

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 penyiapan 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.

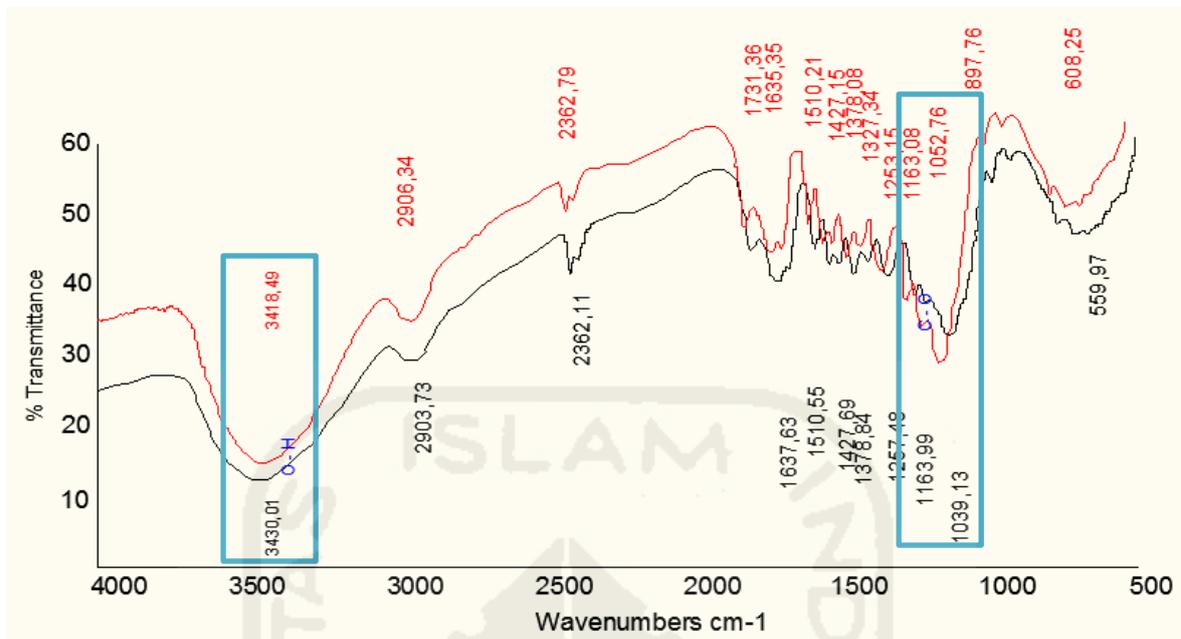
Tabel 4.1 Gugus Fungsi

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.



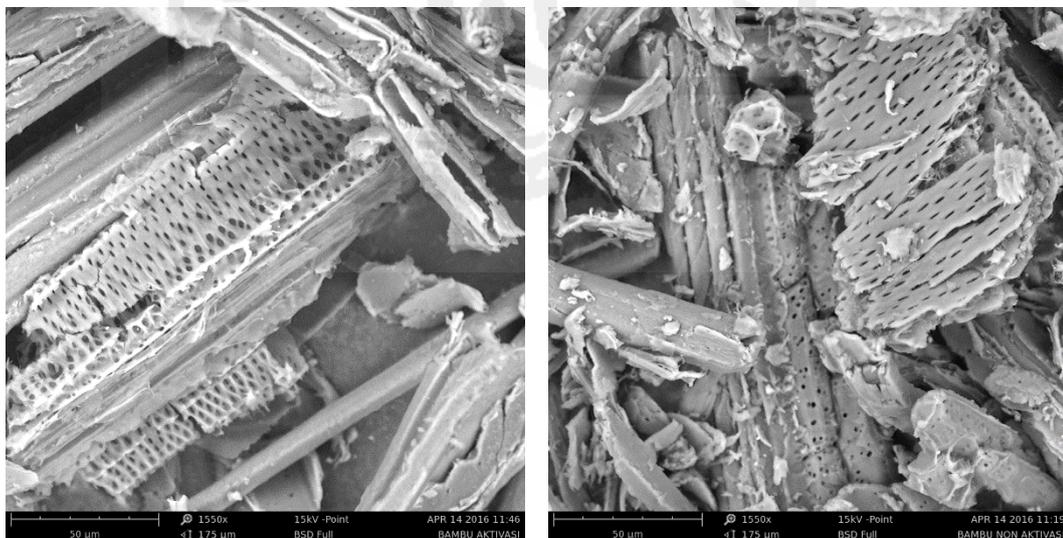
Gambar 4.11 Perbandingan Gugus Fungsi Adsorbent Tanpa Aktivasi (Merah) dan Aktivasi (Hitam) Grafik FTIR

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 Adsorben 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

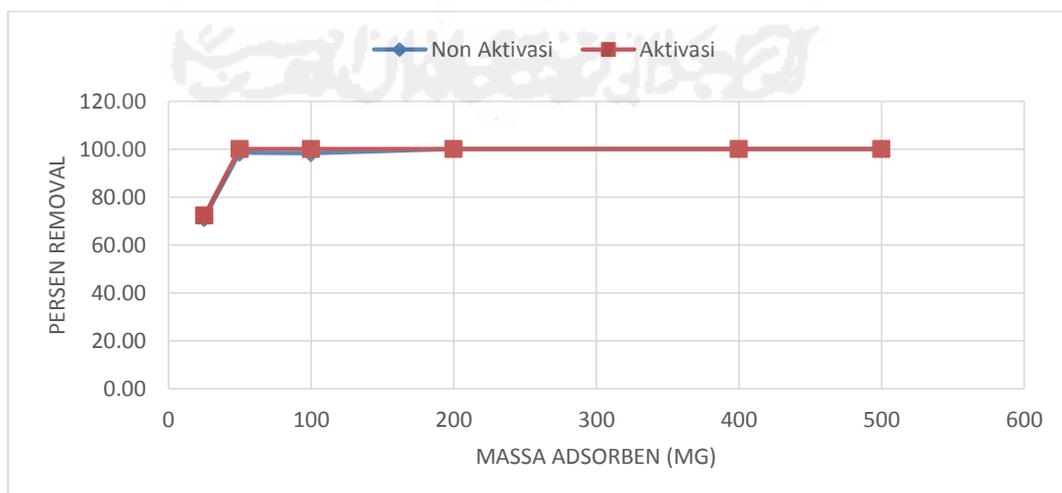
Sumber : Data primer, 2016

Tabel 4.3 Hasil Uji Adsorpsi Massa Adsorben Tanpa Aktivasi

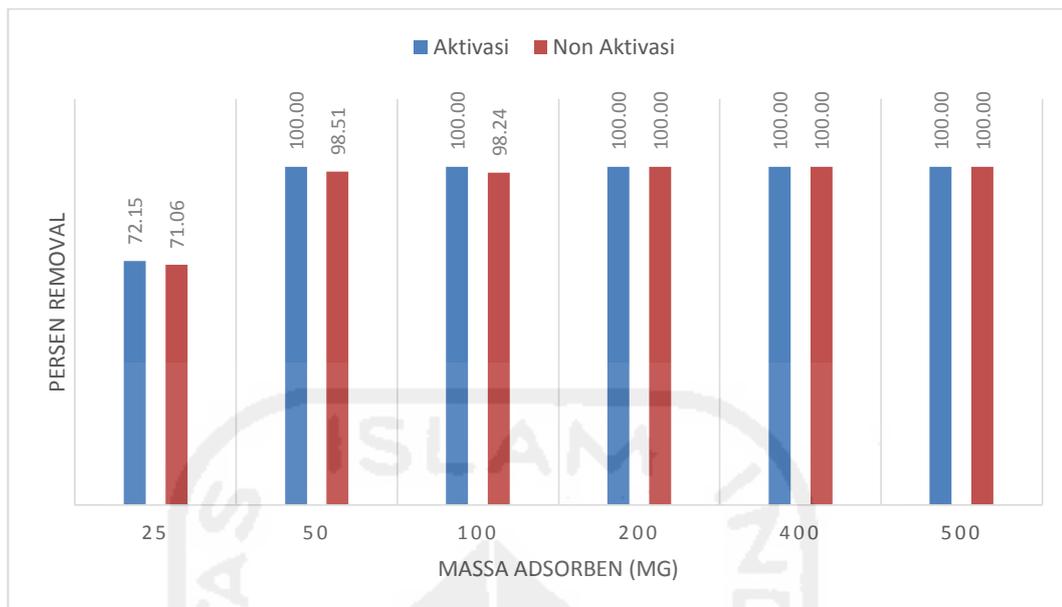
Massa	Konsentrasi Awal (C ₀)	Konsentrasi Akhir (C)	Persentase Removal (%)	pH Awal	pH Akhir
25	10,09	2,92	71,06	6,2	6,1
50	10,09	0,15	98,51	6,4	6
100	10,09	0,00	100,00	6	6,04
200	10,09	0,00	100,00	6,04	5,9
400	10,09	0,00	100,00	6,03	6
500	10,09	0,00	100,00	6,03	6,12
Kontrol pH 6		7,85	22,20	6,07	6,07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

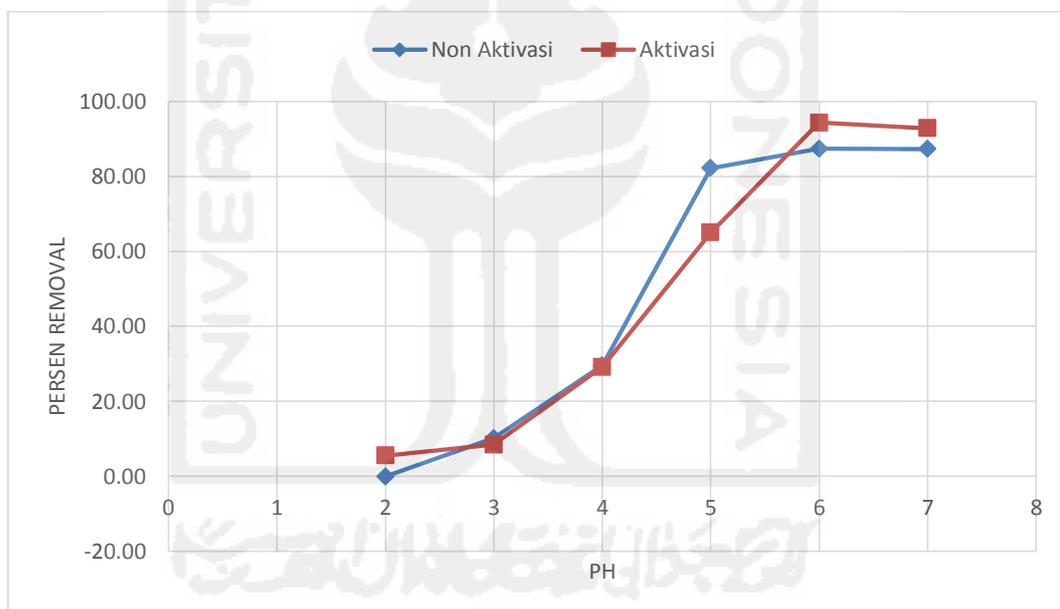
PH	Konsentrasi Awal (C0)	Konsentrasi Akhir (C)	Persentase Removal (%)	PH Awal	PH Akhir
2	12,04	12,05	-0,06	2,24	2,12
3	12,04	10,82	10,16	3,09	3
4	12,04	8,48	29,57	4,23	4,14
5	12,04	2,14	82,23	5,21	5,26
6	12,04	1,52	87,38	6,12	6
7	12,04	1,53	87,30	7,11	7
Kontrol Ph 2		11,04	8,30	2,24	2,23
Inlet	12,04			5,09	5,09

Sumber : Data primer, 2016

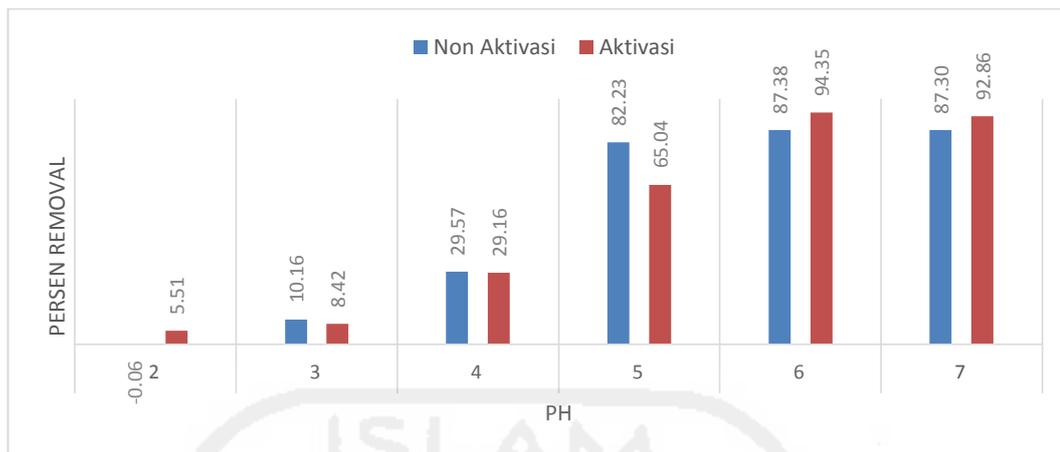
Tabel 4.5 Hasil Uji Variasi pH Adsorpsi Timbal (Pb) Menggunakan Adsorben Aktivasi

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

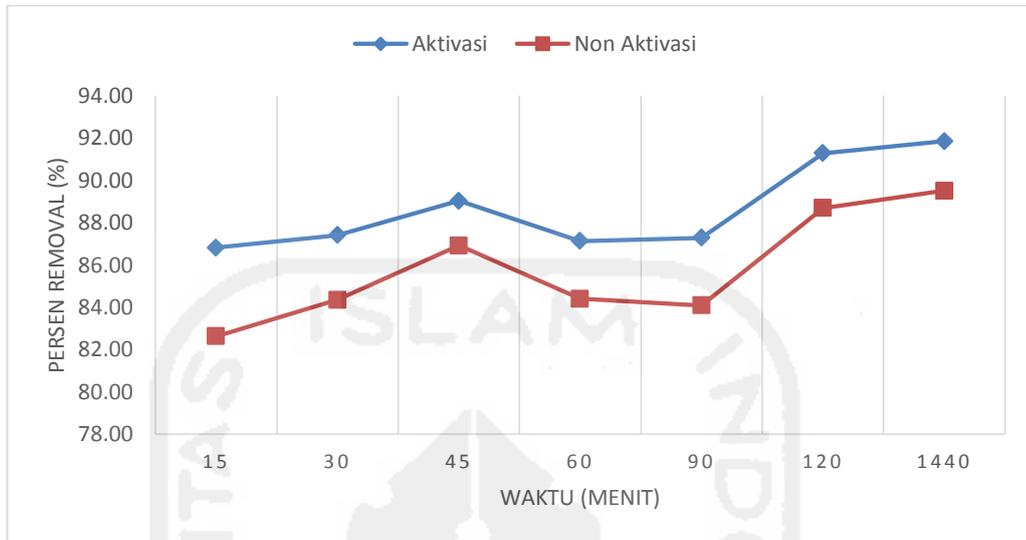
Sumber : Data primer, 2016

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

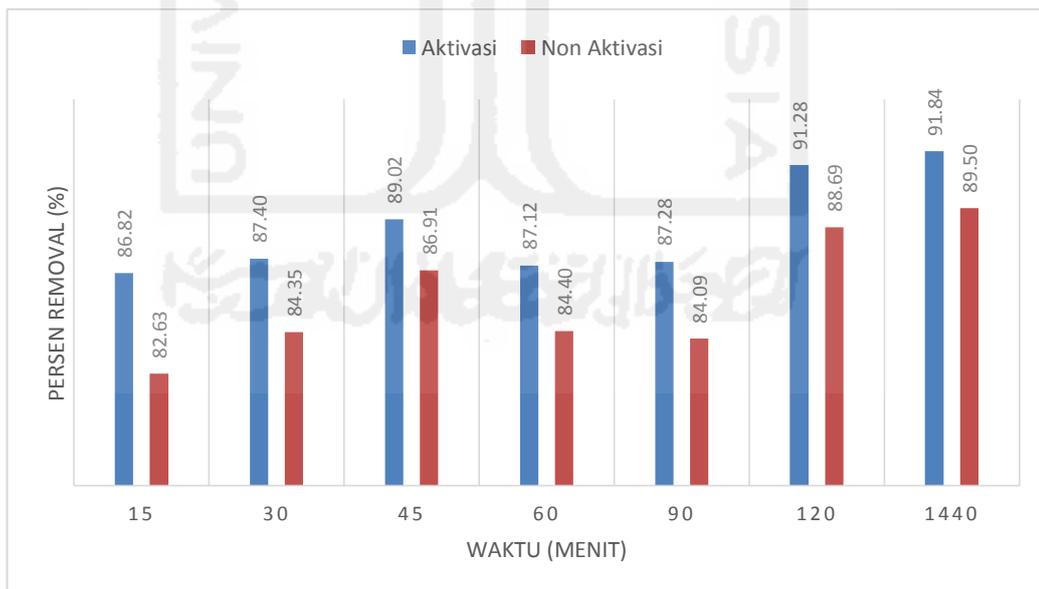
Waktu	Konsentrasi Awal (C0)	Konsentrasi Akhir (C)	Persentase Removal (%)	PH Awal	PH Akhir
15	12,38	1,63	86,82	6,01	6,03
30	12,38	1,56	87,40	6,07	6,02
45	12,38	1,36	89,02	6,02	6,04
60	12,38	1,59	87,12	6,01	6,05
90	12,38	1,58	87,28	6,06	6,02
120	12,38	1,08	91,28	6,01	6,05
1440	12,38	1,01	91,84	6,05	6,06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

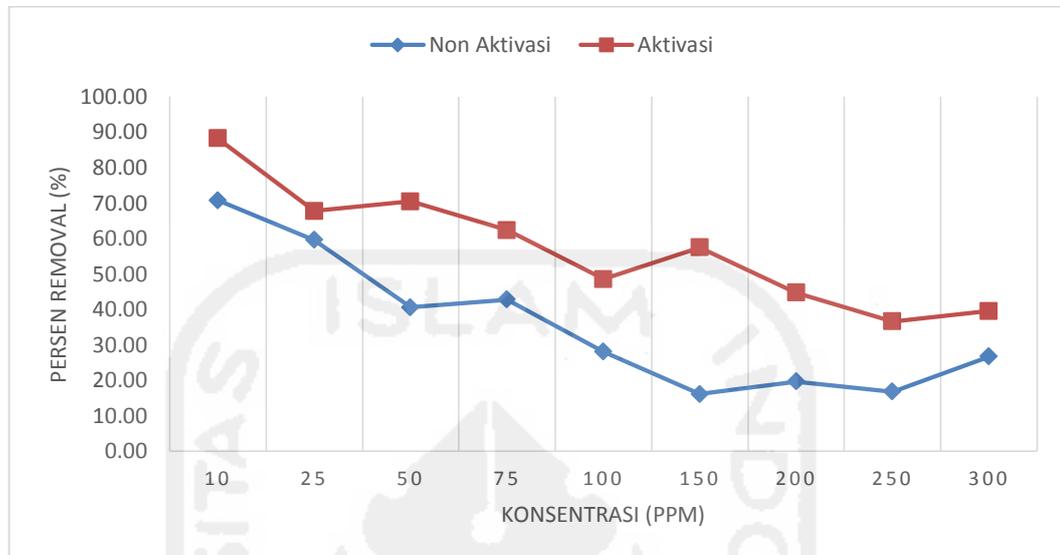
Sumber : Data primer, 2016

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

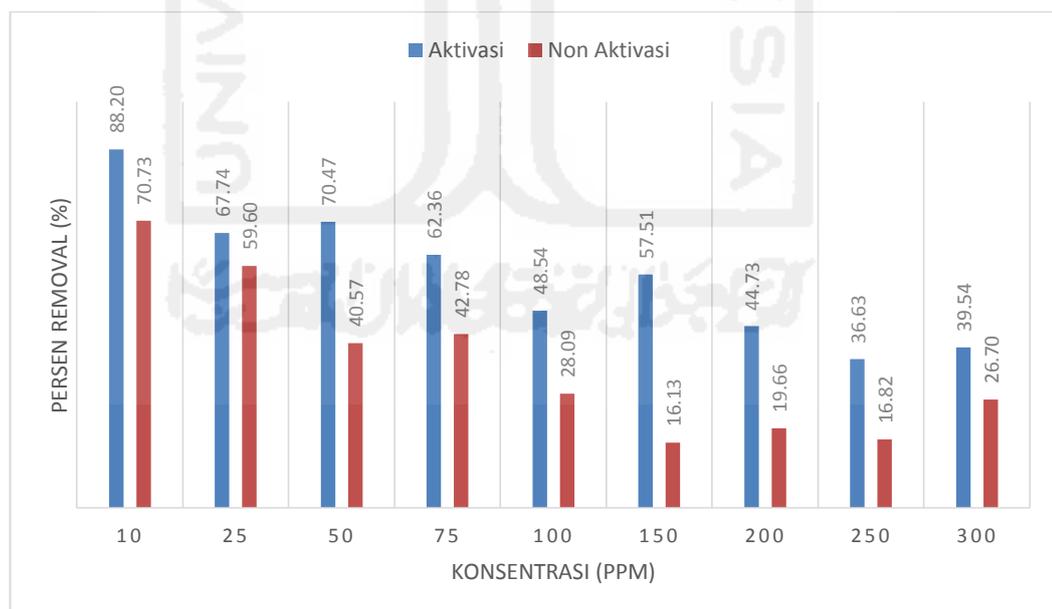
Konsentrasi (ppm)	Massa Adsorben (mg)	Volume Larutan (ml)	Konsentrasi Awal (C ₀)	Konsentrasi Akhir (C _e)	Selisih (ΔC)	Persentase Removal (%)	PH Awal	PH Akhir
10	50	50	11,792	1,39	10,40	88,20	6,2	6,08
25	50	50	40,235	12,98	27,26	67,74	6,04	6,06
50	50	50	79,250	23,40	55,85	70,47	6,1	6,06
75	50	50	120,240	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 Adsorbent 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 Adsorbent 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 :

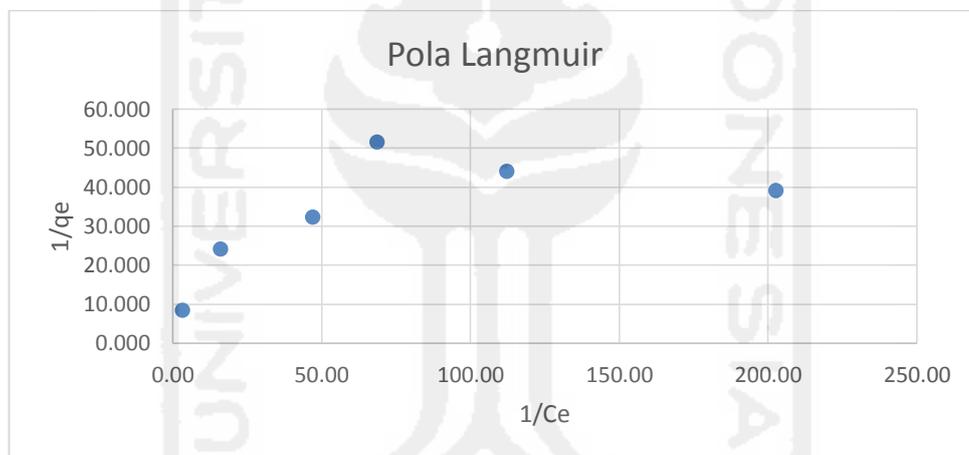
X = Massa Teradsorpsi (mg)

q_e = Kemampuan Penyerapan (mg/gr)

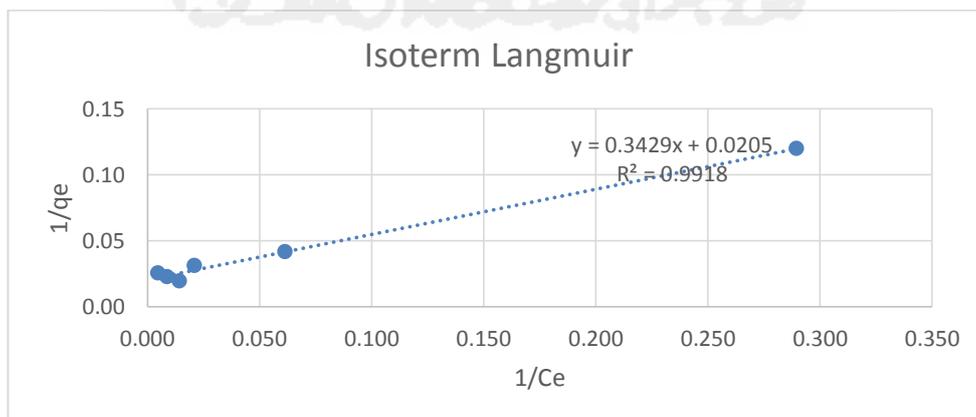
C_e = Konsentrasi Akhir (mg/l)

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

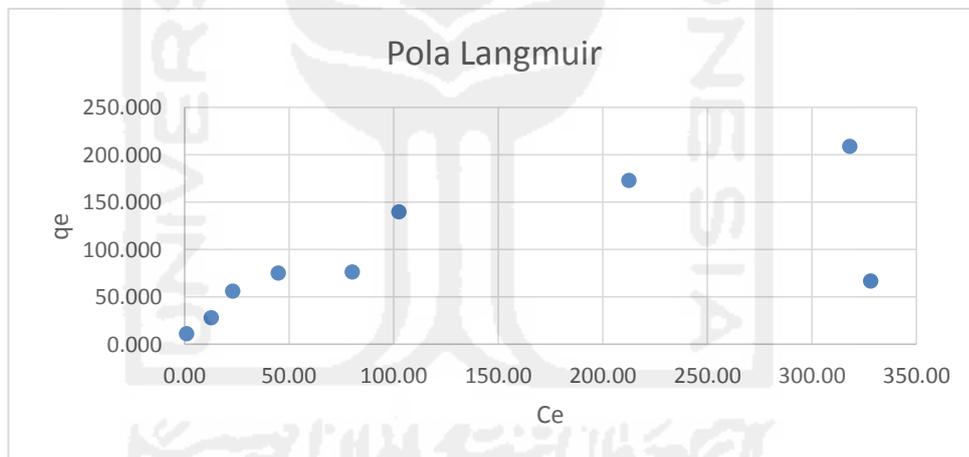


Gambar 4.24 Kurva Kalibrasi Isoterm Langmuir Tanpa Aktivasi

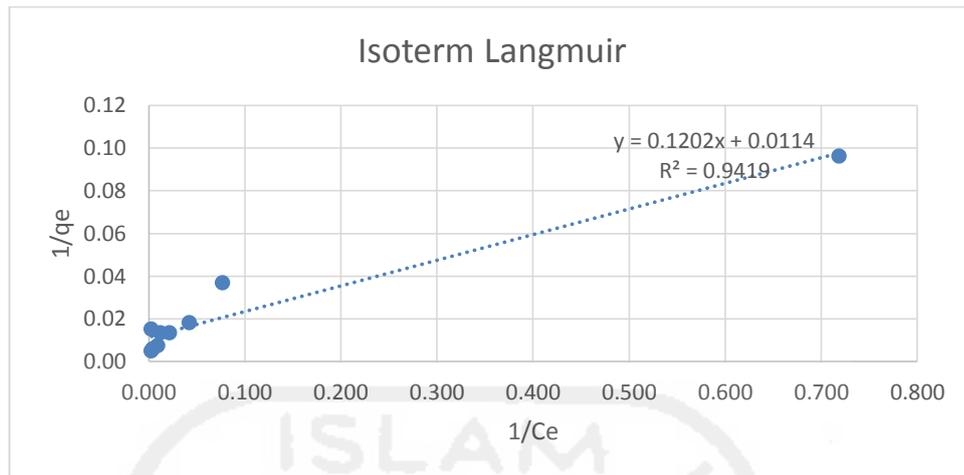
Berdasarkan Gambar 4.23 dapat dilihat bahwa data adsorben bambu tanpa aktivasi yang diperoleh dari hasil percobaan menunjukkan bentuk tren dari isoterm Langmuir sehingga dapat dinyatakan hasil isoterm adsorpsi mengikuti isoterm Langmuir. Sedangkan pada Gambar 4.24 diperoleh nilai $y = 0,3429x + 0,0205$ 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 :

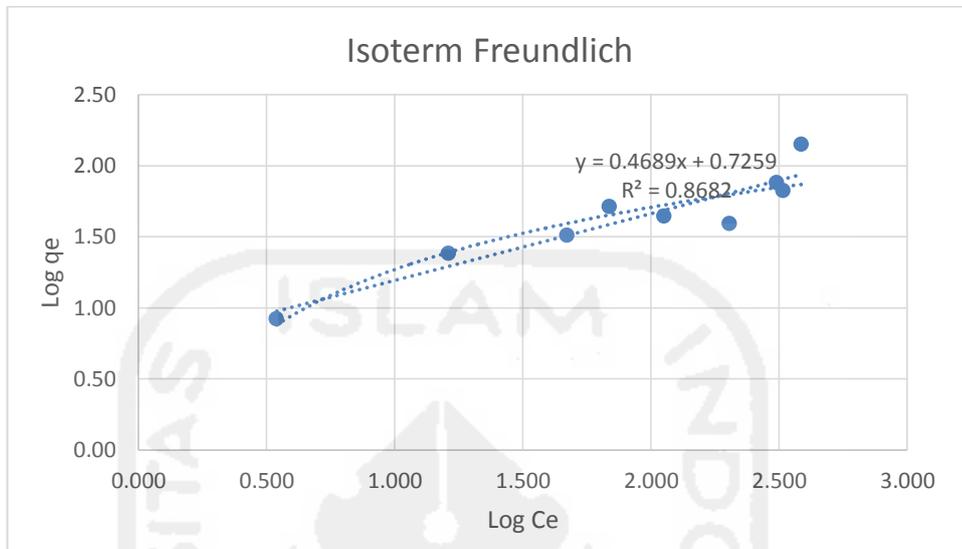
X = Massa Teradsorpsi (mg)

q_e = Kemampuan Penyerapan (mg/gr)

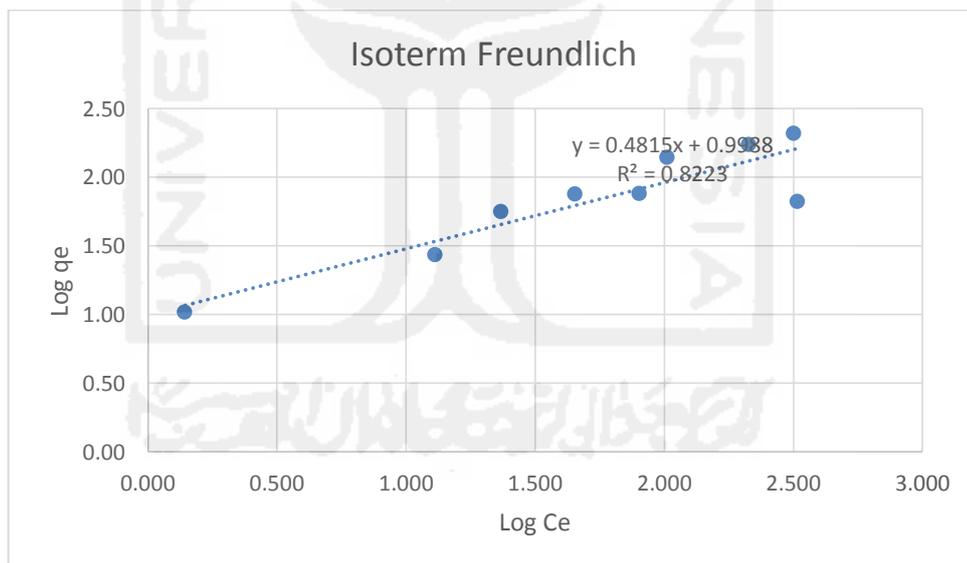
C_e = Konsentrasi Akhir (mg/l)

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 .