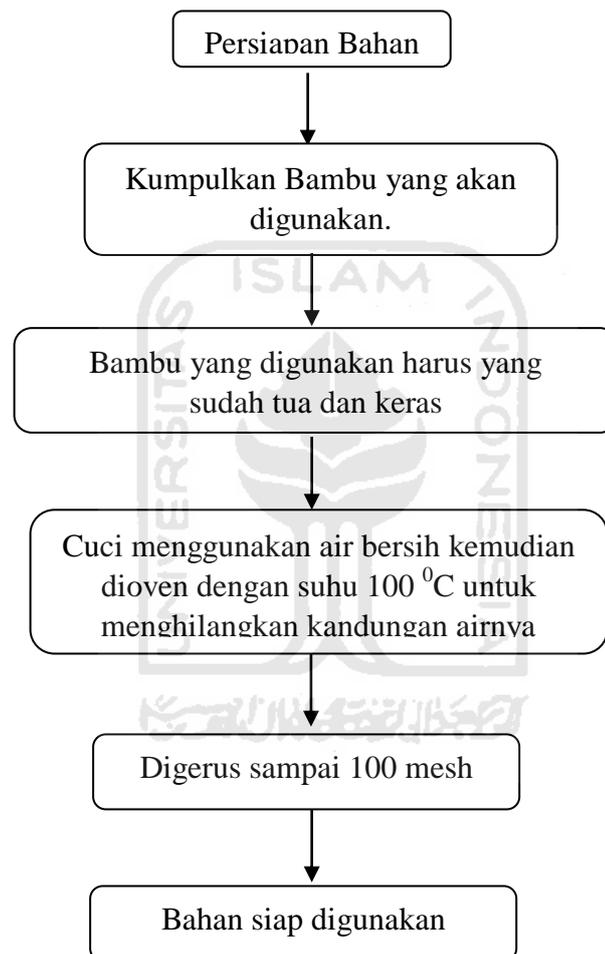
✓ Bahan yang digunakan:

1. Biosorben Media Bambu
2. Asam Sitrat 1M
3. Natrium Hidroksida (NaOH)
4. Larutan induk Timbal (Pb) konsentrasi 1000 ppm.

3.6 Desain Penelitian

3.6.1 Metode Penyiapan Bahan Adsorben

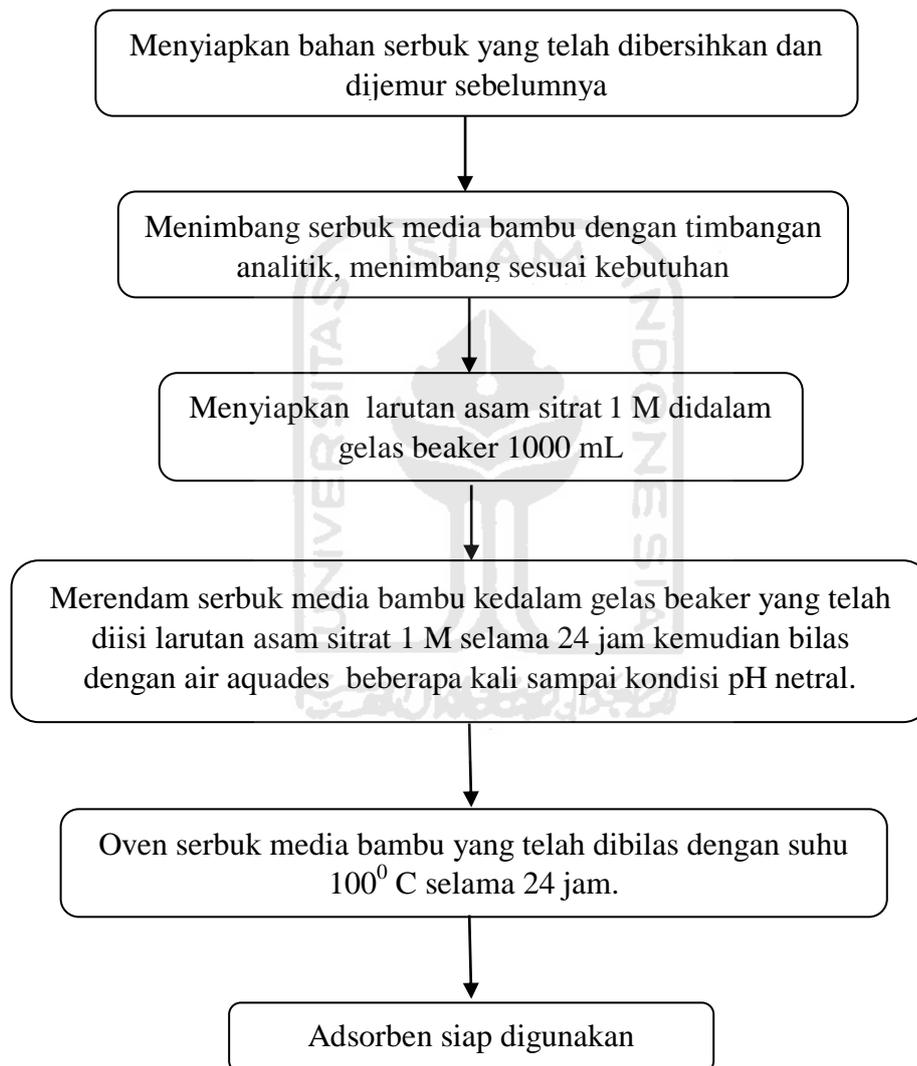
Proses pembuatan adsorben dimulai dari menyiapkan bahan yang akan digunakan, adapun langkah yang perlu dilakukan antara lain adalah :



Gambar 3.3 Metode Penyiapan Bahan

3.6.2 Metode Aktivasi Adsorben Asam Sitrat

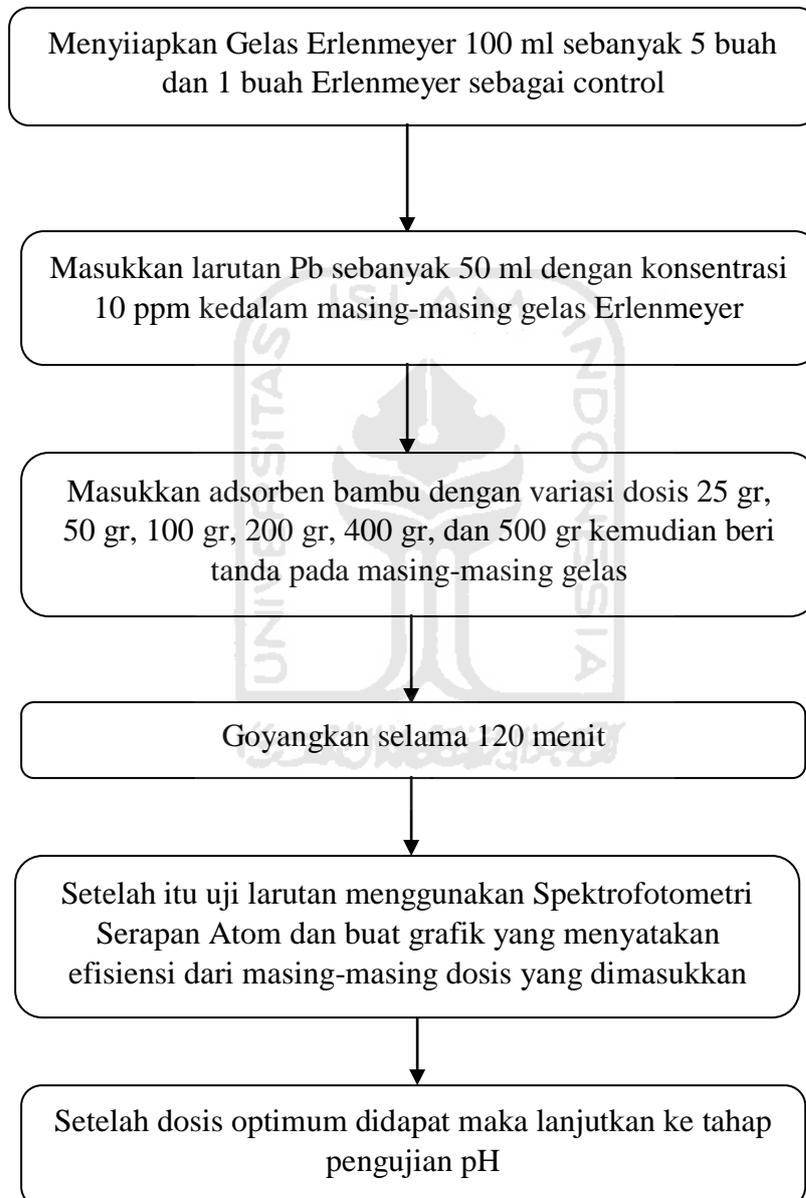
Bahan yang telah disiapkan dapat langsung digunakan untuk membuat adsorbent, jenis asam yang digunakan sebagai aktivator disini digunakan asam sitrat dengan konsentrasi 1 M. Adapun langkah yang dilakukan :



Gambar 3.4 Proses Aktivasi Pada Adsorbent

3.6.3 Menentukan Massa Optimum

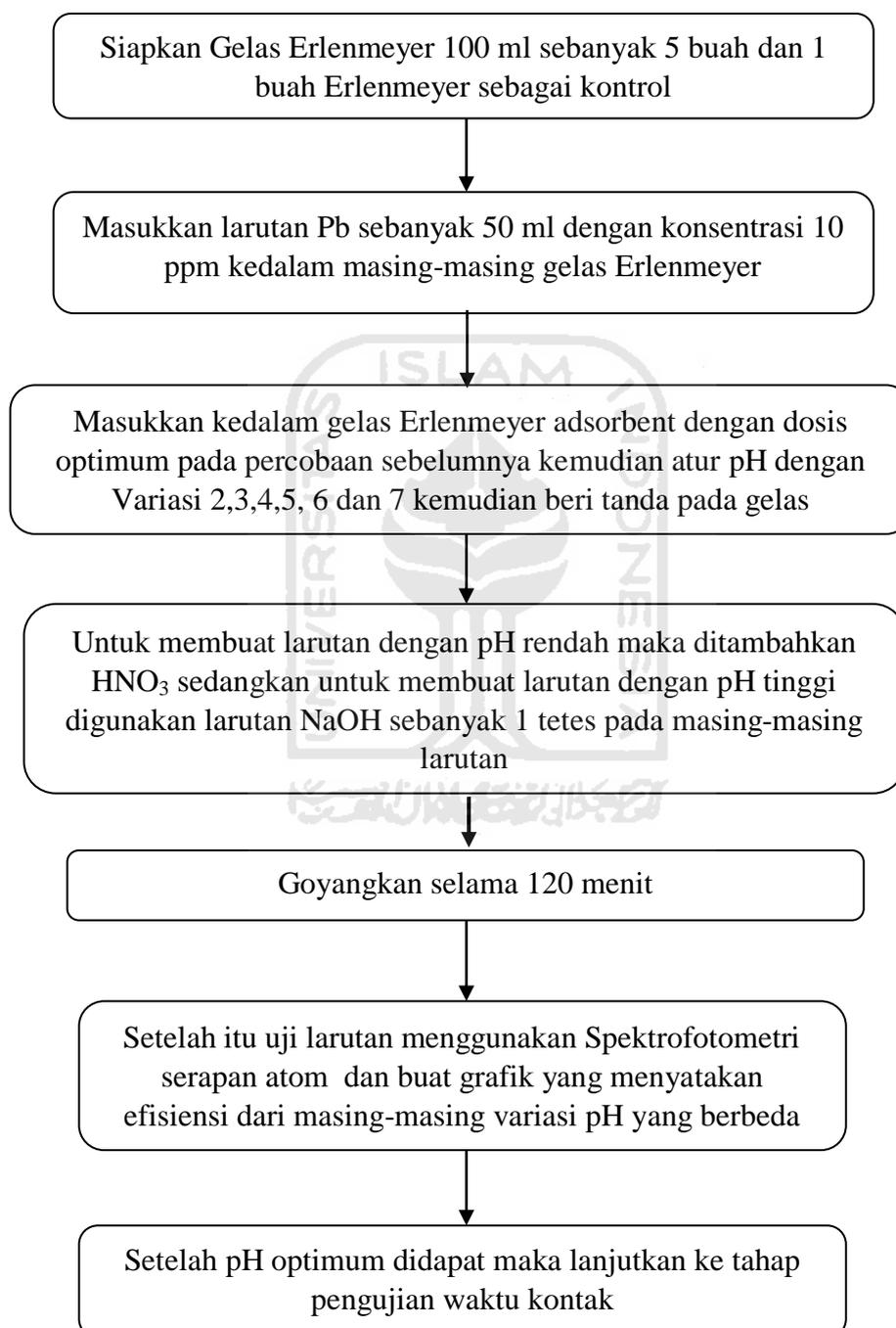
Dalam menentukan dosis optimum adsorben menggunakan kondisi dimana logam Timbal (Pb) dalam kondisi Equilibrium dengan pH 6, dan waktu kontak 120 menit. Adapun langkah pengujian sebagai berikut :



Gambar 3.5 Metode Pengujian Massa Optimum

3.6.4 Menentukan Ph Optimum

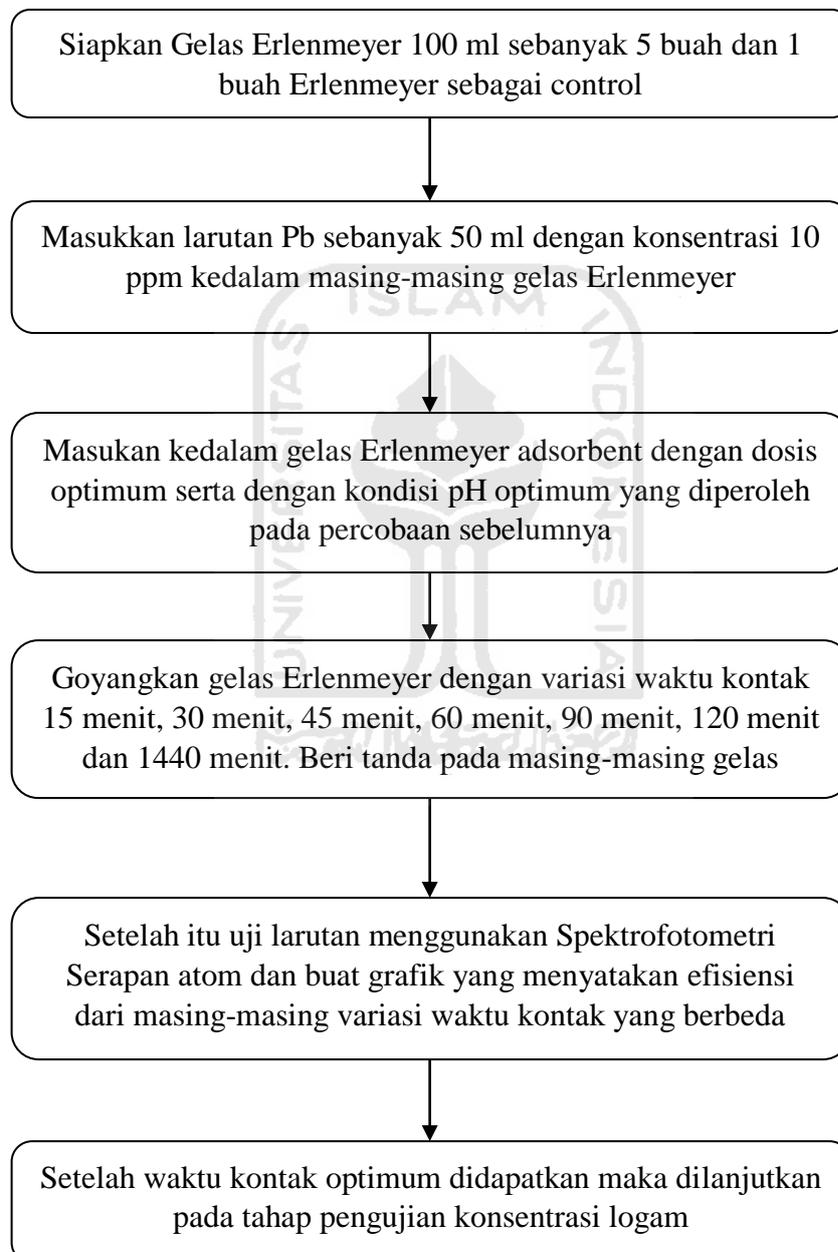
Setelah didapatkan massa adsorbent yang optimum maka data tersebut digunakan untuk menentukan pH optimum seperti pada tahap berikut ini :



Gambar 3.6 Metode Pengujian pH Optimum

3.6.5 Menentukan Waktu Kontak Optimum

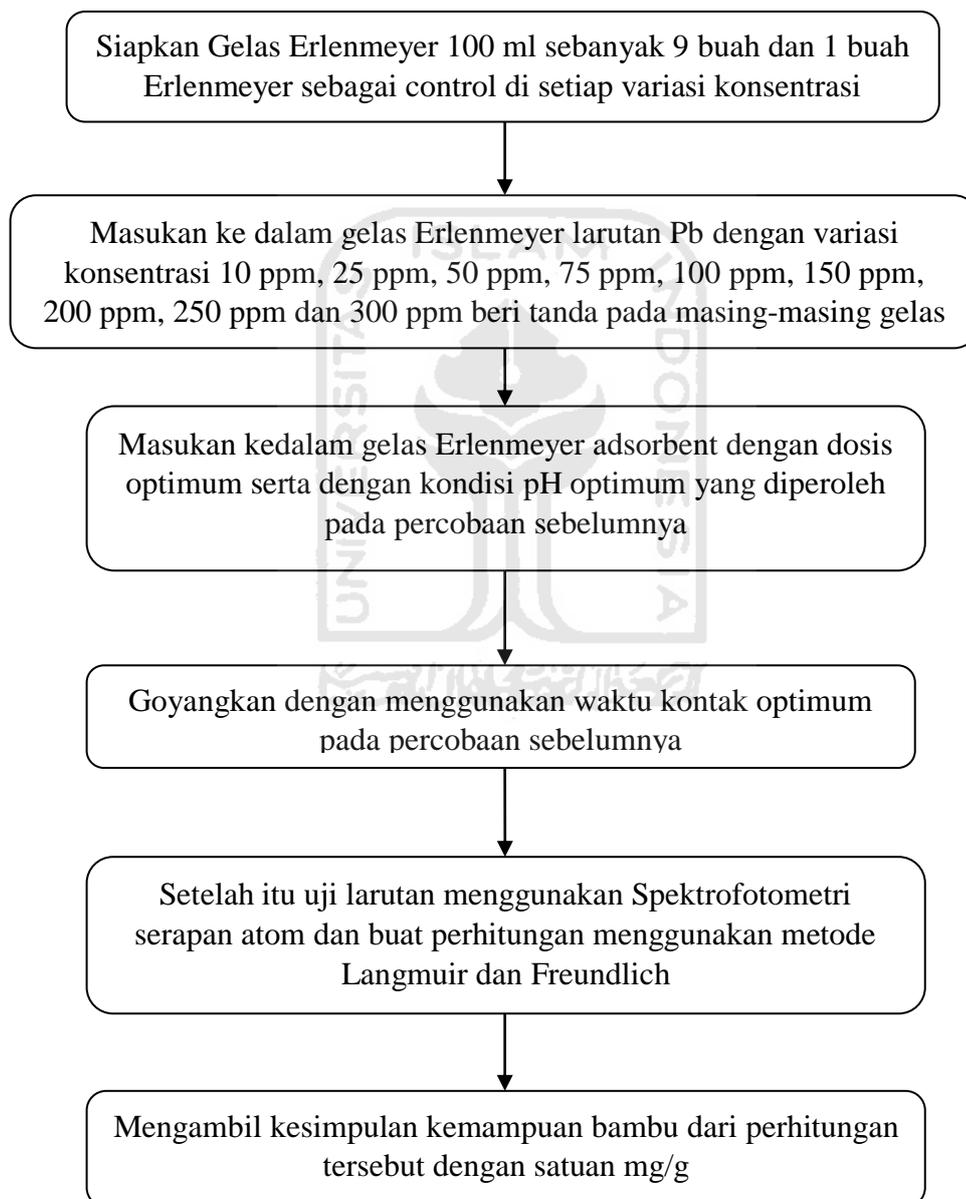
Setelah massa adsorbent optimum serta pH larutan optimum, maka dilanjutkan dengan meneliti waktu kontak optimum larutan dengan adsorbent seperti langkah berikut :



Gambar 3.7 Metode Pengujian Waktu Kontak Optimum

3.6.6 Menentukan Efisiensi Kemampuan Adsorpsi dengan Variasi Konsentrasi Pb

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



Gambar 3.8 Metode Pengujian Efisiensi Adsorbent

3.7 Metode Analisis Data

Data yang akan diperoleh akan dianalisis menggunakan metode Isoterm Langmuir dan Isoterm Freundlich adapun tahapan-tahapan yang digunakan dalam metode tersebut antara lain :

3.7.1 Metode Freundlich

Adsorpsi zat terlarut (dari suatu larutan) pada padatan adsorben merupakan hal yang penting. Pendekatan isoterm adsorpsi yang cukup memuaskan dijelaskan oleh H. Freundlich. Menurut Freundlich, jika y adalah berat zat terlarut per gram adsorben dan c adalah konsentrasi zat terlarut dalam larutan. Dari konsep tersebut dapat diturunkan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \checkmark \quad X_m / m &= k \cdot C^{1/n} \\ \checkmark \quad \text{Log} (X_m / m) &= \text{log} k + 1/n \cdot \text{log} C \end{aligned}$$

dimana:

X_m = berat zat yang diadsorpsi

m = berat adsorben (zeolit)

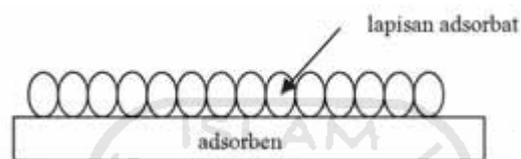
C = konsentrasi zat

Kemudian k dan n adalah konstanta adsorpsi yang nilainya bergantung pada jenis adsorben dan suhu adsorpsi. Bila dibuat kurva $\text{log} (X_m / m)$ terhadap $\text{log} C$ akan diperoleh persamaan linear dengan intersep $\text{log} k$ dan kemiringan $1/n$, sehingga nilai k dan n dapat dihitung.

3.7.2 Metode Langmuir

Pada tahun 1918, Langmuir menurunkan teori isoterm adsorpsi dengan menggunakan model sederhana berupa padatan yang mengadsorpsi gas pada permukaannya. Model ini mendefinisikan bahwa kapasitas adsorpsi maksimum terjadi akibat adanya lapisan tunggal (*monolayer*) adsorbat di permukaan adsorben. Pendekatan Langmuir meliputi lima asumsi mutlak, yaitu:

- ✓ Gas yang teradsorpsi berkelakuan ideal dalam fasa uap.
- ✓ Gas yang teradsorpsi dibatasi sampai lapisan *monolayer*.
- ✓ Permukaan adsorbat homogen, artinya afinitas setiap kedudukan ikatan untuk molekul gas sama.
- ✓ Tidak ada antaraksi lateral antar molekul adsorbat.
- ✓ Molekul gas yang teradsorpsi terlokalisasi artinya mereka tidak bergerak pada permukaan.



Gambar 3.9 Proses Adsorpsi Pada Persamaan Langmuir

Dimana persamaan Langmuir ditulis sebagai berikut :

$$X_m / m = a \cdot C \quad (4)$$

$$1 + b \cdot c$$

$$m \cdot c / X_m = 1/a + (b/a) \cdot C \quad (5)$$

Dengan membuat kurva $m \cdot c / X_m$ terhadap C akan diperoleh persamaan linear dengan intersep $1/a$ dan kemiringan (b/a) , sehingga nilai a dan b dapat dihitung, dari besar kecilnya nilai a dan b menunjukkan daya adsorpsi.

3.7.3 Karakterisasi Adsorben

Karakterisasi adsorben menggunakan alat *spektrofotometer Fourier Transform Infra Red* (FTIR) dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Gugus fungsi yang akan diidentifikasi dari adsorben menggunakan *spektrofotometer Fourier Transform Infra Red* (FTIR). FTIR akan menunjukkan gelombang gugus fungsi pada adsorben yang digunakan saat penelitian sedangkan untuk mengetahui morfologi dari permukaan adsorben diteliti menggunakan SEM.

3.7.4 Pengukuran dengan Spektrofotometri UV Vis

Setelah diperoleh adsorbent yang teraktivasi maka langkah berikutnya adalah pengukuran dengan peralatan UV Vis untuk melakukan analisis ion Pb dalam larutan. Dalam penyiapan UV Vis ini salah satunya adalah pembuatan larutan ion logam Pb dalam berbagai konsentrasi yaitu konsentrasi 10 ppm, 25 ppm, 50 ppm, 75 ppm, 100 ppm, 150 ppm, 200 ppm, 250 ppm, dan 300 ppm. sebanyak 9 buah larutan. Kemudian larutan tersebut masing-masing dianalisis dengan UV Vis sehingga diperoleh puncak-puncak data. Masing-masing larutan tersebut ditambahkan dengan adsorbent sebanyak nilai dari data dosis optimum dan diaduk dengan *stirer* selama waktu optimum yang telah didapat sebelumnya, kemudian disaring dan filtrat yang diperoleh diukur dengan alat UV Vis model, hasil pengukuran dalam satuan mg/L (ppm).

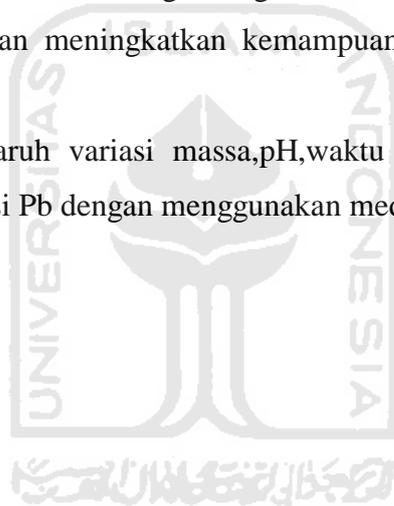
3.7.5 Pembuatan Grafik

Setelah dilakukan proses penyiapan bahan baku dengan mengukur larutan ion Pb hasil adsorpsi oleh zeolit maka dilakukan perhitungan dan memplotkan pada grafik dan akan diperoleh puncak-puncak data. Dari gambar grafik tersebut selanjutnya diperoleh garis ekstrapolasi berupa garis lurus dengan persamaan Freundlich dan Langmuir. Persamaan garis dihitung dengan menggunakan program Microsoft Excel sehingga diperoleh persamaan dengan *margin* penyimpangan pada angka tertentu yang dihitung berdasarkan dua persamaan yaitu Freundlich dan Langmuir.

3.8 Hipotesis Penelitian

Hipotesis penelitian meliputi antara lain :

1. Diduga persentase penyerapan logam Pb dengan menggunakan media bambu cukup tinggi karena memiliki beberapa kandungan gugus fungsi seperti karboksil dan hidroksil yang bisa menyerap logam Pb.
2. Diduga perbandingan kemampuan penyerapan media bambu tanpa aktivasi dengan media bambu aktivasi asam sitrat, cukup baik menggunakan media bambu aktivasi asam sitrat karena memiliki gugus fungsi karboksil dan hidroksil seperti gugus milik selulosa pada bambu yang sama-sama dapat digunakan untuk berinteraksi dengan logam Pb sehingga proses aktivasi dengan asam sitrat akan meningkatkan kemampuan adsorpsi media bambu teraktivasi.
3. Diduga terdapat pengaruh variasi massa, pH, waktu kontak dan konsentrasi logam terhadap adsorpsi Pb dengan menggunakan media bambu.



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Penjelasan Umum

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui apakah bambu dapat digunakan sebagai bahan baku adsorben serta pengaruh dari perbandingan bambu tanpa aktivasi dengan aktivasi asam sitrat terhadap luas permukaan adsorben yang dihasilkan dan penelitian ini juga akan dijadikan sebuah adsorben untuk menyerap logam berat seperti logam timbal (Pb) buatan (sintetis), tidak menggunakan air limbah langsung dari perairan, karena air limbah langsung mengandung bermacam – macam logam berat lain yang dapat mengurangi kemampuan adsorben dalam menyerap logam Pb. Konsentrasi Pb yang digunakan pada penentuan massa, pH, dan waktu hanya sebesar 10 ppm untuk menentukan keadaan optimum penyerapan. Metode dalam penelitian ini menggunakan metode Isoterm Langmuir dan Isoterm Freundlich serta menggunakan alat *spektrofotometer Fourier Transform Infra Red (FTIR)*, *Scanning Electron Microscopy (SEM)* dan *Atomic Absorption Spectrophotometri (AAS)*. FTIR akan menunjukkan gelombang gugus fungsi pada adsorben yang digunakan saat penelitian sedangkan untuk mengetahui morfologi dari permukaan adsorben diteliti menggunakan SEM.

Penelitian ini akan dimulai dari proses persiapan bahan yang mana bahan adsorben yang berasal dari bambu tidak dapat langsung digunakan begitu saja sehingga diperlukan untuk dibersihkan terlebih dahulu dari pengotor yang berada pada bambu tersebut. Proses pembersihannya mencakup pencucian hingga dijemur dibawah terik matahari agar mengurangi kadar air. Setelah semua proses tersebut maka bahan adsorbent akan disaring dan akan digunakan dua perlakuan yang berbeda, yang pertama akan dilakukan aktivasi menggunakan asam sitrat dan perlakuan kedua hanya akan dikurangi kadar airnya (dioven) tanpa diaktivasi dengan menggunakan asam sitrat untuk mengetahui perubahan yang terjadi pada daya serap adsorbent.

Pengujian akan menggunakan volume larutan logam Pb sebesar 50 ml, waktu pengadukan 120 menit, kecepatan pengadukan 150 rpm, derajat keasaman (pH) 6 dan pada suhu ruangan, pengadukan untuk kontak antara adsorben dengan larutan logam Pb menggunakan alat magnetic stirer, setelah proses diperlakukan dengan massa, kondisi pH dan waktu berdasarkan variabel yang sudah ditentukan, maka untuk mengetahui pengurangan konsentrasi logam Pb yang terserap didalam adsorben setelah proses pengadukan menggunakan spektrofotometri serapan atom yang berdasarkan SNI 6989.8:2009.

Pada tahap akhir dari penelitian ini, hasil penelitian dari variabel massa optimum adsorbent, pH optimum, waktu kontak optimum dengan kondisi suhu ruangan 25⁰C akan digunakan sebagai kondisi saat melakukan percobaan dengan variasi konsentrasi dari konsentrasi rendah ke konsentrasi tinggi untuk mengetahui nilai kemampuan penyerapan maksimum yang bisa dilakukan oleh adsorbent.

4.2 Persiapan Adsorben Bambu

Pada tahap persiapan bahan adsorben yang berasal dari bambu, dimulai pembersihan bambu dengan pencucian menggunakan air biasa dahulu, pencucian dilakukan dengan cara direndam dan mengusap di bagian bambu menggunakan kain baju yang sudah tidak terpakai lagi untuk membuat bambu terkena air secara merata.



Gambar 4.1 Proses Pencucian Bambu

Setelah proses pencucian bambu, maka proses selanjutnya adalah penjemuran bambu dibawah sinar matahari selama kurang lebih 3 hari agar mempermudah proses penyerutan bambu dan penghalusan bambu (blender).



Gambar 4.2 Bambu Telah Dijemur 3 Hari

Setelah bambu selesai dijemur, selanjutnya adalah proses penyerutan hal ini dikarenakan semakin kecil ukuran bambu maka semakin besar luas permukaan bambunya. Setelah penyerutan bambu, proses selanjutnya dehidrasi, dehidrasi adalah proses penghilangan kandungan air yang terdapat dalam bahan baku bambu dengan tujuan untuk menyempurnakan proses adsorben dengan cara memanaskannya dalam oven dengan suhu 100°C untuk memudahkan atau

mempercepat saat menggunakan blender untuk pencacahan dengan ukuran yang lebih kecil dan tipis. Berdasarkan penelitian untuk menguji sifat mekanika bambu menurut ISO 22157 (2004) kadar air bambu yang harus dihilangkan berkisar ± 12 % air didalam bambu tersebut (Mustafa,2010).



Gambar 4.3 proses penyerutan dan oven

Setelah selesai tahap tersebut, tahap selanjutnya adalah proses pencacahan dan penggerusan menggunakan blender untuk mempercepat pencacahan, namun ada juga dengan menggunakan penggerusan manual, setelah selesai dicacah maka bambu tadi disaring menggunakan saringan dengan ukuran 100 mesh. diharapkan tujuan penggerusan dan penyaringan agar luas permukaan adsorben lebih besar. Dalam proses adsorpsi salah satu faktor yang dapat mempengaruhi penyerapan logam oleh adsorbent adalah besarnya nilai luas permukaan karena ion logam akan terjebak pada pori – pori permukaan adsorbent, sehingga luas permukaan total adsorbent akan berbanding lurus dengan kemampuan dari penyerapan . Pada tahap ini adsorben dihancurkan menggunakan blender (Gambar 4.4), setelah halus maka adsorbent akan disaring lagi menggunakan filter dengan ukuran 100 mesh seperti yang tertera pada (Gambar 4.5). sehingga diperoleh bahan yang telah siap digunakan sebagai adsorbent.



Gambar 4.4 Proses Penghalusan Bambu (blender)



Gambar 4.5 Proses Penyaringan filter 100 mesh



Gambar 4.6 Bahan adsorben bambu siap digunakan

4.3 Aktivasi Adsorben Bambu

Pada tahap ini, adsorben yang telah dibersihkan dan dihaluskan akan diaktivasi dengan menggunakan asam sitrat 1 M. Adsorbent yang akan diaktivasi terlebih dahulu direndam didalam larutan asam sitrat selama 24 jam kemudian dicuci dengan menggunakan aquades hingga pH mendekati netral (7). Proses netralisasi bertujuan untuk menghindari terjadinya pengendapan dan korosi yang bisa menyebabkan kualitas adsorben berkurang pada saat penyerapan logam Pb tersebut.



Gambar 4.7 Proses Aktivasi Dengan Asam Sitrat 1 M



Gambar 4.8 Pengujian pH Adsorbent Saat Diasamkan

Menurut Sherly (2014) aktivasi adsorben dengan asam paling umum dilakukan terbukti sangat efektif dalam meningkatkan kapasitas penyerapan oleh adsorben. Aktivasi dengan asam sitrat diharapkan dapat menambah gugus fungsi yang dapat mengikat ion-ion yang terdapat didalam logam sehingga kemampuan penyerapanpun meningkat. Setelah proses aktivasi dengan merendam adsorben bambu pada larutan asam sitrat 1M selama 24 jam dan dilakukan proses netralisasi maka adsorbent dapat langsung dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 100 °C selama 24 jam agar kadar air didalam adsorbent dapat hilang.



Gambar 4.9 Adsorbent Setelah Di Oven

4.4 Adsorben Bambu Tanpa Aktivasi

Pada penelitian ini selain menggunakan adsorbent dengan aktivasi asam sitrat juga digunakan adsorbent tanpa menggunakan aktivasi asam sitrat. Hal ini bertujuan untuk melakukan perbandingan sejauh mana perubahan yang terjadi didalam gugus fungsi dari adsorbent tersebut apakah akan dapat meningkatkan kemampuan penyerapan atau tidak. Berbeda dengan adsorbent yang telah diaktivasi, adsorbent tanpa aktivasi atau alami ini tidak perlu dilakukan aktivasi karena nilai pH dari adsorbent nya sudah mendekati nilai netral (pH 7), sehingga dapat langsung dioven untuk menghilangkan kadar airnya (Gambar 4.10).



Gambar 4.10 Nilai pH Dari Adsorbent Non Aktivasi dan Adsorben Yang Telah Di Oven

4.5 Karakterisasi Adsorbent

Pada penelitian ini, karakterisasi dilakukan dengan menggunakan alat berupa *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) atau spektroskopi infra merah yang bertujuan untuk mengidentifikasi senyawa, menentukan struktur molekul, mengetahui kemurnian, dan mempelajari reaksi yang sedang berjalan serta menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) atau mikroskop electron yang menggunakan berkas electron untuk menggambarkan bentuk permukaan dari material yang dianalisis.

4.5.1 Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)

Penggunaan alat Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) bertujuan untuk mengetahui gugus fungsi dari adsorbent yang akan digunakan dalam penelitian, Bambu yang digunakan sebagai adsorben, dengan mengetahui gugus fungsi dari nilai selulosa yang terdapat dalam adsorben maka akan diketahui seberapa besar perbedaan yang akan terjadi jika adsorben diaktivasi dengan asam sitrat atau tidak diaktivasi dari sudut pandang gugus fungsinya, dianalisis dengan menggunakan FTIR, kemudian dibandingkan perbedaan untuk mengetahui gugus fungsi apa yang terlibat dalam proses adsorpsi ion logam Pb.

Hasil dari penelitian gugus fungsi menggunakan FTIR untuk adsorben yang diaktivasi dengan asam sitrat dan tanpa aktivasi dapat dilihat pada Gambar 4.11 dan Tabel 4.1. Berdasarkan analisis FTIR yang dilakukan, spektra menunjukkan bahwa puncak adsorben tanpa aktivasi dan setelah aktivasi dengan asam sitrat sama-sama menunjukkan keberadaan gugus fungsi karboksilat dan hidroksil hal tersebut, menunjukkan bahwa gugus fungsi yang terdapat pada asam sitrat sama seperti gugus fungsi yang terdapat pada bambu.

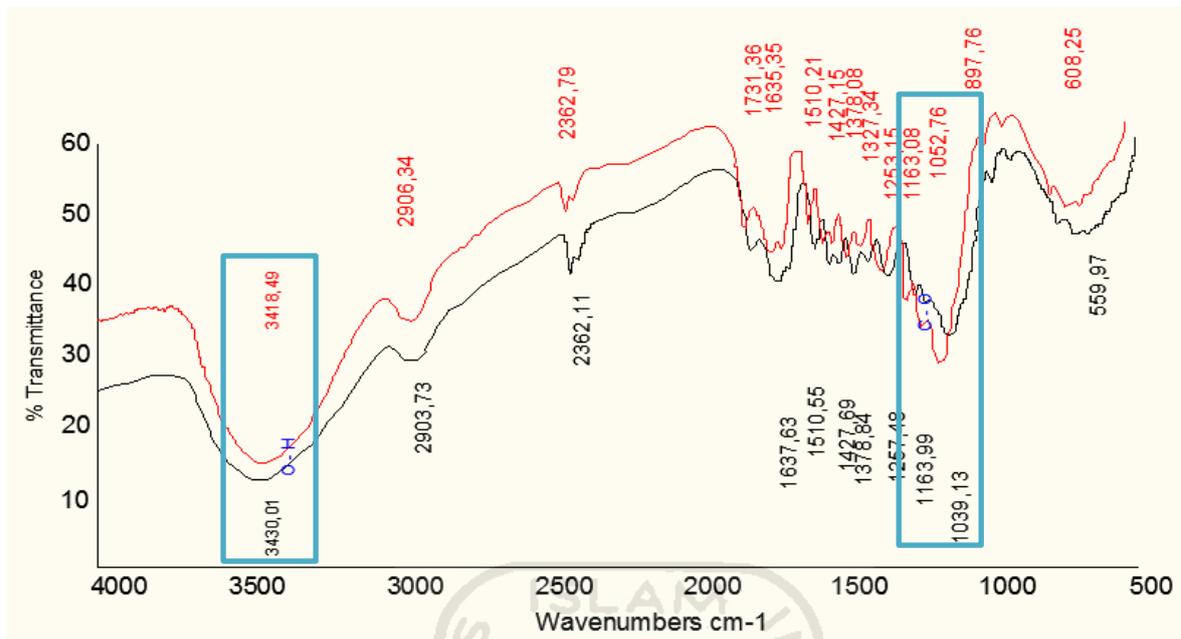
Tabel 4.1 Gugus Fungsi

Jenis Adsorbent	Frekuensi (cm ⁻¹)	Senyawa	Gugus Fungsi
Adsorbent Tanpa Aktivasi	3418,49	Asam Karboksilat	O-H
	1052,76	Asam Karboksilat	C-O
	2906,34	Asam Karboksilat	O-H
	1163,08	Asam Karboksilat	C-O
	1253,15	Asam Karboksilat	C-O
	1731,36	Ester	C=O
	2362,79	Ester	>CO
Adsorbent Aktivasi	3430,01	Asam Karboksilat	O-H
	2903,73	Asam Karboksilat	O-H
	1039,13	Asam Karboksilat	C-O
	1163,99	Asam Karboksilat	C-O
	1637,63	Amide	C=O
	1257,48	Asam Karboksilat	C-O
	2362,11	Ester	>CO

Hasil dari uji FTIR ini memfokuskan pada keberadaan selulosa dalam biosorben yang berperan dalam penyerapan logam berat timbal (Pb). Menurut (Ibbet,2006 dan Herwanto,2006) selulosa memiliki gugus fungsi yang dapat melakukan pengikatan dengan ion logam yaitu gugus karbonil (C-O) dan Hidroksil (O-H).

Asam karboksilat mengandung gugus karbonil dan gugus hidroksil. Walaupun gugus karboksilat merupakan gabungan gugus karbonil dan gugus hidroksil, tetapi sifat-sifat gugus tersebut tidak muncul dalam asam karboksilat karena menjadi satu kesatuan dengan ciri tersendiri. Ester adalah turunan dari asam karboksilat dengan mengganti gugus hidroksil oleh gugus alkoksi dari alkohol. Terjadinya adsorpsi logam Pb pada bambu karena logam berat Pb berinteraksi dengan bambu sehingga membentuk ikatan kimia. Ikatan kimia antara logam Pb dengan bambu terjadi karena dalam bambu mengandung selulosa. Keberadaan gugus hidroksil dan karboksil milik selulosa, menjadikan bambu (yang mengandung selulosa) sebagai polisakarida yang reaktif untuk adsorpsi dan dapat berinteraksi dengan adsorbat yang bermuatan positif. Mekanisme serapan yang terjadi adalah gugus O-H dan C-O bermuatan negatif sedangkan logam bermuatan positif maka akan terjadi tarik menarik antara gugus dengan logam yang akan diserap.

Cara yang dapat digunakan untuk menentukan jenis senyawa yang didapat dari hasil FTIR adalah dengan menggunakan Tabel korelasi pada Lampiran 7. Nilai frekuensi yang diperoleh dicocokkan dengan rentang nilai pada tabel korelasi sehingga diperoleh jenis senyawa serta gugus fungsi dari adsorbent tersebut.



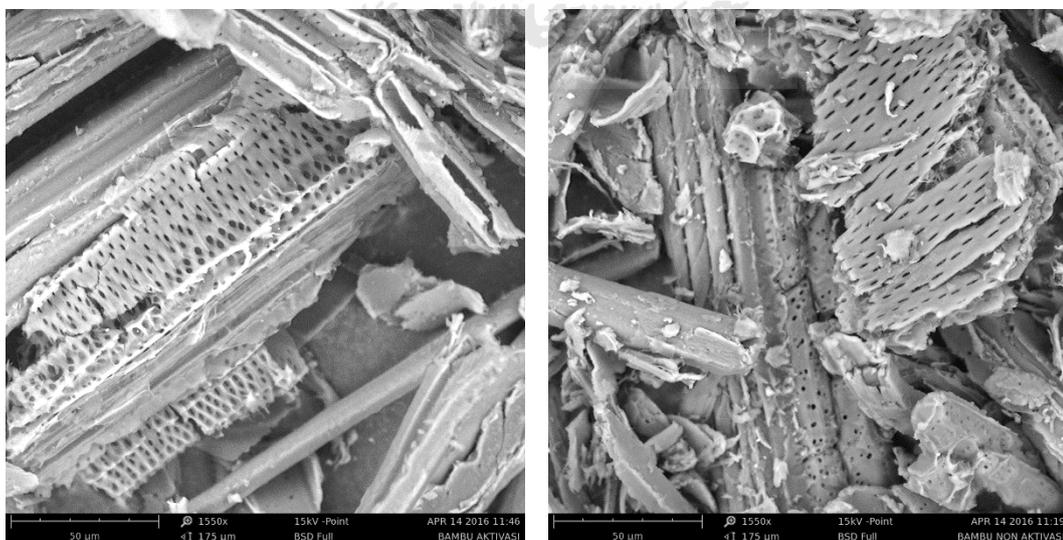
Gambar 4.11 Perbandingan Gugus Fungsi Adsorbent Tanpa Aktivasi (Merah) dan Aktivasi (Hitam) Grafik FTIR

Berdasarkan hasil uji menggunakan FTIR bisa di lihat perbandingan antara adsorben tanpa aktivasi dengan aktivasi. bahwa kedua spektra sama-sama menunjukkan adanya kedua gugus fungsi yang dapat digunakan untuk berinteraksi dengan logam. Peningkatan adsorpsi terjadi karena gugus fungsi dalam asam sitrat sama seperti pada selulosa sehingga dapat meningkatkan kapasitas adsorpsi.

4.5.2 Scanning Electron Microscope (SEM)

Scanning Electron Microscope (SEM) adalah salah-satu jenis mikroskop yang menggunakan berkas elektron untuk menggambarkan profil permukaan benda. Berkas elektron pada SEM ditembakkan pada permukaan benda dan melewati beberapa lensa elektromagnetik sehingga berkas tersebut akan memantul kembali atau menghasilkan elektron sekunder ke segala arah. Namun ada satu arah dimana berkas tersebut dipantulkan dengan intensitas tertinggi. Detektor yang terdapat di dalam SEM akan mendeteksi elektron dan menentukan lokasi benda ke dalam layar. jika semakin besar luas total permukaan maka adsorbent akan memiliki kemampuan penyerapan yang semakin baik karena besarnya jumlah ion logam yang dapat diikat dipermukaan adsorbent. Pengujian SEM dilakukan untuk melihat pola atau gambaran permukaan dari suatu sampel. Dari pengujian tersebut, gambaran permukaan pori-pori adsorben bambu dapat dilihat pada Gambar 4.12.

Pada pengujian ini, perbesaran pada mikroskop yang digunakan sebesar 1550x perbesaran. Pengujian dilakukan terhadap bambu aktivasi dan tanpa aktivasi yang akan digunakan didalam uji SEM.



Gambar 4.12 Adsorbent Aktivasi Perbesaran (Kiri) dan Tanpa Aktivasi (Kanan)
Pembesaran 1550x

Dari hasil gambar tersebut dapat diamati perbedaan antara adsorben bambu aktivasi dengan adsorben bambu. Perbesaran 1550 kali menunjukkan bahwa adsorben bambu dengan aktivasi memiliki pori-pori yang lebih banyak dibandingkan dengan adsorben bambu tanpa aktivasi. Selain itu, adsorben dengan aktivasi memiliki permukaan pori-pori yang lebih teratur dibandingkan dengan adsorben bambu yang tanpa aktivasi. Pengaruh utama aktivasi kimia tidak hanya menguapkan material non-karbon tapi cukup efektif dalam membentuk pori-pori yang cukup banyak dan teratur dipermukaan adsorben.

4.6 Pengujian Kemampuan Adsorpsi

Pada tahap ini, pengujian adsorben yang diaktivasi dan tanpa adanya aktivasi akan dilakukan menggunakan larutan Timbal (Pb) buatan. Pengujian sendiri akan dimulai dari variasi massa adsorbent, variasi pH larutan, variasi waktu kontak, dan variasi konsentrasi larutan uji. Pengujian nilai konsentrasi akan menggunakan Spektrofotometri UV-Vis serta menggunakan bahan aktivasi berupa larutan asam sitrat.

4.6.1. Pengujian Variasi Massa

Pengujian pengaruh massa adsorben menggunakan larutan 10 mg/L timbal (Pb) dalam kondisi equilibrium pada derajat keasamaan (pH) 6, kecepatan pengadukan 150 rpm dan waktu kontak 120 menit. Langkah pertama bambu tanpa aktivasi dan aktivasi yang siap digunakan ditimbang dan dimasukkan ke dalam 10 buah Erlenmeyer yang masing-masing berisi 50 ml larutan 10 mg/L timbal (Pb). Massa yang dimasukkan sesuai dengan variabel bebas yaitu 25, 50, 100, 200, 400 dan 500 mg ke dalam erlenmeyer. Metode yang digunakan adalah sistem batch, Pengadukan menggunakan *magnetic stirrer* selama 120 menit. Kemudian menguji larutan menggunakan AAS. Sebelum diuji menggunakan AAS, larutan yang akan diuji harus diatur terlebih dahulu pH nya agar sesuai dengan kondisi Equilibriumnya dan untuk menurunkan pH ke kondisi asam digunakan larutan asam HNO_3 0,1 N, saat proses pengadukan harus dilakukan pengecekan pH setiap 30 menit atau setiap 1 jam sekali agar dapat menghindari kondisi pH yang

mungkin bisa saja berubah yang dapat mempengaruhi hasil akhir dari proses adsorpsi tersebut. Setelah selesai proses pengadukan, larutan akan disaring menggunakan kertas saring untuk memisahkan larutan dengan adsorbent yang digunakan.

Dalam Penelitian variabel massa, ph, waktu adsorbent, ada penambahan satu sampel tanpa adanya penambahan adsorbent didalam larutan yang akan menjadi kontrol, kondisi sampel yang menjadi kontrol haruslah memiliki kondisi yang sama dengan larutan yang diuji seperti pH larutan yang sama, volume larutan yang sama, konsentrasi, serta waktu kontak yang sama. Hal ini bertujuan untuk mengetahui apakah akan terjadi proses pengendapan logam yang akan terjadi akibat adanya proses kimiawi saat kondisi Equilibrium, jika terjadi proses pengendapan yang sangat besar maka hal tersebut akan sangat mempengaruhi hasil yang akan diuji nantinya artinya proses adsorpsi yang semestinya dilakukan oleh adsorbent pada kondisi tersebut jadi tidak bisa terhitung maksimal sebab telah banyak konsentrasi logam yang disisihkan oleh proses kimiawi.

Tabel 4.2 Hasil Uji Adsorpsi Massa Adsorbent Aktivasi

Massa	Konsentrasi Awal (C0)	Konsentrasi Akhir (C)	Persentase Removal (%)	pH Awal	pH Akhir
25	10,09	2,81	72,15	6	6,1
50	10,09	0,00	100,00	6,2	6,05
100	10,09	0,00	100,00	6,1	6,31
200	10,09	0,00	100,00	6,2	6,1
400	10,09	0,00	100,00	6,2	6,09
500	10,09	0,00	100,00	6	6,02
Kontrol pH 6		7,85	22,20	6,07	6,07
Inlet	10,09			6,01	6,01

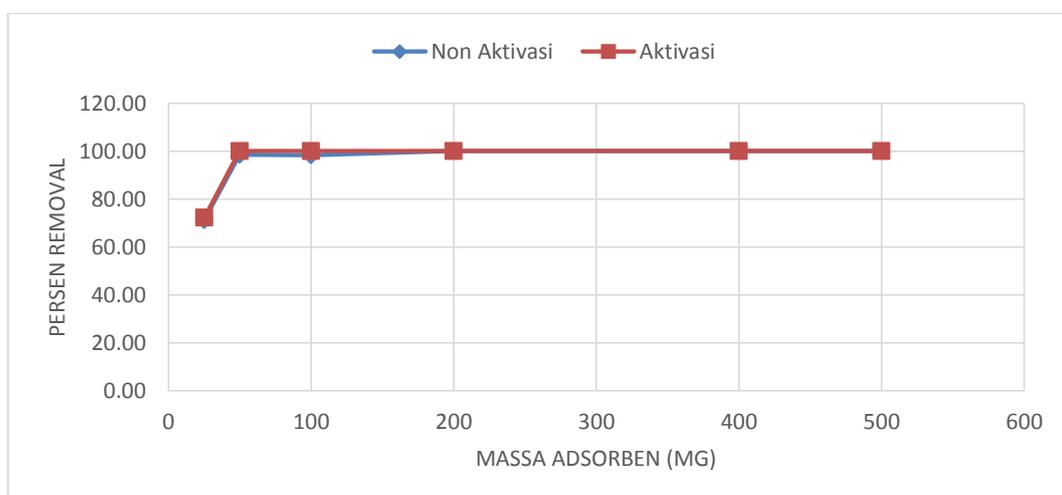
Sumber : Data primer, 2016

Tabel 4.3 Hasil Uji Adsorpsi Massa Adsorben Tanpa Aktivasi

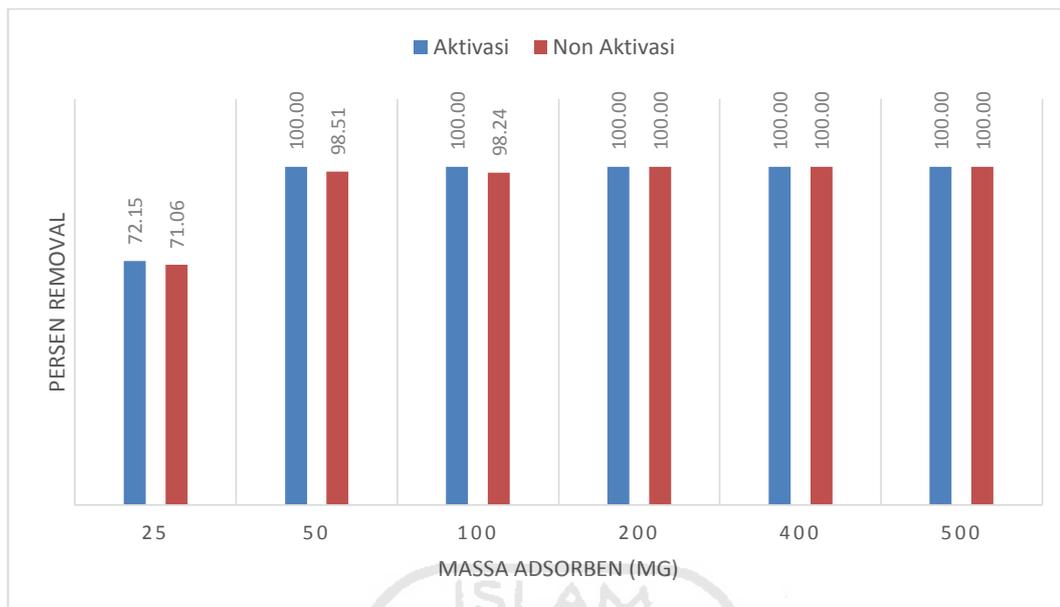
Massa	Konsentrasi Awal (C0)	Konsentrasi Akhir (C)	Persentase Removal (%)	pH Awal	pH Akhir
25	10,09	2,92	71,06	6,2	6,1
50	10,09	0,15	98,51	6,4	6
100	10,09	0,00	100,00	6	6,04
200	10,09	0,00	100,00	6,04	5,9
400	10,09	0,00	100,00	6,03	6
500	10,09	0,00	100,00	6,03	6,12
Kontrol pH 6		7,85	22,20	6,07	6,07
Inlet	10,09			6,01	6,01

Sumber : Data primer, 2016

Dari data tersebut terlihat peningkatan yang signifikan dan teratur jika dibuat dalam bentuk grafik. Dari segi jumlah konsentrasi yang mampu diserap, kemampuan penyerapan adsorbent yang berasal dari bahan aktivasi menggunakan asam sitrat memiliki kemampuan yang lebih bagus jika dibandingkan dengan yang tanpa aktivasi, hal ini bisa saja terjadi karena bahan yang berasal dari bahan organik tanpa aktivasi tidak banyak menghasilkan gugus fungsi baru sehingga hanya menyisihkan pengotornya saja dan tidak terlalu cocok dengan ion logam Timbal (Pb), adapun jika dilihat kedalam grafik nampak jelas bahwa adsorbent aktivasi memiliki persen penyisihan lebih besar dalam setiap variasi massa yang diuji coba seperti Gambar 4.13 dan Gambar 4.14 :



Gambar 4.13 Grafik Data Hasil Uji Variasi Massa Adsorbent (Kondisi Saat Percobaan : Volume Larutan Uji 50 ml, pH 6 , dan Waktu Kontak 2 jam)



Gambar 4.14 Data Hasil Uji Variasi Massa Adsorbent (Kondisi Saat Percobaan : Volume Larutan Uji 50 ml, pH 6 , dan Waktu Kontak 2 jam)

Dari hasil penelitian variasi massa, sampel yang menjadi kontrol (dengan pH 6) hanya tereduksi sebesar 22,2 % saja dari total konsentrasi yang dihitung sehingga proses pengendapan secara kimiawi sangat berpengaruh terhadap hasil akhir percobaan karena nilai reduksinya yang besar dibandingkan dengan tanpa aktivasi. Diambil kesimpulan bahwa kemampuan adsorbent dengan aktivasi asam lebih baik jika dibandingkan yang tanpa aktivasi, jika dilakukan perbandingan antara massa 50 mg aktivasi dengan massa 50 mg tanpa aktivasi sudah mencapai massa optimum sebesar 100 % dan tanpa aktivasi 98,51 % ,Oleh karena itu, pada penelitian variabel selanjutnya hanya digunakan dengan massa optimum 50 mg.

4.6.2. Pengujian Variasi pH

Percobaan pada variasi pH larutan akan menggunakan data hasil percobaan variasi massa, data massa optimum yang didapat dari variasi massa didapat sebesar 50 mg adsorbent aktivasi dan tanpa aktivasi. Pada percobaan ini, waktu kontak dan konsentrasi larutan yang digunakan tetap sama seperti sebelumnya yaitu waktu 2 jam dan konsentrasi 10 ppm hanya saja dengan pH larutan yang berbeda.

Variasi pH larutan yang digunakan pada percobaan ini sebesar pH 2,3,4,5,6 dan 7 serta 1 sampel sebagai kontrol. Sampel kontrol akan digunakan pH 2 konsentrasi larutan 10 ppm, dan waktu kontak 2 jam dengan magnetic stirrer tanpa ada penambahan adsorbent untuk melihat apakah terjadi proses pengendapan secara kimiawi saat pH larutan mendekati netral. Dalam mengatur pH larutan digunakan larutan HNO₃ untuk menurunkan ke pH rendah dan NaOH untuk menaikkan pH larutan.

Setelah selesai proses pengadukan, larutan disaring menggunakan kertas saring untuk memisahkan larutan dengan adsorbent yang digunakan. Sebelum diuji menggunakan UV-Vis maka larutan akan ditambahkan larutan HNO₃. Data yang diperoleh dari hasil pengujian Spektrofotometri UV-Vis dari variasi pH larutan dapat dilihat pada Tabel 4.4 dan Tabel 4.5

Tabel 4.4 Hasil Uji Variasi pH Adsorpsi Timbal (Pb) Menggunakan Adsorbent Tanpa Aktivasi

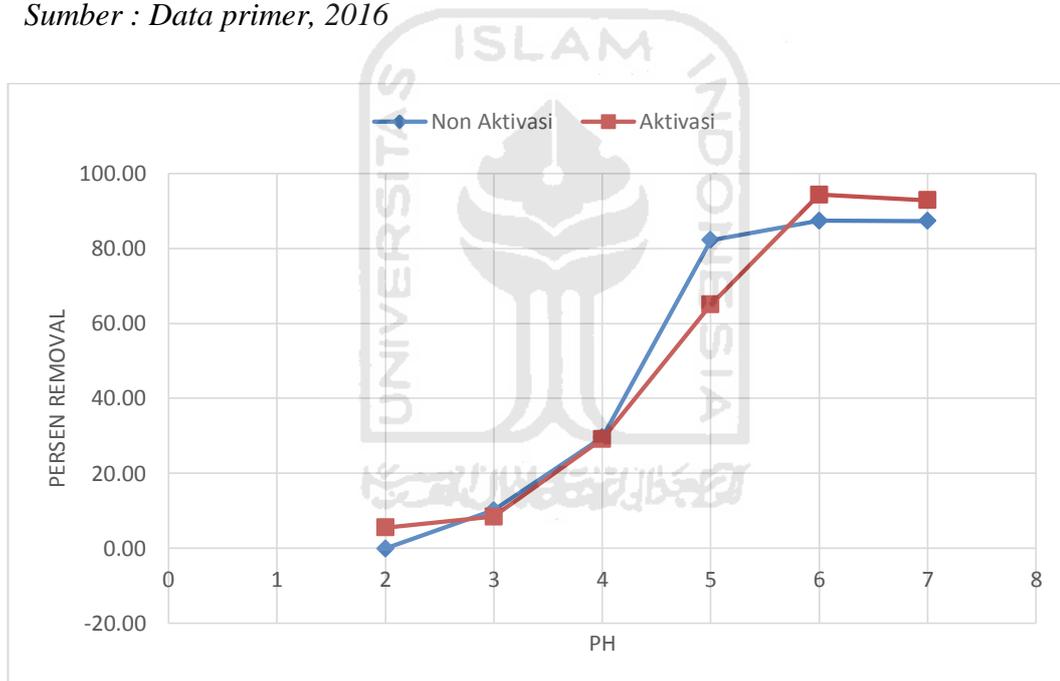
PH	Konsentrasi Awal (C ₀)	Konsentrasi Akhir (C)	Persentase Removal (%)	PH Awal	PH Akhir
2	12,04	12,05	-0,06	2,24	2,12
3	12,04	10,82	10,16	3,09	3
4	12,04	8,48	29,57	4,23	4,14
5	12,04	2,14	82,23	5,21	5,26
6	12,04	1,52	87,38	6,12	6
7	12,04	1,53	87,30	7,11	7
Kontrol Ph 2		11,04	8,30	2,24	2,23
Inlet	12,04			5,09	5,09

Sumber : Data primer, 2016

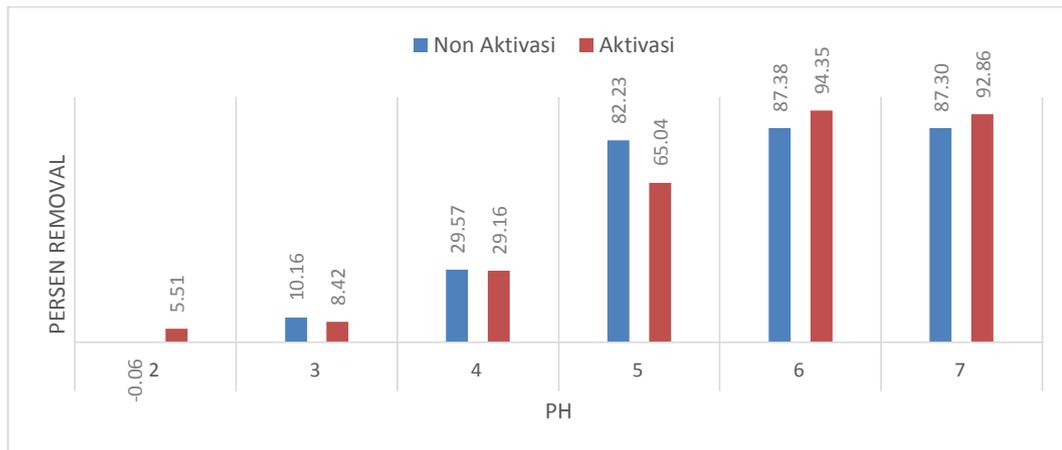
Tabel 4.5 Hasil Uji Variasi pH Adsorpsi Timbal (Pb) Menggunakan Adsorben Aktivasi

PH	Konsentrasi Awal (C0)	Konsentrasi Akhir (C)	Persentase Removal (%)	PH Awal	PH Akhir
2	12,04	11,38	5,51	2,15	2,17
3	12,04	11,03	8,42	3,1	3,09
4	12,04	8,53	29,16	4,07	4,05
5	12,04	4,21	65,04	5	5,09
6	12,04	0,68	94,35	6,03	6,05
7	12,04	0,86	92,86	7,02	7,03
Kontrol Ph 2		11,04	8,30	2,24	2,23
Inlet	12,04			5,09	5,09

Sumber : Data primer, 2016



Gambar 4.17 Grafik Data Hasil Uji Variasi PH Adsorbent (Kondisi Saat Percobaan : Volume Larutan Uji 50 ml, Massa Adsorben 50 mg dan Waktu Kontak 2 jam)



Gambar 4.18 Data Hasil Uji Variasi PH Adsorbent (Kondisi Saat Percobaan Volume Larutan Uji 50 ml, Massa Adsorben 50 mg dan Waktu Kontak 2 jam)

Gambar 4.18 menunjukkan bahwa persentase penyisihan ion Pb yang diadsorpsi oleh bambu meningkat dengan semakin tinggi Ph yang digunakan. Adsorpsi pada Ph rendah biasanya menghasilkan persentase penyisihan ion Pb yang rendah. Hal ini terjadi karena pada Ph rendah, ion H⁺ bersaing dengan kation Pb²⁺ dalam pembentukan ikatan dengan gugus aktif adsorben (Pavasant, dkk., 2005).

Persentase penyisihan ion Pb yang diadsorpsi oleh bambu tanpa aktivasi pada Ph 2 adalah -0,06% dan untuk bambu teraktivasi sebesar 5,51%. Jumlah ini meningkat pada Ph 6 menjadi 87,38% untuk serbuk bambu tanpa aktivasi dan menjadi 94,35% juga untuk serbuk bambu teraktivasi. Jumlah ion logam Pb yang diserap serbuk bambu dengan aktivasi menurun pada Ph 7 sebesar 92,86% , sedangkan untuk serbuk bambu tanpa aktivasi mengalami penurunan juga pada Ph 7 sebesar 87,30%, hal ini disebabkan kemungkinan karena konsentrasi PbOH⁺ telah maksimal terserap adsorben pada Ph 5 – 6 (Julhim,2013). 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. Pengujian Variasi Waktu Kontak

Percobaan dengan variasi waktu kontak tidak jauh berbeda dengan penelitian sebelumnya, hanya saja kondisi saat percobaan menggunakan data dari penelitian sebelumnya yaitu massa optimum adsorbent sebesar 50 mg, pH optimum adsorben sebesar Ph 6. Uji waktu kontak dalam penelitian ini menggunakan kondisi larutan 10 mg/L timbal (Pb) diaduk dengan kecepatan pengadukan 150 rpm dan waktu kontak antara 15, 30, 45, 60, 90, 120 dan 1440 menit. Dari pengujian didapatkan hasil berupa data pengujian adsorpsi terhadap waktu pengadukan yang tertera pada Tabel 4.6 dan 4.7 .

Tabel 4.6 Hasil Uji Variasi Waktu Adsorpsi Timbal (Pb) Menggunakan Adsorben Tanpa Aktivasi

Waktu	Konsentrasi Awal (C0)	Konsentrasi Akhir (C)	Persentase Removal (%)	PH Awal	PH Akhir
15	12,38	2,15	82,63	6,03	6,08
30	12,38	1,94	84,35	6,08	6
45	12,38	1,62	86,91	6,06	6,02
60	12,38	1,93	84,40	6,03	6,03
90	12,38	1,97	84,09	6,03	6,01
120	12,38	1,4	88,69	6,04	6,03
1440	12,38	1,3	89,50	6,1	6,09
Kontrol Ph 2		8,55	30,92	6,04	6,07
Inlet	12,38			6,06	6,06

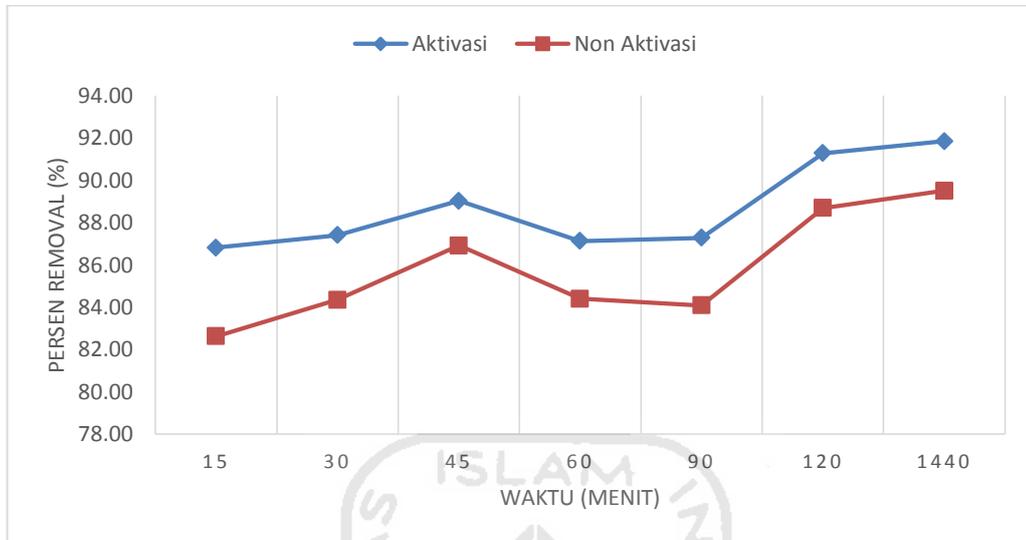
Sumber : Data primer, 2016

Tabel 4.7 Hasil Uji Variasi Waktu Adsorpsi Timbal (Pb) Menggunakan Adsorben Aktivasi

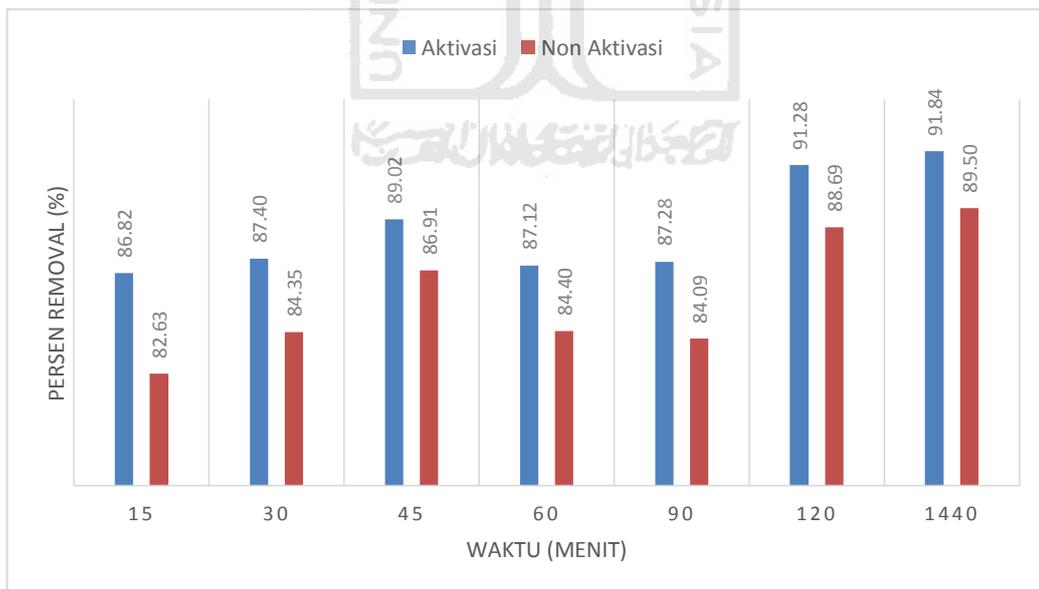
Waktu	Konsentrasi Awal (C0)	Konsentrasi Akhir (C)	Persentase Removal (%)	PH Awal	PH Akhir
15	12,38	1,63	86,82	6,01	6,03
30	12,38	1,56	87,40	6,07	6,02
45	12,38	1,36	89,02	6,02	6,04
60	12,38	1,59	87,12	6,01	6,05
90	12,38	1,58	87,28	6,06	6,02
120	12,38	1,08	91,28	6,01	6,05
1440	12,38	1,01	91,84	6,05	6,06
Kontrol Ph 2		8,55	30,92	6,04	6,07
Inlet	12,38			6,06	6,06

Sumber : Data primer, 2016

Sementara itu hubungan antara waktu kontak dengan persentase timbal (Pb) teradsorpsi ditunjukkan pada Gambar 4.20 berikut.



Gambar 4.19 Grafik Data Hasil Uji Variasi Waktu Adsorbent (Kondisi Saat Percobaan : Volume Larutan Uji 50 ml, Massa Adsorben 50 mg dan PH 6)



Gambar 4.20 Data Hasil Uji Variasi Waktu Adsorbent (Kondisi Saat Percobaan Volume Larutan Uji 50 ml, Massa Adsorben 50 mg dan PH 6)

Kesimpulan dari hasil percobaan variasi waktu kontak ini adalah bahwa adsorbent dari bambu baru akan mencapai kemampuan maksimal pada saat waktu kontak 24 jam, namun pada waktu kontak 120 menit adsorbent dengan aktivasi sudah bekerja cukup baik dengan mampu mereduksi sebesar 91,28% dan adsorbent tanpa aktivasi juga sudah mencapai sebesar 88,69 dari total konsentrasi larutan sebesar 10 ppm namun untuk mencapai kondisi puncak membutuhkan waktu 24 jam dengan persen reduksi mencapai 91,84% untuk aktivasi sedangkan untuk tanpa aktivasi mencapai 89,50%. Waktu optimum yang digunakan adalah 120 menit karena sesuai dari data penelitian dan juga perbedaan reduksi 2 jam dengan 24 jam tidak terlalu jauh perbedaannya. Maka waktu kontak optimum dalam percobaan ini adalah 120 menit atau 2 jam.

4.6.4. Pengujian Variasi Konsentrasi

Konsentrasi larutan juga berpengaruh dalam proses adsorpsi, dimana konsentrasi zat terlarut berbanding lurus dengan zat terlarut yang dapat diadsorpsi oleh adsorben. Akan tetapi jika adsorben tersebut sudah jenuh, maka konsentrasi zat terlarut tidak lagi berpengaruh.

Percobaan ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana kemampuan adsorbent dari bambu untuk menyerap konsentrasi logam yang cukup besar. Data dari penelitian sebelumnya akan digunakan sebagai kondisi saat percobaan ini seperti massa optimum adsorbent 50 mg, pH optimum 6, dan waktu kontak optimum 2 jam.

Variasi konsentrasi dalam percobaan ini digunakan 10, 25, 50, 75, 100, 150, 200, 250, dan 300 ppm. Setiap konsentrasi larutan tersebut harus dibuat larutan konsentrasi awal (P_b) masing-masing untuk mengetahui selisih konsentrasi sebelum dan pengujian ini untuk mengetahui kemampuan adsorben dalam menyerap logam Pb dengan kadar yang tinggi. Ketika proses pengadukan selesai maka larutan akan disaring dan diencerkan menjadi konsentrasi 10 ppm agar dapat terbaca di AAS. Cara kerja yang digunakan sama seperti cara-cara sebelumnya, hasil penelitian dapat dilihat pada Tabel 4.8 dan 4.9

Tabel 4.8 Hasil Uji Variasi Konsentrasi Adsorpsi Timbal (Pb) Menggunakan Adsorben Tanpa Aktivasi

Konsentrasi (ppm)	Massa Adsorben (mg)	Volume Larutan (ml)	Konsentrasi Awal (C ₀)	Konsentrasi Akhir (C _e)	Selisih (ΔC)	Persentase Removal (%)	PH Awal	PH Akhir
10	50	50	11,792	3,45	8,34	70,73	6,01	6
25	50	50	40,235	16,26	23,98	59,60	5,93	6,07
50	50	50	79,250	47,10	32,15	40,57	6,01	6,06
75	50	50	120,240	68,80	51,44	42,78	5,85	6,1
100	50	50	156,380	112,46	43,92	28,09	5,92	6,12
150	50	50	241,880	202,86	39,02	16,13	6,08	6,1
200	50	50	385,120	309,40	75,72	19,66	6,03	6,1
250	50	50	394,880	328,48	66,40	16,82	6,09	6,1
300	50	50	526,840	386,20	140,64	26,70	5,89	6,02

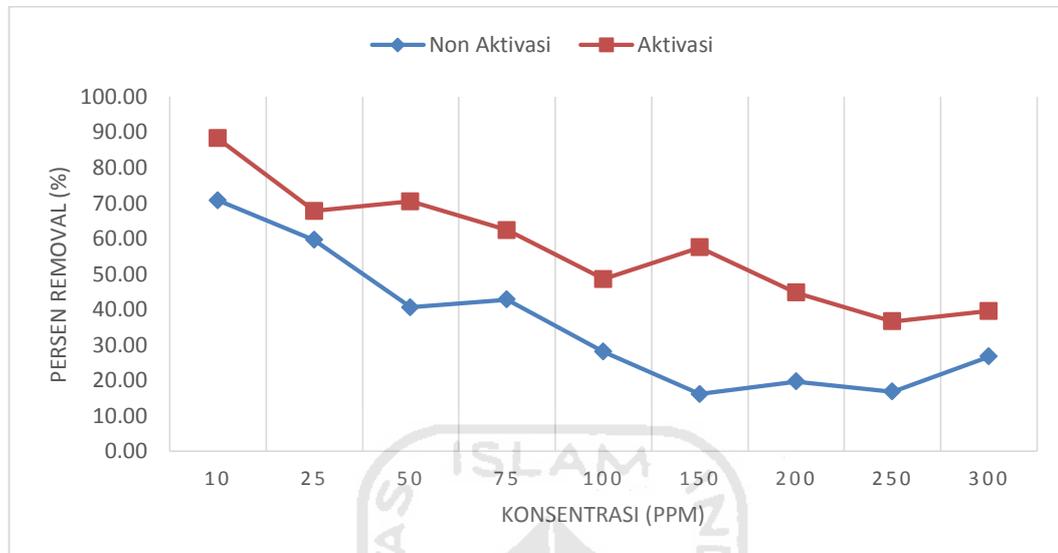
Sumber : Data primer, 2016

Tabel 4.9 Hasil Uji Variasi Konsentrasi Adsorpsi Timbal (Pb) Menggunakan Adsorben Aktivasi

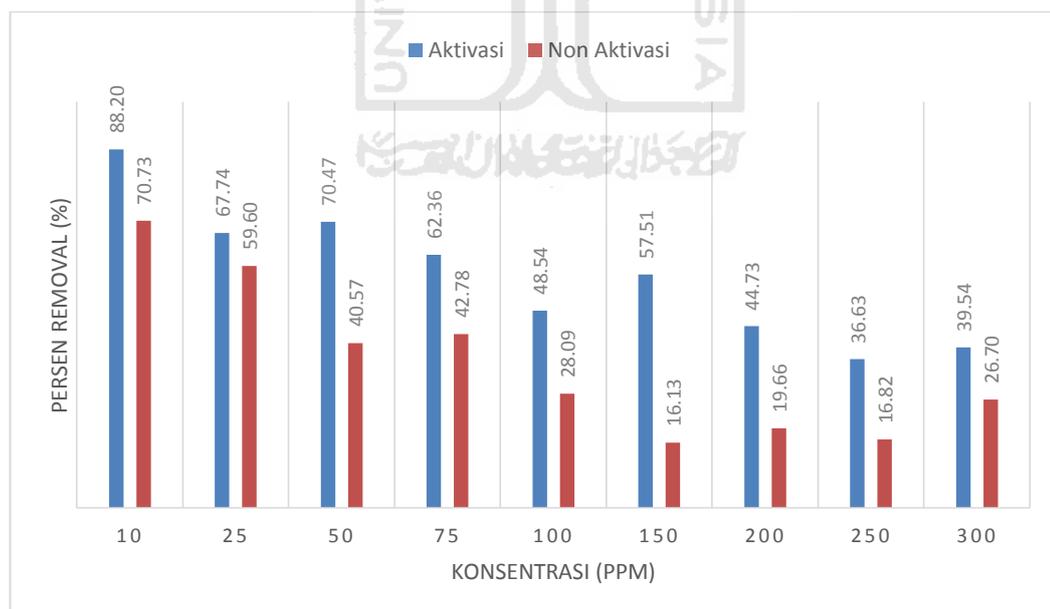
Konsentrasi (ppm)	Massa Adsorben (mg)	Volume Larutan (ml)	Konsentrasi Awal (C ₀)	Konsentrasi Akhir (C _e)	Selisih (ΔC)	Persentase Removal (%)	PH Awal	PH Akhir
10	50	50	11,792	1,39	10,40	88,20	6,2	6,08
25	50	50	40,235	12,98	27,26	67,74	6,04	6,06
50	50	50	79,250	23,40	55,85	70,47	6,1	6,06
75	50	50	120,240	45,26	74,98	62,36	6,18	6,09
100	50	50	156,380	80,48	75,90	48,54	6,1	6,03
150	50	50	241,880	102,78	139,10	57,51	6,1	6,13
200	50	50	385,120	212,84	172,28	44,73	6,1	6,09
250	50	50	394,880	250,24	144,64	36,63	6,1	6
300	50	50	526,840	318,52	208,32	39,54	6,01	6,1

Sumber : Data primer, 2016

Dari data tersebut jika dibuat kedalam grafik dapat dilihat pada Gambar 4.21:



Gambar 4.21 Grafik Data Hasil Uji Variasi Konsentrasi Larutan (Kondisi Saat Percobaan : Volume Larutan Uji 50 ml, Massa Adsorben 50 mg dan Waktu Kontak 2 Jam)



Gambar 4.22 Data Hasil Uji Variasi Konsentrasi Larutan (Kondisi Saat Percobaan : Volume Larutan Uji 50 ml, Massa Adsorbent 50 mg, pH 6 dan Waktu Kontak 2 jam)

Pada pengujian antara variasi konsentrasi timbal (Pb), adsorben yang digunakan adsorbent tanpa aktivasi dan aktivasi, keputusan ini dipilih karena dari pengujian variasi massa adsorben, kondisi pH, dan waktu kontak, kemampuan adsorpsi dari adsorben tanpa aktivasi dan aktivasi sudah cukup baik untuk removal logam timbal (Pb), tapi dalam pengujian ini penyerapan aktivasi lebih bagus dari tanpa aktivasi karena aktivasi menggunakan bahan kimia seperti asam sitrat yang bisa mengubah luas permukaan adsorben jika semakin banyak pori-pori maka penyerapan adsorben makin banyak dalam adsorpsi.

Dari data dapat dilihat bahwa semakin besar konsentrasi larutan maka akan semakin kecil logam Pb yang dapat diserap oleh adsorben, itu menunjukkan bahwa kemampuan adsorben dari bambu tidak dapat menyerap logam dengan konsentrasi yang tinggi. Jika ada kenaikan di konsentrasi tinggi persentase penyisihannya, hal ini kemungkinan besar terjadi karena kurang ketelitian saat mengubah pengenceran menjadi 10 ppm untuk di uji pada AAS.

4.7 Isoterm

Menurut (Wahyuni, 2013) untuk proses adsorpsi didalam larutan, jumlah zat yang teradsorpsi bergantung pada beberapa faktor yaitu jenis adsorben, jenis adsorbat atau zat yang teradsorpsi, luas permukaan adsorben, konsentrasi zat terlarut, temperatur. Isoterm adsorpsi adalah hubungan yang menunjukkan distribusi adsorben antara fasa teradsorpsi pada permukaan adsorben dengan fasa ruah saat kesetimbangan pada suhu tertentu.

4.7.1 Metode Langmuir

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

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{qm} C_e + \frac{1}{Kl.qm} \quad (1)$$

Dimana :

- ✓ C_e = Konsentrasi Equilibrium (mg/l)
- ✓ q_e = Nilai Adsorpsi logam saat Equilibrium (mg/g)
- ✓ q_m = Nilai konstanta Langmuir
- ✓ K_L = Nilai konstanta Langmuir

Dari data hasil pengujian variasi konsentrasi larutan dapat hitung nilai dari kemampuan maksimum penyerapan dari adsorbent bambu seperti pada Tabel 4.10 dan Tabel 4.11.

Tabel 4.10 Data Penentuan Konstanta Langmuir Adsorben Tanpa Aktivasi

Variasi Konsentrasi (ppm)	Massa Adsorbent (mg)	Volume Larutan (ml)	Konsentrasi Awal (C_0)	Konsentrasi Akhir (C_e)	Selisih (ΔC)	Persentase Penyisihan	Langmuir				Q_m
							Massa Teradsorpsi (x) (mg)	q_e (mg/g)	$1/C_e$	$1/q_e$	
10	50	50	11,792	3,45	8,34	70,734	0,42	8,341	0,29	0,12	
25	50	50	40,235	16,26	23,98	59,6	1,2	23,98	0,062	0,04	
50	50	50	79,25	47,1	32,15	40,568	1,61	32,15	0,021	0,03	
75	50	50	120,24	68,8	51,44	42,781	2,57	51,44	0,015	0,02	
100	50	50	156,38	112,46	43,92	28,085	2,2	43,92	0,009	0,02	48,78
150	50	50	241,88	202,86	39,02	16,132	1,95	39,02	0,005	0,03	
200	50	50	385,12	309,4	75,72	19,661	3,79	75,72	0,003	0,01	
250	50	50	394,88	328,48	66,4	16,815	3,32	66,4	0,003	0,02	
300	50	50	526,84	386,2	140,64	26,695	7,03	140,64	0,003	0,01	

Tabel 4.11 Data Penentuan Konstanta Langmuir Adsorben Aktivasi

Variasi Konsentrasi (ppm)	Massa Adsorbent (mg)	Volume Larutan (ml)	Konsentrasi Awal (C_0)	Konsentrasi Akhir (C_e)	Selisih (ΔC)	Persentase Penyisihan	Langmuir				Q_m
							Massa Teradsorpsi (x) (mg)	q_e (mg/g)	$1/C_e$	$1/q_e$	
10	50	50	11,79	1,39	10,4	88,2	0,52	10,401	0,719	0,1	
25	50	50	40,24	12,98	27,26	67,7	1,36	27,255	0,077	0,04	
50	50	50	79,25	23,4	55,85	70,47	2,79	55,85	0,043	0,02	
75	50	50	120,24	45,26	74,98	62,36	3,75	74,98	0,022	0,01	
100	50	50	156,38	80,48	75,9	48,54	3,8	75,9	0,012	0,01	87,72
150	50	50	241,88	102,78	139,1	57,51	6,96	139,1	0,01	0,01	
200	50	50	385,12	212,84	172,28	44,73	8,61	172,28	0,005	0,01	
250	50	50	394,88	328,48	66,4	16,82	3,32	66,4	0,003	0,02	
300	50	50	526,84	318,52	208,32	39,54	10,42	208,32	0,003	0,005	

Keterangan :

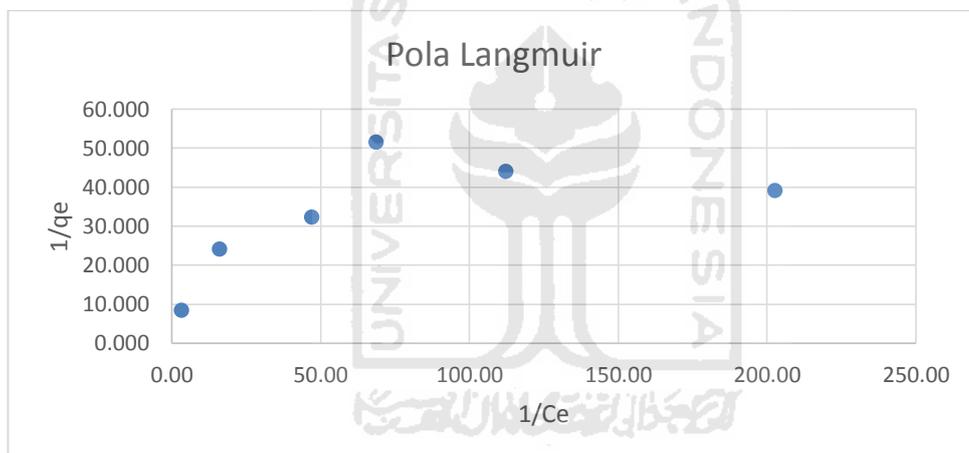
X = Massa Teradsorpsi (mg)

q_e = Kemampuan Penyerapan (mg/gr)

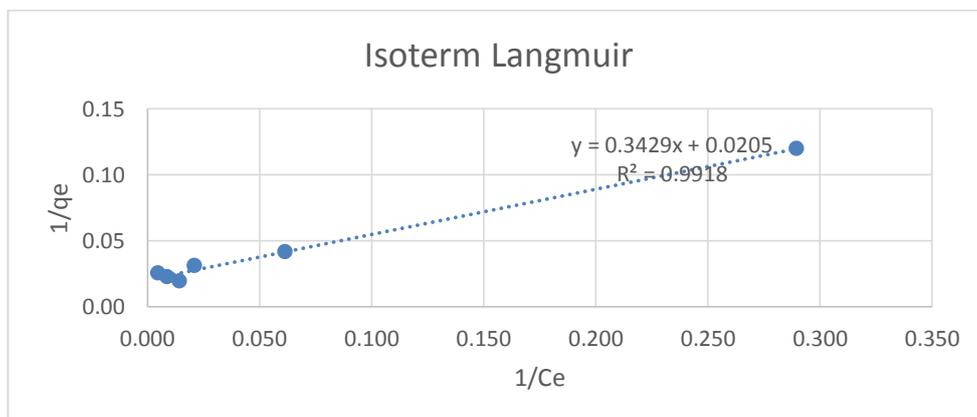
C_e = Konsentrasi Akhir (mg/l)

Dari perhitungan di dapat nilai $1/q_e$ dan $1/C_e$ yang akan di plot untuk membuat grafik persamaan linear isoterm Langmuir, sehingga akan didapat nilai R^2 dari persamaan tersebut untuk menentukan model isoterm dari adsorpsi bambu tanpa aktivasi dan aktivasi terhadap logam Pb. Grafik persamaan linear dari isoterm Langmuir tersebut dapat dilihat pada gambar 4.24.

Dari data yang diperoleh, maka dapat diplotkan kedalam Gambar berikut:



Gambar 4.23 Pola Langmuir Tanpa Aktivasi

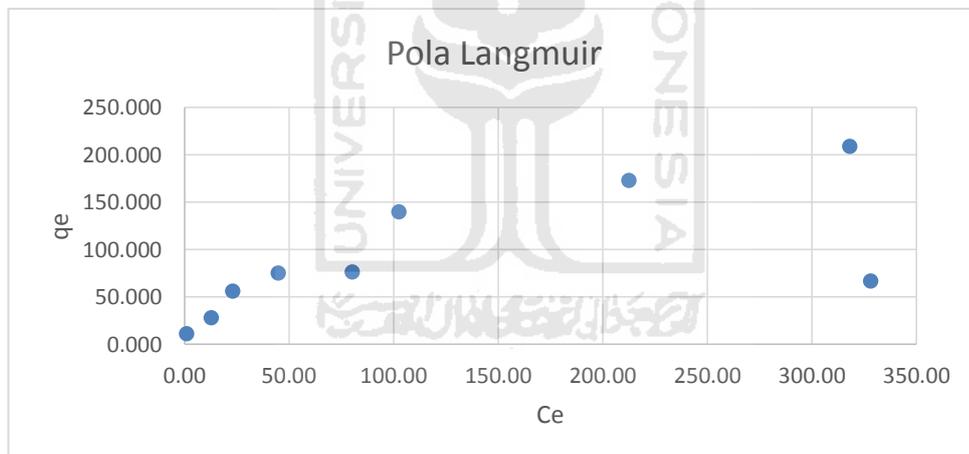


Gambar 4.24 Kurva Kalibrasi Isoterm Langmuir Tanpa Aktivasi

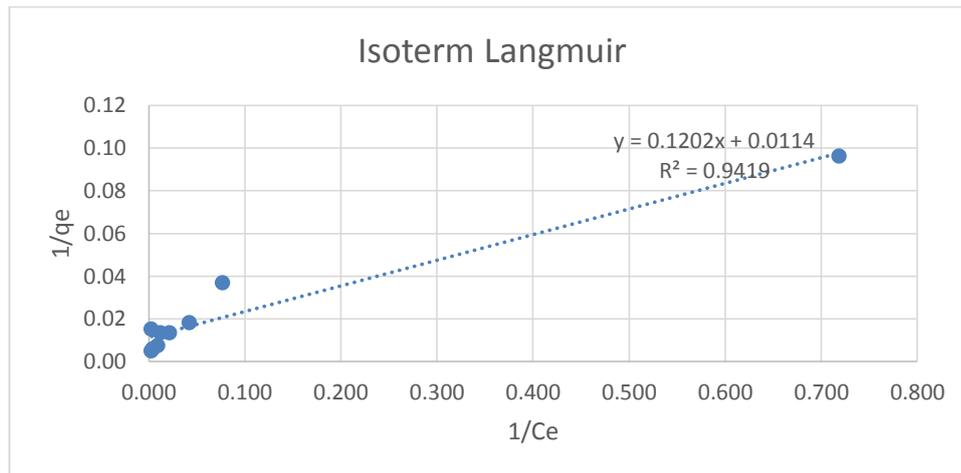
Berdasarkan Gambar 4.23 dapat dilihat bahwa data adsorben bambu tanpa aktivasi yang diperoleh dari hasil percobaan menunjukkan bentuk tren dari isoterm Langmuir sehingga dapat dinyatakan hasil isoterm adsorpsi mengikuti isoterm Langmuir. Sedangkan pada Gambar 4.24 diperoleh nilai $y = 0,3429x + 0,0205$ sehingga konstanta Langmuir diperoleh sebesar 0,0205 dengan slope $R^2 = 0,9918$ yang akan digunakan untuk menghitung nilai Q_m dari adsorbent bambu yang digunakan dalam penelitian ini.

Nilai Q_m yang terhitung sebesar :

$$\begin{aligned} Q_m &= 1/b \\ &= 1/0,0205 \\ &= 48,78 \text{ mg/gram} \end{aligned}$$



Gambar 4.25 Pola Langmuir Aktivasi



Gambar 4.26 Kurva Kalibrasi Isoterm Langmuir Aktivasi

Berdasarkan Gambar 4.25 dapat dilihat bahwa data adsorben bambu aktivasi yang diperoleh dari hasil percobaan menunjukkan bentuk tren dari isoterm Langmuir sehingga dapat dinyatakan hasil isoterm adsorpsi mengikuti isoterm Langmuir.

Sedangkan pada Gambar 4.26 diperoleh nilai $y = 0,1202x + 0,0114$ sehingga konstanta Langmuir diperoleh sebesar 0,0114 dengan slope $R^2 = 0,9419$ yang akan digunakan untuk menghitung nilai Q_m dari adsorbent bambu yang digunakan dalam penelitian ini.

Nilai Q_m yang terhitung sebesar :

$$\begin{aligned}
 Q_m &= 1/b \\
 &= 1/0,114 \\
 &= 87,72 \text{ mg/gram}
 \end{aligned}$$

Jika dibandingkan adsorben bambu tanpa aktivasi dengan aktivasi jumlah penyerapan Q_m lebih besar aktivasi mencapai 87,72 mg/gram sedangkan untuk adsorben tanpa aktivasi hanya sebesar 48,78 mg/gram, kemampuan dari adsorbent yang berasal dari bambu mempunyai daya adsorpsi yang cukup besar dengan 48,78 mg/gram tanpa aktivasi dan 87,72 mg/gram aktivasi adsorbent dengan pH yang sama.

4.7.2 Metode 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:

$$q_e = k_f \cdot C_e^{1/n}$$

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

$$\text{Log } q_e = \text{Log } k_f + 1/n \text{ log } C_e$$

Tabel 4.12 Data Penentuan Konstanta Freundlich Adsorben Tanpa Aktivasi

Variasi Konsentrasi (ppm)	Massa Adsorben (mg)	Volume Larutan (ml)	Konsentrasi Awal (C ₀)	Konsentrasi Akhir (C _e)	Selisih (ΔC)	Persentase Penyisihan	Freundlich					
							Massa Teradsorpsi (x)	q _e	Log C _e	Log q _e	Keterangan	Nilai
10	50	50	11,79	3,45	8,34	70,73	0,42	8,34	0,538	0,92	1/N	0,4689
25	50	50	40,24	16,26	23,98	59,6	1,2	23,98	1,211	1,38	N	2,1327
50	50	50	79,25	47,1	32,15	40,57	1,61	32,15	1,673	1,51	in kf	0,7259
75	50	50	120,24	68,8	51,44	42,78	2,57	51,44	1,838	1,71	kf	2,0666
100	50	50	156,38	112,46	43,92	28,09	2,2	43,92	2,051	1,64		
150	50	50	241,88	202,86	39,02	16,13	1,95	39,02	2,307	1,59		
200	50	50	385,12	309,4	75,72	19,66	3,79	75,72	2,491	1,88		
250	50	50	394,88	328,48	66,4	16,82	3,32	66,4	2,517	1,82		
300	50	50	526,84	386,2	140,64	26,7	7,03	140,64	2,587	2,15		

Tabel 4.13 Data Penentuan Konstanta Freundlich Adsorben Aktivasi

Variasi Konsentrasi (ppm)	Massa Adsorben (mg)	Volume Larutan (ml)	Konsentrasi Awal (C ₀)	Konsentrasi Akhir (C _e)	Selisih (ΔC)	Persentase Penyisihan	Freundlich					
							Massa Teradsorpsi (x)	q _e	Log C _e	Log q _e	Keterangan	Nilai
10	50	50	11,79	1,39	10,4	88,2	0,52	10,4	0,143	1,02	1/N	0,4815
25	50	50	40,24	12,98	27,26	67,74	1,36	27,26	1,113	1,44	N	2,0768
50	50	50	79,25	23,4	55,85	70,47	2,79	55,85	1,369	1,75	in kf	0,9988
75	50	50	120,24	45,26	74,98	62,36	3,75	74,98	1,656	1,87	kf	2,715
100	50	50	156,38	80,48	75,9	48,54	3,8	75,9	1,906	1,88		
150	50	50	241,88	102,78	139,1	57,51	6,96	139,1	2,012	2,14		
200	50	50	385,12	212,84	172,28	44,73	8,61	172,28	2,328	2,24		
250	50	50	394,88	328,48	66,4	16,82	3,32	66,4	2,517	1,82		
300	50	50	526,84	318,52	208,32	39,54	10,42	208,32	2,503	2,32		

Keterangan :

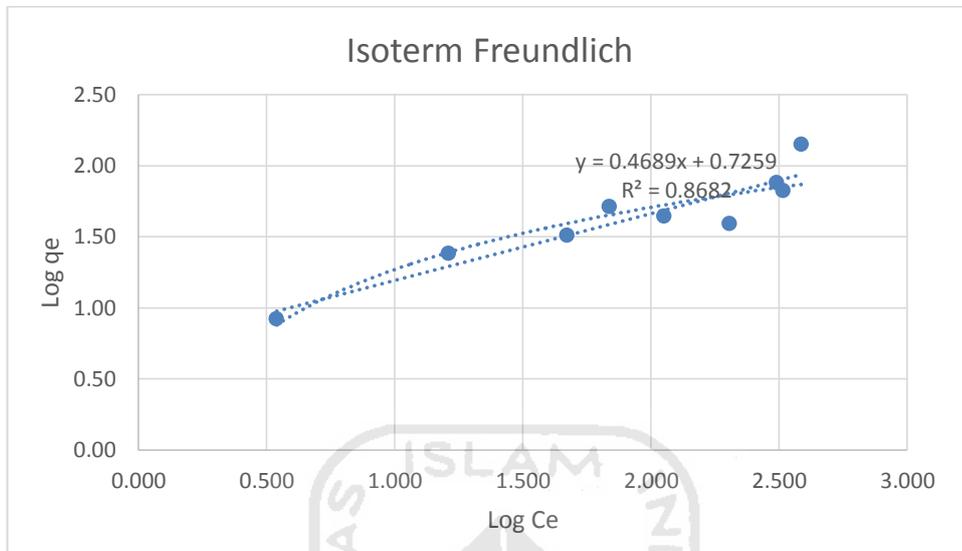
X = Massa Teradsorpsi (mg)

q_e = Kemampuan Penyerapan (mg/gr)

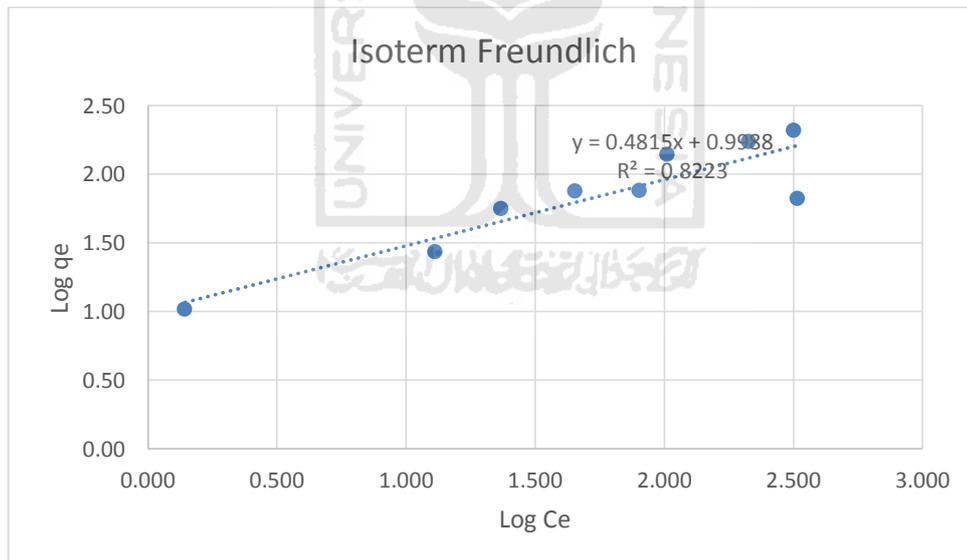
C_e = Konsentrasi Akhir (mg/l)

Dari perhitungan di dapat nilai Log q_e dan Log C_e yang akan di plot untuk grafik persamaan linear isoterm Freundlich, sehingga didapat nilai R² dari persamaan tersebut untuk menentukan model isoterm dari proses adsorpsi bambu terhadap logam Pb. Grafik persamaan linear dari isoterm Freundlich tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.28 dan Gambar 4.29.

Dari data yang diperoleh, maka dapat diplotkan kedalam Gambar 4.28 dan Gambar 4.29:



Gambar 4.27 Kurva Kalibrasi Isoterm Freundlich Tanpa Aktivasi



Gambar 4.28 Kurva Kalibrasi Isoterm Freundlich Aktivasi

Dari Gambar 4.27 diperoleh nilai slope $R^2 = 0,8682$ dan Gambar 4.28 diperoleh nilai slope $R^2 = 0,8223$ dan nilai konstanta Freundlich didapat pada tabel Tabel 4.14 dan Tabel 4.15 :

Tabel 4.14 Nilai Konstanta Freundlich Tanpa Aktivasi

Keterangan	Nilai
1/N	0,4689
N	2,1327
in kf	0,7259
kf	2,0666

Tabel 4.15 Nilai Konstanta Freundlich Aktivasi

Keterangan	Nilai
1/N	0,4815
N	2,0768
in kf	0,9988
kf	2,7150

Nilai Kf tanpa aktivasi diperoleh sebesar 2,0666 dan Kf aktivasi sebesar 2,7150, hipotesis yang dapat diambil dari data-data tersebut adalah bahwa adsorbent dari bambu yang digunakan didalam percobaan ini merupakan adsorben dengan jenis 1 lapisan atau mono layer karena data yang diperoleh menunjukkan bentuk pola isoterm Langmuir serta proses penyerapan ion logam Pb akan semakin baik jika dalam kondisi yang asam. Menunjukkan bahwa adsorpsi yang lebih sesuai dengan serbuk Bambu tanpa aktivasi dan aktivasi adalah isotermal Langmuir dibandingkan dengan model isotermal Freundlich. Hal ini bisa dilihat dari nilai R^2 Langmuir Tanpa Aktivasi sebesar 0,9918 dan R^2 Langmuir Aktivasi sebesar 0,9419 sedangkan untuk Freundlich Tanpa Aktivasi sebesar 0,8682 dan Freundlich Aktivasi sebesar 0,8223. kapasitas maksimum adsorpsi biosorben bambu tanpa aktivasi terhadap logam Pb dapat diketahui dengan hasil dari pemodelan Isoterm Langmuir.

Menurut (Hiemenz dan Rajagopalan,1997), persamaan isotermal Langmuir sudah memberikan hasil yang memadai pada banyak kasus dimana adsorben yang digunakan merupakan material yang heterogen. Berdasarkan

isotermal Langmuir diatas, diperoleh nilai Q_m (kapasitas adsorpsi) untuk bambu Tanpa Aktivasi sebesar 48,7 mg/g dan Aktivasi sebesar 87,7 mg/g.

4.8 Mekanisme Adsorpsi Adsorben Bambu

Mekanisme isoterm Langmuir adsorben tanpa Aktivasi dan Aktivasi dalam menyisikan timbal dapat dilihat pada table 4.16. Dari persamaan linear isoterm Langmuir akan didapatkan konstanta Langmuir dan kapasitas maksimum adsorpsi (q_m) seperti berikut ini.

Tabel 4.16 Mekanisme Adsorpsi Isoterm Langmuir dan Freundlich Logam Pb.

Adsorben	Langmuir			Freundlich		
	q_m (mg/g)	b	R^2	R^2	K_f	N
Tanpa Aktivasi	48,7	0,3429	0,9918	0,8682	2,066	2,132
Aktivasi	87,7	0,1202	0,9419	0,8223	2,715	2,076

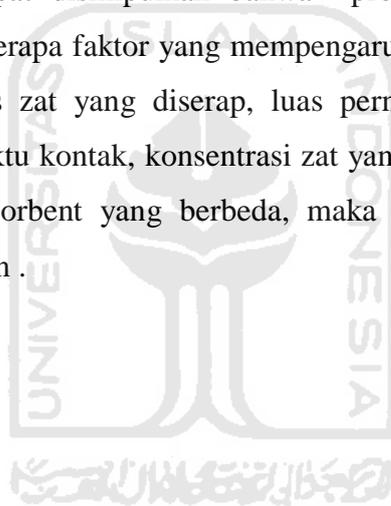
Dari data pengujian Pb, didapatkan bahwa korelasi Isoterm Langmuir yang didapatkan cukup baik, yakni $R^2 = 0.9918$ untuk adsorben Tanpa Aktivasi dan $R^2 = 0,9419$ Untuk adsorben Aktivasi. Isoterm Freundlich $R^2 = 0,8682$ untuk adsorben Tanpa Aktivasi dan Aktivasi $R^2 = 0,8223$. Nilai R yang berada 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).

Pemodelan adsorpsi yang terjadi dari penelitian yang sudah dilakukan cenderung mengikuti model adsorpsi Langmuir dimana setiap site memiliki energi adsorpsi yang sama dalam menyerap logam Pb (Schnoor,1996,). Kapasitas maksimum adsorben Tanpa Aktivasi dalam menyerap logam Pb adalah 48,7 mg/g dan Aktivasi dalam menyerap logam Pb adalah 87,7 mg/g.

4.9 Perbandingan Kapasitas Adsorben Aktivasi Dengan Tanpa Aktivasi

Pada penelitian ini terkait penyerapan logam Pb, Kapasitas Adsorben aktivasi untuk menyerap logam Pb sebesar 87,7 mg/g sedangkan untuk adsorben tanpa aktivasi sebesar 48,7 mg/g , Penyerapan Aktivasi lebih bagus di bandingkan dengan tanpa aktivasi sehingga adsorben aktivasi dapat menjadi salah satu alternatif pengolahan limbah logam berat Pb dalam air yang memiliki nilai ekonomis dalam pembuatannya karena menggunakan media bambu yang tidak digunakan kembali.

Dari penelitian dapat disimpulkan bahwa proses adsorpsi oleh suatu adsorben dipengaruhi beberapa faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi antara lain jenis adsorben, jenis zat yang diserap, luas permukaan adsorben, massa adsorben, kondisi pH, waktu kontak, konsentrasi zat yang diserap, dan suhu. Pola isoterm setiap bahan adsorbent yang berbeda, maka akan berbeda pula pola isotermnya yang dihasilkan .



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan data yang diperoleh dari percobaan yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan bahwa :

- a. Adsorbent yang di aktivasi dengan asam sitrat memiliki daya serap yang lebih baik dibandingkan dengan adsorbent yang alami tanpa aktivasi.
- b. Uji variasi massa adsorben aktivasi dan non-aktivasi digunakan massa adsorben sebesar 50 mg, pemilihan massa adsorben tersebut bukan karena persentase penyisihan yang paling besar, karena dari segi penggunaan adsorben 50 mg sudah mencapai persentase penyisihan hingga 100 % untuk aktivasi dan 98,51% untuk tanpa aktivasi.
- c. Uji variasi pH menghasilkan pH yang baik untuk adsorpsi oleh logam Pb yaitu pada pH 6, karena pada pH diatas 6 memungkinkan tidak hanya proses adsorpsi yang terjadi, namun juga terjadi proses pengendapan karena semakin kondisi basa logam Pb akan terendap sedangkan pH di bawah 6 terjadi penyerapan yang kurang maksimal.
- d. Waktu yang dibutuhkan dalam proses adsorpsi untuk bisa mencapai batas maksimum adalah 120 menit.
- e. Perbandingan nilai R² pada pemodelan isotherm Langmuir dan Freundlich pada pengujian bambu tanpa aktivasi dengan aktivasi didapatkan hasil nilai R² yaitu :

Isoterm	Tanpa Aktivasi	Aktivasi
Langmuir	R ² = 0,9918	R ² = 0,9419
Freundlich	R ² = 0,8682	R ² = 0,8223

- f. Berdasarkan perhitungan isotermnya, adsorbent yang digunakan memiliki karakteristik isoterm Langmuir atau adsorbent dengan satu lapisan (mono layer).

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan mengenai adsorben dari bambu dengan aktivasi kimia menggunakan asam sitrat maka hal-hal yang perlu dilakukan pada penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut :

- a. Menggunakan bahan baku bambu dengan jenis selain bambu petung, misalnya bambu kuning, yang juga memiliki kandungan Selulosa tinggi.
- b. Penelitian selanjutnya dapat divariasikan dengan air limbah asli (bukan sintetis) agar dapat diaplikasikan langsung untuk pengujian limbah logam berat hasil produksi industri.
- c. Perlakuan yang dapat dilakukan agar adsorbent yang digunakan dapat lebih maksimal adalah dengan memperbesar luas permukaan dengan cara memperhalus butiran adsorbent dengan digerus serta melakukan aktivasi baik secara kimiawi maupun fisik (dengan suhu tinggi) untuk menghasilkan gugus fungsi aktif yang dapat mengikat ion logam.
- d. Pada proses pengujian di laboratorium harus memperhatikan ketelitian dan kebersihan peralatan yang digunakan saat pengujian, agar mengurangi kemungkinan data yang tidak sesuai atau akurat.
- e. Pada saat proses pengadukan dengan magnetic stirrer, sebaiknya cek pH larutan sampel secara berkala untuk mengetahui jika terjadi perubahan pH pada larutan sampel yang dapat menyebabkan proses adsorpsi tidak maksimal.

5.3 Rekomendasi

Penelitian tentang adsorbent bambu dapat dilanjutkan dengan aktivasi asam selain asam sitrat atau bisa digunakan aktivasi dengan larutan basa untuk mengetahui perbedaan yang terjadi pada gugus fungsi dari adsorbent tersebut. Selain itu, karakterisasi pada adsorbent dapat dilanjutkan ke tahap perhitungan luas permukaan dan uji kadar air.



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*, Desal, 250, 300-310.
- Atkins, P. W., 1999, *Kimia Fisika*, edisi ke-2, Erlangga, Jakarta.
- Aziz dan Sarkanen, 1989 dalam Aziz dan Eguh, *Uji Aktivasi dan Keasaman Arang Aktif Sabut kelapa*, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Baker F.S, Miller C.E, Repik A.J., Tollens E.D., 1997, *Activated Carbon*, New York : J.Wiley.
- Benny R, 2012. *Sistesis Pelapisan dan Stabilitas Senyawa Oksida Besi oleh Silika dan Aplikasinya untuk Amobilisasi Protein*, Padang : Program Studi Kimia Pasca Sarjana Universitas Andalas.
- Berlian, N, E. Rahayu, *Jenis dan Prospek Bisnis Bambu*, Jakarta : Penebar Swadaya, 1995.
- Chand, B., Roop, and Meenakshi Goyal. 2005. *Activated Carbon Adsorption*.
- Cowd, M.A. 1991. *Kimia Polimer*. Bandung: Penerbit ITB.
- Dransfield, S, and W.E.A. 1995. *Plant resources of Southeast Asia No.7 : Bamboos*. PROSEA, Bogor.
- Garcia-Garcia, A., Gregorio, A., Boavida, D., Gulyurtlu, I. 2002. *Production And Characterization of Activated Carbon from Pine Wastes Gasified in A Pilot Reactor*, National Institute of Engineering and Industrial Technology, Estrada Do Paco Do Lumiar, 22, Edif. J, 1649-038, Lisbon, Portugal.
- Harsini, T and Susilowati. 2010. *Pemanfaatan Kulit Buah Kakao Dari Limbah Perkebunan Kakao Sebagai Bahan Baku Pulp Dengan Proses Organosolv*. *Envirotek : Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 2 (2). pp. 80-89. ISSN 2085-501-X.
- Herwanto, B. dan Santoso, E, 2006, *Adsorpsi Ion Logam Pb(II) Pada Membran Selulosa Kitisan Terikat Silang*, Akta Kimia Indonesia, Vol.2 No.1, 9-24.
- Hiemenz P.C, Rajagopalan R, 1997, *Principles of Colloid and Surface Chemistry*, Marcel Dekker, Inc., New York.

- Ibbet, R.N; Kaenthong,S; Philips, D.A.S.;Wilding, M.A 2006, *Charaterisatim of Porosity of Regenerated Cellulosil Fibres Using Classical Dye Adsorntion Techniques*, Lenzinger Berichte, Vol.88,77-86.
- Ip, A.W.M., Barford,J.P., McKay,G. 2008. *Production and Comparison of High Surface Area Bamboo Derived Active Carbons*.*Bioresources Technol.*99 (18) 8909-8916.
- Julhim. 2013. *Adsorbi Logam Timbal (Pb) dengan Menggunakan Biomassa Eceng Gondok*, FMIPA Universitas Negeri Gorontalo.
- Krisdianto,G. Sumarni, dan A. Ismanto.2000. *Sari Hasil Penelitian Bambu*. Departemen Kehutanan, Jakarta.
- Lillo-Rodenas MA, Cazorla-Amoros D, Linares-Solano A. 2003. *Understanding chemical reactions between carbons and NaOH and KOH: an insight into the chemical activation mechanism*. *Carbon*; 41 (2):267–75.
- Manes M, 1998, *Activated Carbon Adsorption Fundamental*.*didalam*: R.A. Meyer, *Encyclopedia Of Environmental Analysis and Remediation*, Volume 1. New York : J.Wiley.
- McClure,F, *The Bamboos A Fresh Perspective*, Cambridge: Harvard University Press, 1996.
- Mui,E.L.K.,Cheung,W.H.,Valix,Marjorie,McKay,G.2010. *Activated Carbons From Bamboo Scaffolding Using Acid Activation*.*Separation and Purification Technology* 74 213-218.
- M.M. Rao, 2013 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* Vol.1 No.3.
- Mustafa, S., 2010, *Karakteristik Sifat mekanik Bambu Petung Pada Bambu Muda,Dewasa dan Tua: Studi Kasus Bagian Pangkal*, Tugas Akhir, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.
- Nuithitikul, K. 2011. *Adsorption Capacities of Activated Carbons Prepared from Bambo by KOH Activation*. *International Jurnal of Chemical, Molecular, Nuclear, Materials and Metallurgical Engineering*. *Engineering and Technology*. Vol:5, No:6.

- Pavasant, P., Apiratikul. R., Sungkhum, V., Suthiparinyanont, P., Wattanachira, S. dan Marhaba, T F., 2005. *Biosorption of Cu²⁺, Cd²⁺, Pb²⁺, and Zn²⁺ using dried marine green macroalga Caulerpa lentillifera*, *Bioresour, Technol.*, 97., 250-253.
- Putra, S. E, dan Putra, J. A., 2005. *Bioremoval, Metode Alternatif Untuk Menanggulangi Pencemaran Logam Berat*, BPP IKHMI, Universitas Lampung.
- Roy G.M, 1985, *Activated Carbon Application in to Food and Pharceutucal Industries*, Lancaster: Tanchnomic.
- Rukaesih, 2004, *Kimia Lingkungan*. Jakarta: ANDI Yogyakarta
- Schnoor, J.L.1996.*Environmental Modelling: Fate and Transport of Pollutants in Water,Air and Soil*.John Wiley and Sons Inc.
- Sherly, A dan S. E. Cahyaningrum, 2014. *Aktivasi dengan H2SO4 dan Aplikasinya sebagai Adsorben Ion Logam Cr (VI) . UNESA Journal of Chemistry Vol.3 No1*.
- Siswoyo, E. 2002. *Pengelolaan Air Limbah Domestik dengan Menggunakan Sistem Constructed Wetlands*. Proseeding Seminar Nasional Jurusan Teknik Lingkungan.
- Soedarsono dan Syahputra, B, 2005. *Pengolahan Air Limbah Batik Dengan Proses Kombinasi Elektrokimia, Filtrasi dan Adsorpsi, Makalah, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Lingkungan, Universitas Islam Sultan Agung (UNISSULA), Semarang*.
- Teng, H. 1999. *High-porosity carbons prepared from bituminous coal with potassium hydroxide activation*. *Ind Eng Chem Res*, 38 (8): 2947–53.
- Teng, H. 1999. *Influence of Different Chemical Reagents on The Preparation of Activated Carbons from Bituminous Coal*. *Fuel Processing Technology*, 64, 155-166.
- Wahyuni, S, 2013. *Diktat petunjuk Praktikum Kimia Fisik*, Penerbit Jurusan Kimia FMIPA UNNES, Semarang.

Widya, 2006. *Analisis Morfologi Serat dan Sifat Fisis- Kimia pada Enam Jenis Bambu sebagai Bahan Baku Pulp dan Kertas. Bogor: Jurnal Ilmu dan Teknologi Hutan.*



LAMPIRAN

Lampiran 1 Variasi Massa Adsorbent

Berdasarkan data yang diperoleh pada variasi massa, nilai persen penyisihan dari hasil percobaan tersebut dapat diperoleh dengan perhitungan sebagai berikut :

a. Hasil Uji Coba Variasi Massa Adsorbent (Adsorbent Aktivasi)

1. Sampel 25 mg

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{(10,09 - 2,81) \text{ ppm}}{10,09 \text{ ppm}} \times 100\% = 72,15 \%$$

2. Sampel 50 mg

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{(10,09 - 0,00) \text{ ppm}}{10,09 \text{ ppm}} \times 100\% = 100 \%$$

3. Sampel 100 mg

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{(10,09 - 0,00) \text{ ppm}}{10,09 \text{ ppm}} \times 100\% = 100 \%$$

4. Sampel 200 mg

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{(10,09 - 0,00) \text{ ppm}}{10,09 \text{ ppm}} \times 100\% = 100 \%$$

5. Sampel 400 mg

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{(10,09 - 0,00) \text{ ppm}}{10,09 \text{ ppm}} \times 100\% = 100 \%$$

6. Sampel 500 mg

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{(10,09 - 0,00) \text{ ppm}}{10,09 \text{ ppm}} \times 100\% = 100 \%$$

b. Hasil Uji Coba Variasi Massa Adsorbent (Adsorbent Tanpa Aktivasi)

1. Sampel 25 mg

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{(10,09 - 2,92) \text{ ppm}}{10,09 \text{ ppm}} \times 100\% = 71,06 \%$$

2. Sampel 50 mg

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{(10,09 - 0,15) \text{ ppm}}{10,09 \text{ ppm}} \times 100\% = 98,51 \%$$

3. Sampel 100 mg

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{(10,09 - 0,00) \text{ ppm}}{10,09 \text{ ppm}} \times 100\% = 100 \%$$

4. Sampel 200 mg

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{(10,09 - 0,00) \text{ ppm}}{10,09 \text{ ppm}} \times 100\% = 100 \%$$

5. Sampel 400 mg

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{(10,09 - 0,00) \text{ ppm}}{10,09 \text{ ppm}} \times 100\% = 100 \%$$

6. Sampel 500 mg

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{(10,09 - 0,00) \text{ ppm}}{10,09 \text{ ppm}} \times 100\% = 100 \%$$

c. Kontrol (pH 6)

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{(10,09 - 7,85) \text{ ppm}}{10,09 \text{ ppm}} \times 100\% = 22,20 \%$$

Lampiran 2
Variasi pH Larutan

Berdasarkan data yang diperoleh pada variasi pH, nilai persen penyisihan dari hasil percobaan tersebut dapat diperoleh dengan perhitungan sebagai berikut :

a. Hasil Uji Variasi pH larutan (Adsorbent Aktivasi)

1. Sampel dengan pH 2

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{(12,04-11,38)ppm}{12,04 ppm} \times 100\% = 5,51 \%$$

2. Sampel dengan pH 3

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{(12,04-11,03)ppm}{12,04 ppm} \times 100\% = 8,42 \%$$

3. Sampel dengan pH 4

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{(12,04-8,83)ppm}{12,04 ppm} \times 100\% = 29,16\%$$

4. Sampel dengan pH 5

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{(12,04-4,21)ppm}{12,04 ppm} \times 100\% = 65,04 \%$$

5. Sampel dengan pH 6

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{(12,04-0,86)ppm}{12,04 ppm} \times 100\% = 92,86 \%$$

6. Sampel dengan pH 7

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{(12,04-0,68)ppm}{12,04 ppm} \times 100\% = 94,35 \%$$

b. Kontrol (pH 2)

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{(12,04-11,04)ppm}{12,04 ppm} \times 100\% = 8,30 \%$$

Lampiran 3
Variasi Waktu Kontak

Berdasarkan data yang diperoleh pada variasi waktu kontak, nilai persen penyisihan dari hasil percobaan tersebut dapat diperoleh dengan perhitungan sebagai berikut :

Hasil Uji variasi waktu kontak (Adsorbent Aktivasi)

1. Waktu Kontak 15 menit

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{(12,38-1,63)ppm}{12,38 ppm} \times 100\% = 86,82 \%$$

2. Waktu Kontak 30 menit

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{(12,38-1,56)ppm}{12,38 ppm} \times 100\% = 87,40 \%$$

3. Waktu Kontak 45 menit

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{(12,38-1,36)ppm}{12,38 ppm} \times 100\% = 89,02 \%$$

4. Waktu Kontak 60 menit

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{(12,38-1,59)ppm}{12,38 ppm} \times 100\% = 87,12 \%$$

5. Waktu Kontak 90 menit

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{(12,38-1,58)ppm}{12,38 ppm} \times 100\% = 87,28 \%$$

6. Waktu Kontak 120 menit

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{(12,38-1,08)ppm}{12,38 ppm} \times 100\% = 91,28 \%$$

7. Waktu Kontak 1440 menit

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{(12,38-1,01)ppm}{12,38 ppm} \times 100\% = 91,84 \%$$

Lampiran 4
Variasi Konsentrasi

Berdasarkan data yang diperoleh pada variasi konsentrasi, nilai persen penyisihan dari hasil percobaan dengan berbagai konsentrasi tersebut dapat diperoleh dengan perhitungan sebagai berikut :

Hasil Uji variasi konsentrasi larutan (Adsorbent Aktivasi) dengan pH 6, massa adsorbent 50 mg, dan waktu kontak 2 jam,

1. Konsentrasi 10 ppm

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{(11,79-1,39)\text{ppm}}{11,79 \text{ ppm}} \times 100\% = 88,20 \%$$

2. Konsentrasi 25 ppm

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{(40,23-12,98)\text{ppm}}{40,23 \text{ ppm}} \times 100\% = 67,74 \%$$

3. Konsentrasi 50 ppm

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{(79,25-23,40)\text{ppm}}{79,25 \text{ ppm}} \times 100\% = 70,47 \%$$

4. Konsentrasi 75 ppm

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{(120,24-45,26) \text{ ppm}}{120,24 \text{ ppm}} \times 100\% = 62,36 \%$$

5. Konsentrasi 100 ppm

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{(156,38-80,48)\text{ppm}}{156,38 \text{ ppm}} \times 100\% = 48,58 \%$$

6. Konsentrasi 150 ppm

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{(241,88-102,78)\text{ppm}}{241,88 \text{ ppm}} \times 100\% = 57,51 \%$$

7. Konsentrasi 200 ppm

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{(385,12-212,84)\text{ppm}}{385,12 \text{ ppm}} \times 100\% = 44,73 \%$$

8. Konsentrasi 250 ppm

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{(394,88-250,24)\text{ppm}}{394,88 \text{ ppm}} \times 100\% = 36,63 \%$$

9. Konsentrasi 300 ppm

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{(526,84-318,52)\text{ppm}}{526,84 \text{ ppm}} \times 100\% = 39,54 \%$$

Hasil Uji variasi konsentrasi larutan (Adsorbent Tanpa Aktivasi) dengan pH 6, massa adsorbent 50 mg, dan waktu kontak 2 jam,

1. Konsentrasi 10 ppm

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{(11,79-3,45)\text{ppm}}{11,79 \text{ ppm}} \times 100\% = 70,73 \%$$

2. Konsentrasi 25 ppm

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{(40,23-16,26)\text{ppm}}{40,23 \text{ ppm}} \times 100\% = 59,60 \%$$

3. Konsentrasi 50 ppm

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{(79,25-47,10)\text{ppm}}{79,25 \text{ ppm}} \times 100\% = 40,57 \%$$

4. Konsentrasi 75 ppm

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{(120,24-68,80) \text{ ppm}}{120,24 \text{ ppm}} \times 100\% = 42,78 \%$$

5. Konsentrasi 100 ppm

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{(156,38-112,46)\text{ppm}}{156,38 \text{ ppm}} \times 100\% = 28,09 \%$$

6. Konsentrasi 150 ppm

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{(241,88-202,86)\text{ppm}}{241,88 \text{ ppm}} \times 100\% = 16,13 \%$$

7. Konsentrasi 200 ppm

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{(385,12-309,40)\text{ppm}}{385,12 \text{ ppm}} \times 100\% = 19,66 \%$$

8. Konsentrasi 250 ppm

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{(394,88-328,48)\text{ppm}}{394,88 \text{ ppm}} \times 100\% = 16,82 \%$$

9. Konsentrasi 300 ppm

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{(526,84-386,20)\text{ppm}}{526,84 \text{ ppm}} \times 100\% = 26,70 \%$$

Lampiran 5

Isoterm Reaksi

Berdasarkan data yang diperoleh pada variasi konsentrasi, nilai dari kemampuan penyerapan maksimum dari adsorbent dapat diperoleh dengan perhitungan sebagai berikut :

1. Konsentrasi 10 ppm

$$\checkmark x = \Delta C \times V$$

$$= 10,4 \text{ mg/l} \times \left(50 \text{ ml} \times \frac{1 \text{ l}}{1000 \text{ ml}} \right)$$

$$= 0,52 \text{ mg}$$

$$\checkmark q_e = \frac{x}{m}$$

$$= \left(\frac{0,52 \text{ mg}}{50 \text{ mg} \times \frac{1 \text{ gr}}{1000 \text{ mg}}} \right)$$

$$= 10,4 \text{ mg/gr}$$

2. Konsentrasi 25 ppm

$$\checkmark x = \Delta C \times V$$

$$= 27,26 \text{ mg/l} \times \left(50 \text{ ml} \times \frac{1 \text{ l}}{1000 \text{ ml}} \right)$$

$$= 1,36 \text{ mg}$$

$$\checkmark q_e = \frac{x}{m}$$

$$= \left(\frac{1,36 \text{ mg}}{50 \text{ mg} \times \frac{1 \text{ gr}}{1000 \text{ mg}}} \right)$$

$$= 27,2 \text{ mg/gr}$$

3. Konsentrasi 50 ppm

$$\checkmark x = \Delta C \times V$$

$$= 55,8 \text{ mg/l} \times \left(50 \text{ ml} \times \frac{1 \text{ l}}{1000 \text{ ml}} \right)$$

$$= 2,79 \text{ mg}$$

$$\begin{aligned} \checkmark \text{ qe} &= \frac{x}{m} \\ &= \left(\frac{2,79 \text{ mg}}{50 \text{ mg} \times \frac{1 \text{ gr}}{1000 \text{ mg}}} \right) \\ &= 55,8 \text{ mg/gr} \end{aligned}$$

4. Konsentrasi 75 ppm

$$\begin{aligned} \checkmark x &= \Delta C \times V \\ &= 74,9 \text{ mg/l} \times \left(50 \text{ ml} \times \frac{1 \text{ l}}{1000 \text{ ml}} \right) \\ &= 3,75 \text{ mg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \checkmark \text{ qe} &= \frac{x}{m} \\ &= \left(\frac{3,75 \text{ mg}}{50 \text{ mg} \times \frac{1 \text{ gr}}{1000 \text{ mg}}} \right) \\ &= 74,9 \text{ mg/gr} \end{aligned}$$

5. Konsentrasi 100 ppm

$$\begin{aligned} \checkmark x &= \Delta C \times V \\ &= 75,9 \text{ mg/l} \times \left(50 \text{ ml} \times \frac{1 \text{ l}}{1000 \text{ ml}} \right) \\ &= 3,8 \text{ mg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \checkmark \text{ qe} &= \frac{x}{m} \\ &= \left(\frac{3,8 \text{ mg}}{50 \text{ mg} \times \frac{1 \text{ gr}}{1000 \text{ mg}}} \right) \\ &= 75,9 \text{ mg/gr} \end{aligned}$$

6. Konsentrasi 150 ppm

$$\begin{aligned}\checkmark x &= \Delta C \times V \\ &= 139,1 \text{ mg/l} \times \left(50 \text{ ml} \times \frac{1 \text{ l}}{1000 \text{ ml}}\right) \\ &= 6,96 \text{ mg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\checkmark q_e &= \frac{x}{m} \\ &= \left(\frac{6,96 \text{ mg}}{50 \text{ mg} \times \frac{1 \text{ gr}}{1000 \text{ mg}}}\right) \\ &= 139,1 \text{ mg/gr}\end{aligned}$$

7. Konsentrasi 200 ppm

$$\begin{aligned}\checkmark x &= \Delta C \times V \\ &= 172,2 \text{ mg/l} \times \left(50 \text{ ml} \times \frac{1 \text{ l}}{1000 \text{ ml}}\right) \\ &= 8,61 \text{ mg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\checkmark q_e &= \frac{x}{m} \\ &= \left(\frac{8,61 \text{ mg}}{50 \text{ mg} \times \frac{1 \text{ gr}}{1000 \text{ mg}}}\right) \\ &= 172,2 \text{ mg/gr}\end{aligned}$$

8. Konsentrasi 250 ppm

$$\begin{aligned}\checkmark x &= \Delta C \times V \\ &= 66,4 \text{ mg/l} \times \left(50 \text{ ml} \times \frac{1 \text{ l}}{1000 \text{ ml}}\right) \\ &= 3,32 \text{ mg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\checkmark q_e &= \frac{x}{m} \\ &= \left(\frac{3,32 \text{ mg}}{50 \text{ mg} \times \frac{1 \text{ gr}}{1000 \text{ mg}}}\right) \\ &= 66,4 \text{ mg/gr}\end{aligned}$$

9. Konsentrasi 300 ppm

$$\checkmark x = \Delta C \times V$$

$$= 208,3 \text{ mg/l} \times \left(50 \text{ ml} \times \frac{1 \text{ l}}{1000 \text{ ml}} \right)$$

$$= 10,4 \text{ mg}$$

$$\checkmark q_e = \frac{x}{m}$$

$$= \left(\frac{10,4 \text{ mg}}{50 \text{ mg} \times \frac{1 \text{ gr}}{1000 \text{ mg}}} \right)$$

$$= 208,3 \text{ mg/gr}$$



Lampiran 6
Tabel Kolerasi

Tabel korelasi menunjukkan rentang nilai dari frekuensi data hasil FTIR untuk menunjukkan jenis senyawa yang didapat.

TABLE 2.3
A SIMPLIFIED CORRELATION CHART

	Type of Vibration	Frequency (cm ⁻¹)	Intensity	Page Reference
C-H	Alkanes (stretch)	3000-2850	s	31
	-CH ₃ (bend)	1450 and 1375	m	
	-CH ₂ - (bend)	1465	m	
	Alkenes (stretch)	3100-3000	m	33
	(out-of-plane bend)	1000-650	s	
	Aromatics (stretch)	3150-3050	s	43
	(out-of-plane bend)	900-690	s	
Alkyne (stretch)	ca. 3300	s	35	
Aldehyde		2900-2800	w	56
		2800-2700	w	
C-C	Alkane	Not interpretatively useful		
C=C	Alkene	1680-1600	m-w	33
	Aromatic	1600 and 1475	m-w	43
C≡C	Alkyne	2250-2100	m-w	35
C=O	Aldehyde	1740-1720	s	56
	Ketone	1725-1705	s	58
	Carboxylic acid	1725-1700	s	62
	Ester	1750-1730	s	64
	Amide	1680-1630	s	70
	Anhydride	1810 and 1760	s	73
	Acid chloride	1800	s	72
C-O	Alcohols, ethers, esters, carboxylic acids, anhydrides	1300-1000	s	47, 50, 62, 64, and 73
O-H	Alcohols, phenols			
	Free	3650-3600	m	47
	H-bonded	3400-3200	m	47
Carboxylic acids	3400-2400	m	62	
N-H	Primary and secondary amines and amides (stretch)	3500-3100	m	74
	(bend)	1640-1550	m-s	74
C-N	Amines	1350-1000	m-s	74
C=N	Imines and oximes	1690-1640	w-s	77
C≡N	Nitriles	2260-2240	m	77
X-C-Y	Allenes, ketenes, isocyanates, isothiocyanates	2270-1940	m-s	77
N=O	Nitro (R-NO ₂)	1550 and 1350	s	79
S-H	Mercaptans	2550	w	81
S=O	Sulfoxides	1050	s	81
	Sulfones, sulfonyl chlorides, sulfates, sulfonamides	1375-1300 and 1350-1140	s	82
C-X	Fluoride	1400-1000	s	85
	Chloride	785-540	s	85
	Bromide, iodide	< 667	s	85

Lampiran 7

Baku Mutu Kualitas Lingkungan

Regulasi terkait nilai konsentrasi logam Pb didalam lingkungan dapat dilihat pada tabel lampiran 1 PP No. 82 Tahun 2001 yang menunjukkan batas konsentrasi yang diperbolehkan didalam lingkungan.

LAMPIRAN: PERATURAN PEMERINTAH
NOMOR 82 TAHUN 2001
TANGGAL : 14 Desember 2001
TENTANG : PENGELOLAAN KUALITAS AIR DAN
PENGENDALIAN PENCEMARAN AIR

Kriteria Mutu Air Berdasarkan Kelas

PARAMETER	SATUAN	KELAS				KETERANGAN
		I	II	III	IV	
FISIKA						
Temperatur	⁰ C	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi 3	Deviasi 5	Deviasi temperatur dari alamiahnya
Residu Terlarut	mg/L	1000	1000	1000	2000	
Residu Tersuspensi	mg/L	50	50	400	400	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, residu tersuspensi < 5000 mg/L
KIMIA ORGANIK						
pH		6 – 9	6 – 9	6 – 9	5 – 9	Apabila secara alamiah di luar rentang tersebut, maka ditentukan berdasarkan kondisi alamiah
BOD	mg/L	2	3	6	12	
COD	mg/L	10	25	50	100	
DO	mg/L	6	4	3	0	Angka batas minimum
Total fosfat sbg P	mg/L	0,2	0,2	1	5	
NO ₃ sebagai N	mg/L	10	10	20	20	
NH ₃ -N	mg/L	0,5	(-)	(-)	(-)	Bagi Perikanan, kandungan amonia bebas untuk ikan yang peka ≤ 0,02 mg/L sebagai NH ₃
Arsen	mg/L	0,05	1	1	1	
Kobalt	mg/L	0,2	0,2	0,2	0,2	
Barium	mg/L	1	(-)	(-)	(-)	
Boron	mg/L	1	1	1	1	
Selenium	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,05	
Kadmium	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01	
Khrom (VI)	mg/L	0,05	0,05	0,05	1	
Tembaga	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,2	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Cu < 1 mg/L
Besi	mg/L	0,3	(-)	(-)	(-)	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Fe < 5 mg/L
Timbal	mg/L	0,03	0,03	0,03	1	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Pb < 0,1 mg/L
FISIKA						
Mangan	mg/L	0,1	(-)	(-)	(-)	
Air Raksa	mg/L	0,001	0,002	0,002	0,005	