SINTESIS BIOSORBEN DARI LIMBAH KAYU JATI DAN APLIKASINYA UNTUK MENJERAP LOGAM Pb DALAM LIMBAH CAIR ARTIFISIAL

TUGAS AKHIR
Disajikan sebagai salah satu syarat untuk
memperoleh gelarAhli Madya Program Studi Teknik Kimia

oleh
Anis Tri Wahyuni
5511311008

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2014

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama Mahasiswa : Anis Tri Wahyuni

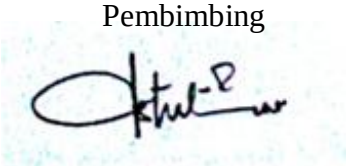
NIM : 5511311008

Tugas Akhir

Judul : **Sintesis Biosorben dari Limbah Kayu Jati dan Aplikasinya untuk Menjerap Logam Pb dalam Limbah Cair Artifisial**

telah disetujui oleh Pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian tugas akhir.

Pembimbing



Dr. Widi Astuti, S.T., M.T.

NIP. 197310172000032001

PENGESAHAN KELULUSAN

Tugas Akhir

Judul : **Sintesis Biosorben dari Limbah Kayu Jati dan Aplikasinya untuk Menjerap Logam Pb dalam Limbah Cair Artifisial**

Oleh : Anis Tri Wahyuni

NIM 5511311008

telah dipertahankan dalam sidang Tugas Akhir Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang, dan disahkan pada:

Hari : Rabu

Tanggal : 20 Agustus 2014

Dekan Fakultas Teknik,

Dr. Muhammad Harlanu, M. Pd.
NIP. 196602151991021001

Ketua Prodi Teknik Kimia DIII,

Prima Astuti Handayani, S.T., M.T.
NIP. 197203252000032001

Penguji

Dr. Dewi Selvia Fardhyanti S.T., M.T.
NIP. 197103161999032002

Pembimbing

Dr. Widi Astuti, S.T., M.T.
NIP. 197310172000032001

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

1. Bukanlah hidup kalau tidak ada masalah, bukanlah sukses kalau tidak melalui rintangan, bukanlah menang kalau tidak dengan pertarungan, bukanlah lulus kalau tidak ada ujian, dan bukanlah berhasil kalau tidak berusaha.
2. Jadilah seperti karang di lautan yang kuat dihantam ombak dan kerjakanlah hal yang bermanfaat untuk diri sendiri dan orang lain, karena hidup hanyalah sekali. Ingat hanya pada Allah apapun dan dimanapun kita berada kepada Dia-lah tempat meminta dan memohon.

PERSEMBAHAN

1. Ibu, Bapak, dan saudara-saudaraku tercinta
2. Dosen-dosenku yang luar biasa
3. Sahabat-sahabatku
4. Anak-anak kost Griya Mico
5. Almamaterku

INTISARI

Tri Wahyuni, Anis. 2014. *Sintesis Biosorben dari Limbah Kayu Jati dan Aplikasinya untuk Menjerap Logam Pb dalam Limbah Cair Artifisial.* Tugas Akhir. Program Studi Teknik Kimia DIII, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang.
Pembimbing Dr. Widi Astuti, S.T., M.T.

Limbah industri yang semakin berkembang menjadi permasalahan global yang serius, karena limbah ini bersifat toksin, terutama limbah cair yang mengandung logam berat (contohnya Pb). Berbagai metode pengolahan limbah telah banyak dipelajari, diantara berbagai metode tersebut, adsorpsi dengan biosorben merupakan metode yang paling murah dan mudah diterapkan. Sebagai alternatif digunakan serbuk gergaji kayu jati yang belum dimanfaatkan secara maksimal sebagai biosorben. Kayu jati mengandung lignoselulosa yang tinggi, sehingga dapat digunakan sebagai biosorben. Biosorben tersebut dapat dimanfaatkan sebagai biosorben yang memiliki banyak manfaat, salah satunya adalah untuk menjerap logam Pb. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pembuatan biosorben dari serbuk gergaji kayu jati dan mengaplikasikan biosorben tersebut untuk mengadsorpsi logam Pb.

Tahapan-tahapan dalam pembuatan biosorben dari serbuk gergaji kayu jati meliputi preparasi, aktivasi, pencucian, dan pengeringan. Tahapan preparasi bertujuan untuk menghilangkan pengotor yang terkandung dalam serbuk gergaji kayu jati. Setelah tahap preparasi dilanjutkan tahap aktivasi menggunakan natrium hidroksida untuk memperbesar pori-pori biosorben, sehingga meningkatkan kemampuan adsorpsi lebih maksimal. Selanjutnya dilakukan pencucian dan pengeringan, tahap akhir ini dilakukan untuk menghilangkan natrium hidroksida yang masih tersisa dalam biosorben. Biosorben yang diperoleh selanjutnya digunakan untuk mengadsorpsi ion logam Pb yang terkandung dalam limbah cair artifisial dengan variasi waktu 15, 30, 45, 60, 120, 180 menit dan variasi konsentrasi awal 2, 4, 6, 8, dan 10 ppm.

Larutan Pb yang telah diadsorpsi diidentifikasi dengan analisis AAS (*Atomic Absorption Spectroscopy).* Sebelumnya biosorben diidentifikasi karakterisasinya terlebih dahulu dengan analisis FTIR *(Fourier Transform Infra Red)* dan analisis SAA *(Surface Area Alanyzer).*

Hasil penelitian menunjukkan bahwa serbuk gergaji kayu jati dapat digunakan sebagai biosorben untuk menjerap ion logam Pb dalam limbah cair artifisial. Berdasarkan analisis FTIR biosorben memiliki gugus-gugus aktif yang dapat mengadsorpsi logam Pb yaitu gugus –OH dan gugus C-O. Biosorben memiliki surface area 15.134 m^2/g sehingga mampu mengadsorpsi logam Pb yang berukuran 0.2 m^2/g dan ukuran pori 18.86 Å. Berdasarkan uji AAS dan perhitungan ralat rerata Isoterm yang sesuai dengan serbuk gergaji kayu jati adalah Isoterm Freundlich dengan nilai n sebesar 0.386, k_F sebesar 0.928 dan Cμmodel sebesar 2.24 x 10^{-1}.

PRAKATA

Alhamdulillah,penulis bersyukur kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul, **"Sintesis Biosorben dari Limbah Kayu Jati dan Aplikasinya untuk Menjerap Logam Pb dalam Limbah Cair Artifisial"**. Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program studi Diploma III untuk mendapatkan gelar Ahli Madya Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Drs. Muhammad Harlanu, M.Pd. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
2. Prima Astuti Handayani, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi D3 Teknik Kimia.
3. Dr. Widi Astuti, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing yang selalu memberi bimbingan, motivasi dan pengarahan yang membangun dalam penyusunan Tugas Akhir.
4. Dr. Dewi Selvia Fardhyanti S.T., M.T. selaku Dosen Penguji yang telah memberikan masukan dan pengarahan dalam penyempurnaan penyusunan Tugas Akhir.
5. Bapak/Ibu Dosen Teknik Kimia yang sangat luar biasa yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat.
6. Bapak dan Ibu dan keluargaku terima kasih atas curahan kasih sayang dan perhatiannya dalam mendidik dan membesarkanku serta doa yang selalu menyertaiku.

7. Eko, Heti, Kiki, Indra, Rosa, Puji, Bunga, Dyas, Eve yang selalu membantu, menemani saat suka maupun duka dan menyemangati, kalian selalu ada buat saya.
8. Maz Amarulloh, S.Pd. yang selalu menemaniku saat suka maupun duka, dan senantiasa memberikan semangat dan nasihat untuk tetap sabar dan pantang menyerah.
9. Serta semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu yang telah mendukung dan membantu hingga terselesaikannya tugas akhir ini.

Semoga laporan ini bermanfaat bagi kita semua dan bagi perkembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi, dan semoga Allah SWT membalas dengan imbalan yang setimpal bagi pihak-pihak yang telah membantu berupa apapun, baik materi maupun doa.

Semarang, 12 Agustus 2014

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL i
PERSETUJUAN PEMBIMBING..... ii
PENGESAHAN KELULUSAN..... iii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN..... iv
INTISARI..... v
PRAKATA..... vi
DAFTAR ISI..... viii
DAFTAR TABEL..... x
DAFTAR GAMBAR..... xi
DAFTAR LAMPIRAN..... xii

BAB I PENDAHULUAN..... 1
1.1 Latar Belakang..... 1
1.2 Rumusan Masalah..... 2
1.3. Tujuan Penelitian..... 2
1.4 Manfaat Penelitian..... 3

BAB II KAJIAN PUSTAKA..... 4
2.1 Serbuk Gergaji Kayu Jati..... 4
2.2 Lignoselulosa..... 6
2.3 Adsorpsi..... 8
2.3.1 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Adsorpsi..... 9
2.3.2 Kesetimbangan Adsorpsi Cair-cair..... 10
a. Persamaan Isoterm Adsorpsi Langmuir..... 11
b. Persamaan Isoterm Adsorpsi Freundlich..... 11
2.4 Biosorben..... 12
2.5 Limbah Cair Artifisial dan Logam Berat Timbal (Pb)..... 14

BAB III METODE PENELITIAN..... 16
3.1 Alat..... 16

3.2 Bahan 17
3.3 Rangkaian Alat 17
3.4 Cara Kerja 18
3.4.1 Penyiapan biosorben dari serbuk gergaji kayu jati 18
3.4.2 Aktivasi biosorben 18
3.4.3 Penentuan waktu kontak maksimum 18
3.4.4 Penentuan konsentrasi awal larutan Pb maksimum 18
3.4.5 Analisis Spektrofotometri serapan atom (AAS) 18
3.4.6 Analisis FTIR 19
3.4.7 Analisis SAA (*Surface Area Analyzer*) 19

BAB IV PEMBAHASAN 20
4.1 Preparasi Bahan Baku 20
4.2 Aktivasi Biosorben 21
4.3 Karakterisasi Biosorben 21
4.3.1 Gugus Fungsi 21
4.3.2 *Surface Area* 23
4.3.3 Ukuran Pori 23
4.4 Uji Kemampuan Adsorpsi 24
4.4.1 Waktu Optimum Biosorpsi Ion Logam Pb 24
4.4.2 Konsentrasi Awal Larutan Pb 25
4.5 Isoterm Adsorpsi 26
4.5.1 Isoterm Langmuir 26
4.5.2 Isoterm Freundlich 27

BAB V PENUTUP 28
5.1 Simpulan 28
5.2 Saran 28

DAFTAR PUSTAKA 29
LAMPIRAN 31

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 2.1 Sifat-Sifat Kayu Jati 5

Tabel 4.1 Interpretasi Spektra FTIR Biosorben dari Serbuk Gergaji Kayu Jati..... 23

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 2.1 Serbuk Gergaji Kayu Jati 6
Gambar 2.2 Kurva adsorpsi Langmuir..... 11
Gambar 2.3 Kurva isoterm adsorpsi Freundlich..... 12
Gambar 3.1. Rangkaian Alat Adsorpsi 17
Gambar 4.1 Serbuk gergaji kayu jati setelah dicuci 20
Gambar 4.2 Biosorben Serbuk gergaji kayu jati..... 21
Gambar 4.3 Spektra FTIR Biosorben dari Serbuk Gergaji Kayu Jati 22
Gambar 4.4 Hubungan Antara Waktu Kontak dengan Cμ 24
Gambar 4.5 Hubungan antara Konsentrasi Awal Larutan Pb dengan Cμ 25
Gambar 4.6 Kurva Isoterm Langmuir..... 26
Gambar 4.7 Kurva Isoterm Freundlich 27

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Skema kerja 32
Lampiran 2 Pembuatan larutan..... 36
Lampiran 3 Data pengamatan..... 37
Lampiran 4 Hasil analisis FTIR..... 39
Lampiran 5 Hasil analisis SAA 44

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri yang cukup pesat di berbagai negara menyebabkan tingginya pencemaran lingkungan akibat belum dilakukannya pengolahan limbah secara benar oleh pihak industri. Oleh karena itu permasalahan limbah industri semakin berkembang menjadi permasalahan global yang serius, karena limbah ini pada umumnya bersifat toksin, terutama limbah cair yang mengandung logam berat. Keberadaan logam berat di lingkungan dapat berbahaya bagi makhluk hidup. Meskipun beberapa logam berat (contohnya Pb) dalam konsentrasi kecil bersifat esensial bagi makhluk hidup karena diperlukan untuk metabolisme tubuh, termasuk manusia, lingkungan yang telah tercemar oleh logam berat esensial pun menjadi masalah tersendiri, terutama jika konsentrasi logam berat tersebut telah melampaui ambang batas yang diperbolehkan. Tingginya kadar logam berat di perairan ini disebabkan karena masih rumit dan mahalnya proses pengolahan limbah yang sudah ada. Dengan demikian, diperlukan proses pengolahan limbah yang mudah dan murah untuk dapat diterapkan di industri.

Berbagai metode pengolahan limbah telah banyak dipelajari, diantaraya pengolahan limbah secara fisika yang meliputi: flotasi, presipitasi, filtrasi dan pengolahan limbah secara kimiawi yang meliputi: netralisasi, proses oksidasi dan reduksi, koagulasi, penukaran ion (*ion exchange*), adsorpsi.

Diantara berbagai metode tersebut, adsorpsi merupakan metode yang paling murah dan mudah diterapkan. Bererapa penelitian terdahulu telah melakukan adsorpsi logam berat menggunakan zeolit (Wahyuni & Widiastuti, 2009), akar rambut solanum nigrum l galur A4 (Indrasti, 2003). Namun, bahan-bahan biosorben tersebut memerlukan perlakuan yang rumit dan mahal, sehingga sulit di terapkan di industri.

Indonesia adalah negara agraris yang kaya akan berbagai macam tumbuhan. Pohon jati adalah salah satu pohon yang banyak tumbuh di negara Indonesia terutama di pulau Jawa yang banyak digunakan untuk keperluan konstruksi serta dekorasi. Pada umumnya, sebagian limbah serbuk gergaji ini hanya digunakan sebagai bahan bakar tungku, atau dibakar begitu saja, sehingga dapat menimbulkan pencemaran lingkungan (Yudanto & Kusumaningrum, 2005).

Kayu jati mengandung lignoselulosa tinggi, sehingga dapat digunakan sebagai biosorben. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dipelajari kemampuan adsorbsi serbuk gergaji kayu jati untuk menjerap limbah logam berat, terutama logam Pb.

1.2.Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, maka rumusan masalah dari penelitian ini adalah bagaimana memanfaatkan serbuk gergaji kayu jati *(Tectona Grandis)* dijadikan biosorben untuk mengatasi limbah cair yang mengandung Pb yang ada di lingkungan sekitar.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengolah serbuk gergaji kayu jati *(Tectona Grandis)* menjadi biosorben.
2. Mengetahui karakterisasi biosorben dari serbuk gergaji kayu jati *(Tectona Grandis)*.
3. Mengetahui kemampuan adsorpsi serbuk gergaji kayu jati *(Tectona Grandis)* terhadap logam berat Pb.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah ada 3 yaitu di bidang lingkungan, IPTEK (Ilmu pengetahuan dan teknologi), dan ekonomi. Di bidang lingkungan penelitian ini dapat mengatasi masalah pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh logam berat, khususnya logam Pb. Di bidang IPTEK penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi di bidang pengolahan limbah cair logam berat Pb dengan menggunakan biosorben dari serbuk gergaji kayu jati *(Tectona Grandis)* kemudian dalam bidang ekonomi penelitian ini dapat meningkatkan nilai ekonomi serbuk gergaji kayu jati.

BAB II
KAJIAN PUSTAKA

2.1 Serbuk Gergaji Kayu Jati

Serbuk gergaji adalah serbuk kayu berasal dari kayu yang dipotong dengan gergaji. Kayu jati memiliki nama botani *Tectona grandis.* Di Indonesia kayu jati memiliki berbagai jenis nama daerah yaitu delek, dodolan, jate, jatih, jatos, kiati, kulidawa, dan lain-lain. Kayu ini merupakan salah satu kayu terbaik didunia. Berdasarkan PPKI 1961 termasuk kayu dengan tingkat pemakaian I, tingkat kekuatan II dan tingkat keawetan I. Pohon jati tumbuh baik pada tanah sarang terutama tanah yang mengandung kapur pada ketinggian 0-700 m di atas permukaan laut, di daerah dengan musim kering yang nyata dan jumlah curah hujan rata-rata 1200-2000 mm per-tahun. Banyak terdapat di seluruh Jawa, Sumatra, Nusa Tenggara Barat, Maluku dan Lampung.

Karena sifat-sifatnya yang baik, kayu jati merupakan jenis kayu yang paling banyak dipakai untuk berbagai keperluan. Sifat-sifat kayu jati secara lengkap dapat dilihat pada tabel 2.1. Pada industri pengolahan kayu jati diolah menjadi kayu gergajian, *plywood, blackbord*, *particleboard*, mebel air dan sebagainya.

Tabel 2.1 Sifat-Sifat Kayu Jati

No.	Sifat	Satuan	Nilai
1	Berat jenis	Kg/cm3	0,62-0,75 (rata-rata 0,67)
2	Tegangan pada batas proporsi	Kg/cm3	718
3	Tegangan pada batas patah	Kg/cm3	1031
4	Modulus elastisitas	Kg/cm3	127700
5	Tegangan tekan sejajar serat	Kg/cm3	550
6	Tegangan geser arah radial	Kg/cm3	80
7	Tegangan geser arah tangensial	Kg/cm3	89
8	Kadar selulosa	%	47,5
9	Kadar lignin	%	29,9
10	Kadar pentose	%	14,4
11	Kadar abu	%	1,4
12	Kadar silica	%	0,4
13	Serabut	%	66,3
14	Kelarutan dalam alcohol bensena	%	4,6
15	Kelarutan dalam air dingin	%	1,2
16	Kelarutan dalam air panas	%	11,1
17	Kelarutan dalam NaOH 1 %	%	19,8
18	Kadar air saat titik jenuh serat	%	28
19	Nilai kalor	Cal/gram	5081
20	Kerapatan	Cal/gram	0,44

Sumber: Febriana Dedek, *et al*. 2013

Serbuk kayu jati memiliki sifat fisik antara lain daya hantar panas, daya hantar listrik, angka muai dan berat jenis. Perambatan panas pada kayu akan tertahan oleh pori–pori dan rongga–rongga pada sel kayu. Karena itu kayu bersifat sebagai penyekat panas. Semakin banyak pori dan rongga udaranya, daya hantar panas kayu semakin berkurang. Selain itu daya hantar panas juga dipengaruhi oleh kadar air kayu, pada kadar air yang tinggi daya hantar panasnya juga semakin besar. Gambar berikut adalah gambar serbuk gergaji kayu jati.

Gambar 2.1 Serbuk Gergaji Kayu Jati

Kandungan kimia kayu adalah selulosa sebesar 60 %, lignin 28 % dan zat lain (termasuk zat gula) 12 %. Dinding sel tersusun sebagian besar oleh selulosa. Lignin adalah suatu campuran zat–zat organik yang terdiri dari zat karbon (C), zat air, dan oksigen. Serbuk gergaji kayu jati mengandung komponen utama selulosa, hemiselulosa, lignin dan zat ekstraktif kayu. Lignin mempunyai ikatan kimia dengan hemiselulosa bahkan ada indikasi mengenal adanya ikatan–ikatan antara lignun dan selulosa. Ikatan–ikatan tersebut dapat berupa tipe–tipe ester atau eter diusulkan bahwa ikatan–ikatan glikosida merupakan penyatu lignin dan polisakarida. Komponen kimia didalam kayu mempunyai arti penting, karena menentukan kegunaan sesuatu jenis kayu juga dengan mengetahuinya kita dapat membedakan jenis kayu.

Kayu jati merupakan kayu serba guna, umumnya digunakan untuk berbagai keperluan seperti *furniture* dan perkakas, selain itu serbuk gergajinya dapat pula digunakan sebagai bahan pembuat briket dan juga sebagai zat penjerap. Serbuk gergaji kayu merupakan limbah industri kayu ternyata dapat digunakan sebagai zat penyerap logam berat (Anonim, 2014).

2.2 Lignoselulosa

Lignoselulosa adalah komponen organik di alam yang berlimpah dan terdiri dari tiga tipepolimer, yaitu selulosa, hemiselulosa dan lignin. Komponen ini merupakan sumber penting untuk menghasilkan produk bermanfaat seperti gula dari proses fermentasi, bahan kimia dan bahan bakar cair. Lignoselulosa

dapat diperoleh dari bahan kayu, jerami, rumput-rumputan, limbah pertanian/hutan, limbah industri (kayu, kertas) dan bahan berserat lainnya. Kandungan dari ketiga komponen lignoselulosa bervariasi tergantung dari jenis bahannya. Sebagai contoh, kandungan selulosa pada kayu berkisar antara 45% dari berat kering yang merupakan polimer rantai panjang polisakarida karbohidrat 1,4 ß–D-glukosa.

Komponen Lignoselulosa

Selulosa

Selulosa adalah salah satu komponen utama dari lignoselulosa yang terdiri dari unit monomer ß-D-glukosa yang terikat pada ikatan 1,4-glikosidik. Selulosa cenderung membentuk mikrofibril melalui ikatan inter dan intra molekuler sehingga memberikan struktur yang larut. Mikrofibril selulosa terdiri dari 2 tipe, yaitu kristalin dan amorf.

Hemiselulosa

Hemiselulasa adalah polimer heteropolisakarida yang merupakan multi enzim dengan komponen utama C_5. Enzim-enzim yang termasuk komponen hemiselulase antara lain *xilanase*, *ß-manannase*, *ß-L-arabinofuranosidase*, *ß-D-glucuronidase*, *ß-xylosidase,* dan *hemisellulolitik esterase* (Shallom & Shoham, 2003). Hemiselolasa banyak dihasilkan oleh kapang *Aspergillus* dan *Trichoderma.* Hemiselulosa terikat dengan polisakarida, protein dan lignin dan lebih mudah larut dibandingkan dengan selulosa.

Di dalam kayu, kandungan hemiselulosa berkisar antara 25-30% tergantung dari jenis kayunya. Hemiselulosa memiliki keragaman dengan selulosa yaitu merupakan polimer dari unit-unit gula yang terikat dengan ikatan glikosidik, akan tetapi hemiselulosa berbeda dengan selulosa dilihat dari komponen unit gula yang membentuknya, panjang rantai molekul dan percabangannnya. Unit gula yang membentuk hemiselulosa dibagi menjadi

beberapa kelompok, seperti pentosa, heksosa, asam heksuronat dan deoksiheksosa. Hemiselulosa merupakan suatu kesatuan yang membangun komposisi serat dan mempunyai peranan yang penting karena bersifat hidrofilik sehingga berfungsi sebagai perekat antar selulosa yang menunjang kekuatan fisik serat. Kehilangan hemiselulosa akan menyebabkan terjadinya lubang diantara fibril dan kurangnya ikatan antar serat.

Lignin

Lignin adalah bagian utama dari dinding sel tanaman yang merupakan polimer terbanyak setelah selulosa. Lignin yang merupakan polimer aromatik berasosiasi dengan polisakarida pada dinding sel sekunder tanaman dan terdapat sekitar 20-40%. Komponen lignin pada sel tanaman (monomer guasil dan siringil) berpengaruh terhadap pelepasan dan hidrolisis polisakarida.

2.3 Adsorpsi

Salah satu metode yang digunakan untuk menghilangkan zat pencemar dari air limbah adalah adsorpsi (Rios *et al*. dan Saiful *et al*. dalam Sukarta, 2009)). Adsorpsi merupakan terjerapnya suatu zat (molekul atau ion) pada permukaan padatan (adsorben). Jika adsorben tersebut berasal dari bahan alam terbarukan maka disebut biosorben. Mekanisme penjerapan tersebut dapat dibedakan menjadi dua yaitu, jerapan secara fisika (fisisorpsi) dan jerapan secara kimia (kemisorpsi). Pada proses fisisorpsi gaya yang mengikat adsorbat oleh adsorben adalah gaya-gaya van der Waals. Molekul terikat sangat lemah dan energi yang dilepaskan pada adsorpsi fisika relatif rendah sekitar 20 kJ/mol (Castellan dalam Sukarta, 2009). Sedangkan pada proses adsorpsi kimia, interaksi adsorbat dengan adsorben melalui pembentukan ikatan kimia. Kemisorpsi terjadi diawali dengan adsorpsi fisik, yaitu partikel-partikel adsorbat mendekat ke permukaan adsorben melalui gaya van der Waals atau melalui ikatan hidrogen. Kemudian diikuti oleh adsorpsi kimia yang terjadi setelah adsorpsi fisika. Dalam adsorpsi kimia partikel melekat pada

permukaan dengan membentuk ikatan kimia (biasanya ikatan kovalen) dan cenderung mencari tempat yang memaksimumkan bilangan koordinasi dengan substrat (Atkins dalam Sukarta, 2009).

2.3.1 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Adsorpsi

1. Kepolaran adsorbat

   Kekuatan interaksi adsorbat dengan adsorben dipengaruhi oleh sifat dari adsorbat maupun adsorbennya. Gejala yang umum dipakai untuk meramalkan komponen mana yang diadsorpsi lebih kuat adalah kepolaran adsorben dengan adsorbatnya. Apabila adsorbennya bersifat polar, maka komponen yang bersifat polar akan terikat lebih kuat dibandingkan dengan komponen yang kurang polar.

2. Kekuatan interaksi

   Kekuatan interaksi juga dipengaruhi oleh sifat keras-lemahnya dari adsorbat maupun adsorben. Sifat keras untuk kation dihubungkan dengan istilah *polarizing power cation*, yaitu kemampuan suatu kation untuk mempolarisasi anion dalam suatu ikatan. Kation yang mempunyai polarizing power cation besar cenderung bersifat keras. Sifat *polarizing power cation* yang besar dimiliki oleh ion-ion logam dengan ukuran (jari-jari) kecil dan muatan yang besar. Sebaliknya sifat *polarizing power cation* yang rendah dimiliki oleh ion-ion logam dengan ukuran besar namun muatannya kecil, sehingga diklasifikasikan ion lemah. Sedangkan pengertian keras untuk anion dihubungkan dengan istilah polarisabilitas anion yaitu, kemampuan suatu anion untuk mengalami polarisasi akibat medan listrik dari kation. Anion bersifat keras adalah anion berukuran kecil, muatan besar dan elektronegativitas tinggi, sebaliknya anion lemah dimiliki oleh anion dengan ukuran besar, muatan kecil dan elektronegatifitas yang rendah. Ion logam keras berikatan kuat dengan anion keras dan

ion logam lemah berikatan kuat dengan anion lemah (Atkins et al. 1990).

2.3.2 Kesetimbangan Adsorpsi Cair-cair

Kesetimbangan adsorpsi cair-cair yang sering digunakan untuk mewakili peristiwa yang terjadi dalam adsorpsi zat cair yaitu persamaan Langmuir dan persamaan Freundlich. Pada dasarnya, persamaan Langmuir dan persamaan Freundlich adalah persamaan yang menghubungkan antara konsentrasi zat yang diserap oleh suatu adsorben dengan konsentrasi zat adsorbat tersebut di fasa cairan atau gas di sekelilingnya pada keadaan setimbang dan pada suatu suhu. Persamaan yang digunakan dalam pembuatan isoterm adalah sebagai berikut:

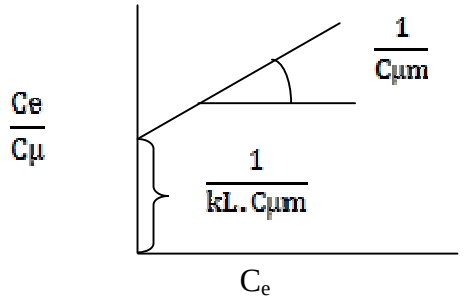
a. Persamaan Isoterm Adsorpsi Langmuir

Isoterm adsorpsi Langmuir didasarkan atas beberapa asumsi, yaitu (a) adsorpsi hanya terjadi pada lapisan tunggal (monolayer), (b) panas adsorpsi tidak tergantung pada penutupan permukaan, dan (c) semua situs dan permukaannyabersifat homogen (Oscid J, 1982). Persamaan isoterm adsorpsi Langmuir dapat diturunkan secara teoritis dengan menganggap terjadinya kesetimbangan antara molekul-molekul zat yang diadsorpsi pada permukaan adsorben dengan molekul-molekul zat yang tidak teradsorpsi. Persamaan isoterm adsorpsi Langmuir dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\frac{Ce}{C\mu} = \frac{1}{C\mu m} Ce + \frac{1}{kL \, . C\mu m}$$

C_μ merupakan kosentrasi adsorbat di permukaan padatan, C_e merupakan konsentrasi adsorbat di larutan pada saat kesetimbangan, $C_{\mu m}$ konsentrasi adsorbat 1 layer di permukaan padatan dan k_L adalah konstanta Langmuir.

Dari persamaan di atas jika dibuat kurva antara C_e/C_μ terhadap C_e, maka akan diperoleh garis lurus dengan intersep $1/C_{\mu m}$ dan slope $1/k_L.C_{\mu m.}$, seperti ditunjukkan gambar 2.2



Gambar 2.2 Kurva adsorpsi Langmuir (Maron, 1974)

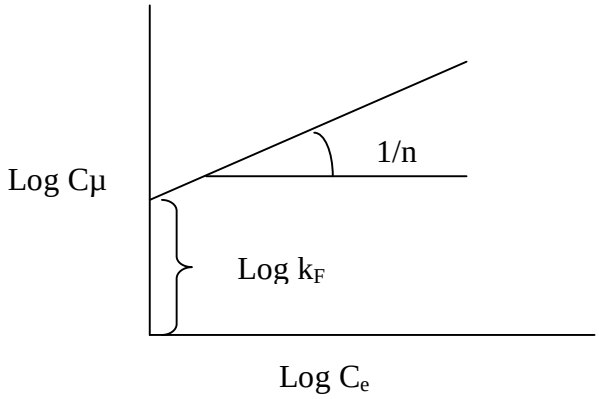
b. Persamaan Isoterm Adsorpsi Freundlich

Persamaan isoterm adsorpsi Freundlich didasarkan atas terbentuknya lapisan monolayer dari molekul-molekul adsorbat pada permukaan adsorben. Namun pada adsorpsi freundlich situs-situs aktif pada permukaan adsorben bersifat heterogen. Persamaan isoterm adsorpsi Freundlich dapat dituliskansebagai berikut:

$$\text{Log } C\mu = \log kF + \frac{1}{n} \log Ce$$

Cμ merupakan konsentrasi adsorbat di permukaan padatan, k_F adalah kostanta Freundlich dan C_e merupakan konsentrasi adsorbat di larutan pada saat kesetimbangan.

Dari persamaan di atas jika dibuat kurva antara log Cμterhadap log $C_e$akan diperoleh garis lurus dengan 1/n sebagai slope dan log k_F sebagai intersep yang ditunjukkan pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Kurva isoterm adsorpsi Freundlich (Maron, 1974)

2.4 Biosorben

Biosorben merupakan material biologi yang digunakan sebagai zat penjerap. Penjerapan logam-logam oleh biosorben terjadi melalui proses penjerapan yang melibatkan gugus-gugus fungsional yang terikat pada makromolekul permukaan sel seperti protein, polisakarida, lignin, chitin, dan biopolymer lain yang terdapat dalam dinding sel biosorben. Gugus fungsional yang dimaksud meliputi gugus-gugus –OH, C-O.

Jenis interaksi yang terjadi berupa interaksi ionik, interaksi polar, interaksi gabungan dan berganda.

1. Interaksi ionik

   Terjadi antara kation logam dengan gugus fungsional makromolekul permukaan dinding sel, mirip dengan interaksi dalam resin penukar kation, yang kekuatan spesifiknya tergantung pada jari-jari dan muatan ion logam, derajat ionisasi anion makromolekul pada pH operasional (treatment) dan persaingan dari muatan positif tertentu dengan polimer.

2. Interaksi polar

   Terjadi bila polisakarida penyusun dinding sel biomaterial seperti chitin dan chitosan dapat membentuk kompleks dengan ion logam transisi melalui interaksi dipol-dipol antara kation logam dengan gugus polar seperti –OH dan C-O.

3. Interaksi Gabungan (pembentukan kompleks)

Pembentukan kompleks bergantung pada kemampuan berinteraksi beberapa gugus dalam makromolekul yang berfungsi sebagai ligan untuk membentuk khelat dengan ion logam dan daya mempolarisasi ion logam yang bersangkutan. Daya mempolarisasi ditentukan oleh perbandingan antara muatan dan jari-jari ion logam tersebut. Suatu kation dengan daya mempolarisasi yang tinggi disenangi oleh ligan sebagai pusat muatan positif berkerapatan tinggi, sehingga menghasilkan interaksi yang kuat.

Biosorben menarik untuk dipelajari dalam proses penjerapan karena banyak terdapat di alam, pengoperasianya sederhana (relatif murah), mempunyai kemampuan penjerapan relatif tinggi

Karakteristik biosorben yang dibutuhkan untuk adsorpsi yang baik:

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 dan desorpsi.
3. Kemurnian adsorben. Adsorben yang memiliki tingkat kemurnian tinggi, daya adsorpsinya lebih baik.

Penggolongan biosorben berdasarkan ukuran pori dibagi menjadi 3, yaitu:

1. Mikropori yaitu adsorben memiliki ukuran pori kurang dari 2 nm.
2. Mesopori yaitu adsorben memiliki ukuran pori lebih dari 2 nm dan kurang dari 50 nm.
3. Makropori yaitu adsorben memiliki ukuran pori lebih dari 50 nm.

   Pada mikropori, diameter antar pori sangat kecil sehingga terjadi tarik-menarik antara dinding pembentuk pori yang saling berlawanan. Tarik-menarik tersebut menimbulkan energi potensial sehingga menghasilkan

hasil penjerapan yang kuat. Pada makropori, terjadi difusi molekul ke dalam partikel pori.

2.5 Limbah Cair Artifisial dan Logam Berat Timbal (Pb)

Limbah cair artifisial merupakan limbah cair yang dibuat menyerupai dengan limbah cair yang sebenarnnya. Menurut Irfanto berdasarkan penelitiannya di Laboratorium kimia Fakultas MIPA Universitas Brawijaya Malang menunjukkan bahwa kadar logam berat Pb dalam limbah cair dari PT. Ekamas Fortuna Malang adalah berkisar 4,66-14,49 mg/L masih dalam keadaan alami karena belum dilakukan proses pengolahan limbah.

Timbal (Pb) merupakan salah satu jenis logam berat yang memiliki tingkat toksisitas tinggi. Sumber utama timbal yang masuk ke lingkungan berasal dari limbah industri seperti industri baterai, industri bahan bakar, pengecoran maupun pemurnian dan industri kimia lainnya (Sudarmadji, dkk. dalam Safrianti *et al.* 2012). Polutan logam berat tersebut dapat menimbulkan resiko yang sangat berbahaya bagi makhluk hidup apabila dibuang langsung ke lingkungan. Disamping itu, penyebaran logam berat tersebut dapat dipengaruhi oleh siklus alamiah di alam seperti rantai makanan dan daur alami (Donghee *et aI*. dalam Safrianti *et al.* 2012).

Timbal/Pb merupakan salah satu logam berat yang berbahaya bagi manusia. Kadar maksimum timbal pada perairan yang dianjurkan WHO adalah kurang dari 0.01 ppm. Sedangkan kadar maksimum timbal dalam air minum menurut SNI 01-3553-2006, adalah 0.005 ppm. Akumulasi logam Pb dalam tubuh dapat mengakibatkan keracunan kronis. Adapun efeknya pada kesehatan manusia dapat menimbulkan kerusakan otak, kejang-kejang, dan kematian. Toksisitasnya dalam dosis yang kecil dan berlangsung terus-menerus pada anak-anak dapat menyebabkan *neurotoksik* (racun saraf) dan kelainan tingkah laku (Baido *et al*. 2013). Menurut Subowo *et al.* (1999), logam berat Pb merupakan logam berat non esensial. Logam berat non esensial adalah logam

yang keberadaanya dalam tubuh masih belum diketahui manfaatnya dan dapat bersifat racun.

BAB III
PROSEDUR KERJA

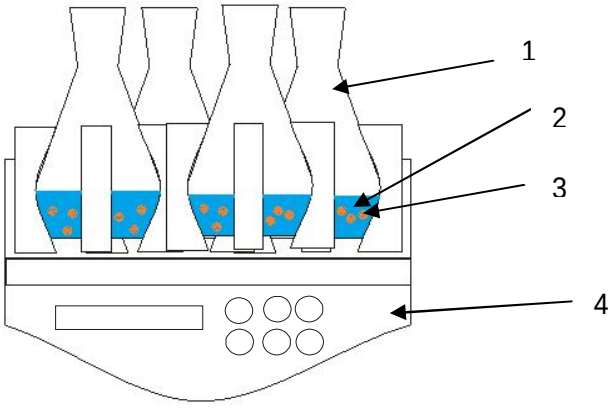
3.1 Alat

a. Gelas beker 1000 ml
b. Hot Plat
c. Magnetic Stirrer
d. Gelas arloji
e. Erlenmeyer 100 ml dan tutup
f. Corong kaca
g. Spatula
h. Oven
i. Baki
j. Labu ukur 100 ml
k. Pipet ukur 10 ml
l. Ball filler
m. Cawan porselen
n. Corong Buchner
o. Pompa vacum
p. Neraca analitik
q. Pengaduk kaca
r. Gelas beker 100 ml
s. Shaker

3.2 Bahan

a. Serbuk gergaji kayu jati
b. Larutan logam Pb
c. NaOH
d. HCl
e. Kertas saring
f. Akuades
g. Indikator pH

3.3 Rangkaian Alat



Gambar 3.1. Rangkaian Alat Adsorpsi

Keterangan:

1. Erlenmeyer
2. Larutan Pb
3. Adsorben
4. *Shaker*

3.4 Cara Kerja

3.4.1 Penyiapan biosorben dari serbuk gergaji kayu jati (*Tectona grandits)*

Serbuk gergaji kayu jati (*Tectona grandits)* di timbang 100 gram, dimasukkan dalam gelas beker 1000 ml, kemudian cuci dengan akuades sebanyak 500 ml. Campuran disaring dan selanjutnya serbuk gergaji kayu jati dikeringkan dalam oven pada suhu 80°C.

3.4.2 Aktivasi biosorben

Serbuk gergaji kayu jati dengan berat 3 gram ditambah 45 ml NaOH dengan perbandingan konsentrasi 1%, 3%, 5% dan perbandingan waktu 1, 2, 3 jam. Kemudian diaduk menggunakan stirrer, lalu disaring. Hasil yang diperoleh selanjutnya dicuci dengan aquades sampai pHnya netral. Selanjutnya dikeringkan di dalam oven pada suhu 80°C sampai berat konstan.

3.4.3 Penentuan waktu kontak maksimum

Biosorben sebanyak 0,1 gram, 0,3 gram, 0,5 gram dimasukkan ke dalam labu Erlenmeyer 100 ml. Selanjutnya ditambahkan larutan Pb 10 ppm dan pH larutan diatur pada pH 5. Kemudian larutan diaduk menggunakan shaker dengan variabel waktu 15, 30, 45, 60, 120, 180 menit.

3.4.4 Penentuan konsentrasi awal larutan Pb maksimum

Biosorben sebanyak 0,5 gram dimasukkan labu Erlenmeyer 100 ml. selanjutnya ditambah larutan Pb 50 ml dengan variabel konsentrasi 2, 4, 6, 8, 10 ppm dan pH larutan diatur pada pH 5. Kemudian larutan diaduk menggunakan shaker selama 180 menit.

3.4.5 Analisis AAS (*Atomic Absorption Spectroscopy)*

AAS (*Atomic Absorption Spectroscopy)* dilakukan untuk menganalisis konsentrasi logam timbal sebelum dan sesudah diadsorbsi yang merupakan

jumlah ion logam timbal yang terserap oleh biosorben. Analisis dilakukan di Laboratorium Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Semarang.

3.4.6 Analisis FTIR *(Fourier Transform Infra Red)*

Karakteristisasi biosorben menggunakan FTIR dilakukan di laboratorium Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Semarang.

3.4.7 Analisis SAA (*Survace Area Analyzer*)

Karakteristisasi serbuk gergaji kayu jati yang meliputi luas permukaan dan ukuran pori dilakukan dengan analisis SAA (*Surface Area Analyzer*) di Laboratorium Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Semarang

BAB IV
PEMBAHASAN

Kayu jati merupakan kayu serba guna, umumnya digunakan berbagai keperluan seperti *furniture* dan perkakas, selain itu serbuk gergajinya dapat pula digunakan sebagai bahan pembuat briket dan juga sebagai zat penyerap atau biosorben karena mengandung lignoselulosa. Serbuk gergaji kayu jati merupakan limbah industri kayu yang ternyata dapat digunakan sebagai zat penyerap logam berat. Biosorben sebelumnya di aktivasi dengan NaOH. Biosorben dari serbuk gergaji kayu jati digunakan untuk mengadsorbsi logam berat Pb yang terdapat dalam air.

4.1 Preparasi Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan adalah serbuk gergaji kayu jati yang berasal dari tempat industri kayu di desa Pilangan, Kecamatan Randublatung, Kabupaten Blora, Jawa Tengah. Sebelum digunakan, serbuk gergaji kayu jati terlebih dahulu dibersihkan dari pengotor dengan cara pencucian menggunakan akuades. Serbuk gergaji kayu jati kemudian disaring dan dikeringkan dalam oven pada suhu 80°C sampai berat konstan. Setelah diperoleh serbuk gergaji kayu jati yang bersih, bahan siap untuk aktivasi.

Gambar 2.1 Serbuk gergaji kayu jati setelah dicuci

4.2 Aktivasi Biosorben

Pada penelitian ini dipilih proses aktivasi dengan menggunakan larutan NaOH. Larutan NaOH digunakan sebagai aktivasi agar senyawa-senyawa organik yang terkandung dalam sampel dapat terlarut kedalam larutan NaOH (Wattimury, 2012). Proses aktivasi bertujuan untuk memperbesar pori-pori biosorben, sehingga meningkatkan kemampuan adsorpsi lebih maksimal. Proses pengadukan dengan larutan NaOH dan serbuk gergaji kayu jati setelah diaktivasi dapat dilihat pada gambar 4.2.

(a) Proses pengadukan (b) setelah diaktivasi

Gambar 4.2 Biosorben Serbuk gergaji kayu jati

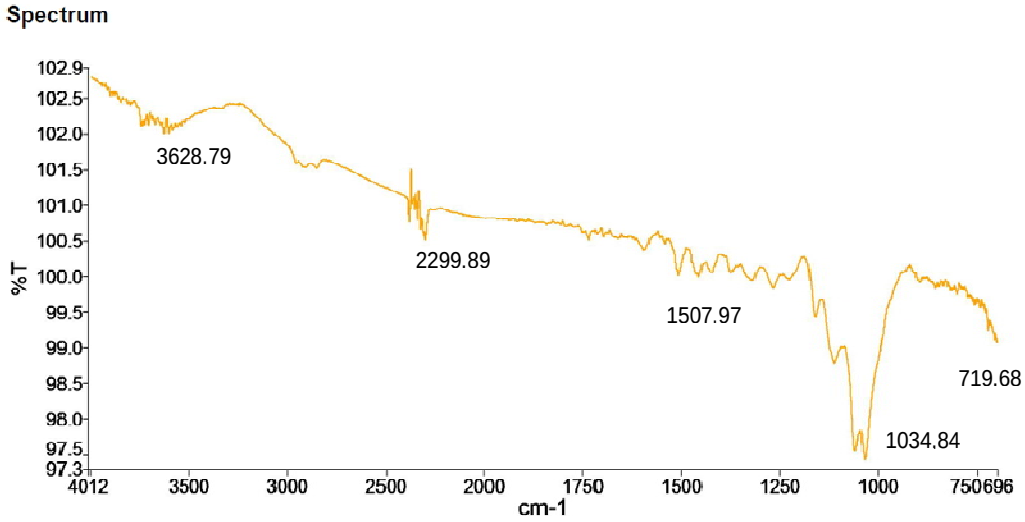
4.3 Karakterisasi Biosorben

4.3.1 Gugus Fungsi

Serbuk gergaji kayu jati yang digunakan sebagai biosorben dianalisis dengan menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*) untuk mengetahui gugus fungsi apa yang terlibat dalam proses adsorpsi ion logam Pb.

Hasil analisis spektra FTIR biosorben serbuk gergaji kayu jati disajikan

I



Gambar 4.3 Spektra FTIR Biosorben dari Serbuk Gergaji Kayu Jati

Bilangan gelombang yang terlihat pada tabel 4.1 menandakan adanya serapan pada beberapa gugus utama dalam lignoselulosa. Pita serapan pada bilangan gelombang 3628,79 cm^{-1} adalah vibrasi regangan gugus –OH (Sastrohamidjojo, 2001). Pita serapan pada bilangan gelombang 2299,89 cm^{-1} dan 719,68 cm^{-1} merupakan vibrasi regangan gugus C-H (*Skoog et al.*, 1998). Selain itu adanya pita serapan pada bilangan gelombang 1507,97 cm^{-1} serta 1034,84 cm^{-1} yang merupakan vibrasi gugus C=C dan vibrasi gugus C-O (*Skoog et al.*, 1998). Hal ini menunjukkan bahwa terdapat gugus-gugus aktif yang dapat mengadsorpsi logam Pb.

Berdasarkan analisis FTIR menunjukkan adanya gugus aktif yang bersifat polar yaitu gugus C-O dan gugus –OH. Didalam gugus C-O dan –OH banyak elektron bebas yang dapat menjerap ion logam Pb. Sedangkan, ion logam Pb bersifat polar sehingga biosorben serbuk gergaji kayu jati dapat menjerap ion logam Pb secara maksimal karena adsorbat dan biosorben bersifat polar.

Tabel 4.1 Interpretasi Spektra FTIR Biosorben dari Serbuk Gergaji Kayu Jati

Interpretasi Spektra FT-IR		
Bilangan Gelombang (cm^{-1})	Interpretasi	Referensi
719,68	vibrasi regangan gugus C-H	*Skoog et al.*, 1998
1034,84	vibrasi gugus C-O	*Skoog et al.*, 1998
1507,97	vibrasi gugus C=C	*Skoog et al.*, 1998
2299,89	vibrasi regangan gugus C-H	*Skoog et al.*, 1998
3628,79	vibrasi regangan gugus –OH	Sastrohamidjojo, 2001

4.3.2 Surface Area

Identifikasi *surface area* dilakukan melalui fisisorpsi gas N_2 pada 77 K menggunakan NOVA 1200 *microanalyzer (quantachrome)*. Adapun perhitungan menggunakan metode BET *(Brunaur Emmet Telle)*. Berdasarkan analisis tersebut biosorben dari serbuk gergaji kayu jati memiliki ukuran *surface area* 15.134 m^2/g. *Surface area* ini memang masih kecil sehingga adsorpsi tidak hanya secara fisis, namun juga secara chemist yang melibatkan gugus fungsi.

4.3.3 Ukuran Pori

Identifikasi ukuran pori pada biosorben dari serbuk gergaji kayu jati terintegrasi dilakukan dengan analisis BET surface area. Hasil analisis menggunakan metode Horvath Kawazoe menunjukkan bahwa diameter pori terbanyak 18.86 Å sehingga merupakan mikropori. Ukuran pori ini masih jauh lebih besar dari ukuran ion Pb yang berukuran 2 Å sehingga Pb dapat masuk dan terjerap ke dalam pori.

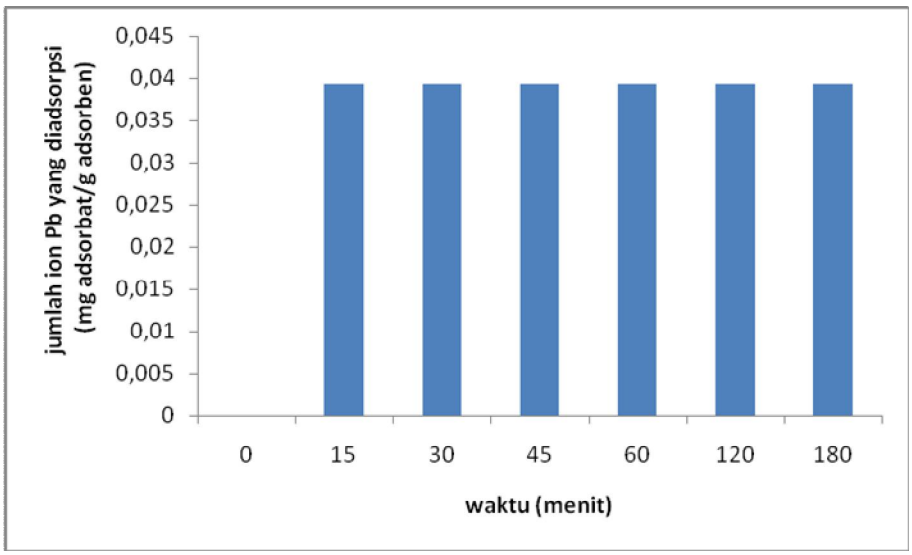
4.4 Uji Kemampuan Adsorpsi

Biosorben serbuk gergaji kayu jati diaplikasikan untuk mengadsorpsi ion logam Pb dalam limbah cair artifisial. Identifikasi kemampuan adsorpsi pada biosorben dilakukan dengan analisis AAS (*Atomic Absorption Spectroscopy)*.

4.4.1 Waktu Optimum Adsorpsi Ion Logam Pb oleh Sebuk Gergaji Kayu Jati

Waktu kontak antara sampel dengan biosorben memiliki peran yang penting dalam proses adsorpsi logam berat. Semakin lama waktu yang digunakan pada proses adsorpsi, maka akan semakin banyak logam berat yang teradsorpsi (Allo *et al.*, 2007).

Kemampuan suatu biosorben untuk mengadsorpsi terbatas pada waktu tertentu dimana biosorben sudah tidak mampu mengadsorpsi logam berat karena permukaan biosorben sudah jenuh sehingga tidak terjadi perubahan konsentrasi yang signifikan pada zat yang diadsorpsi. Jumlah ion logam Pb yang teradsorpsi oleh serbuk gergaji kayu jati pada berbagai waktu kontak dapat ditunjukkan pada gambar 4.4.



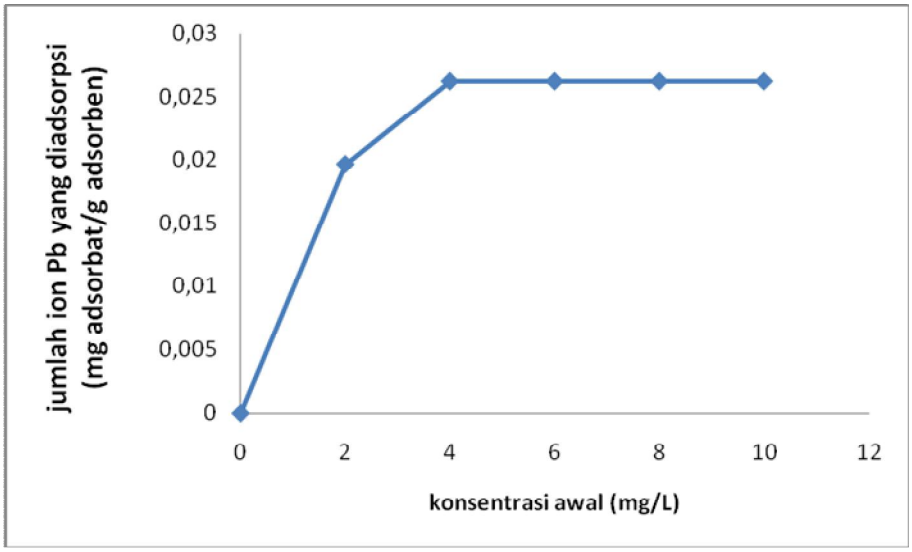
Gambar 4.4 Hubungan Antara Waktu Kontak dengan Jumlah Ion Pb yang Diadsorpsi oleh Serbuk Gergaji Kayu Jati.

Gambar 4.4 menunjukkan bahwa pada waktu 15 menit jumlah ion logam Pb yang teradsorpsi sudah mencapai 97.7% (0.392 mg biosorben/g biosorben). Jumlah ini konstan meskipun waktu diperpanjang hingga 180 menit. Sehingga dapat disimpulkan bahwa adsorpsi ini sangat cepat dan hanya dengan waktu 15 menit saja sudah terjadi kesetimbangan.

4.4.2 Konsentrasi Awal Larutan Pb

Konsentrasi larutan juga berpengaruh dalam proses adsorpsi, dimana konsentrasi larutan pada saat kesetimbangan berbanding lurus dengan jumlah adsorbat yang dapat diadsorpsi oleh biosorben. Akan tetapi jika biosorben tersebut sudah jenuh, maka konsentrasi zat terlarut tidak lagi berpengaruh (Sukardjo, 1985 *dalam* Desiliana, dkk., 2007).

Jumlah ion logam Pb yang diadsorpsi oleh serbuk gergaji kayu jati dapat dilihat pada gambar 4.5.



Gambar 4.5 Hubungan antara Konsentrasi Awal Larutan Pb dengan Jumlah Ion Logam Pb yang Diadsorpsi oleh Serbuk Gergaji Kayu Jati

Berdasarkan gambar 4.5, dapat dilihat bahwa semakin besar konsentrasi ion logam Pb dalam larutan, maka semakin besar pula jumlah ion logam Pb yang diserap oleh serbuk gergaji kayu jati. Namun akan konstan setelah tercapai kesetimbangan pada konsentrasi 4 mg/L, dimana ion logam Pb yang terjerap tidak ada perubahan secara signifikan karena

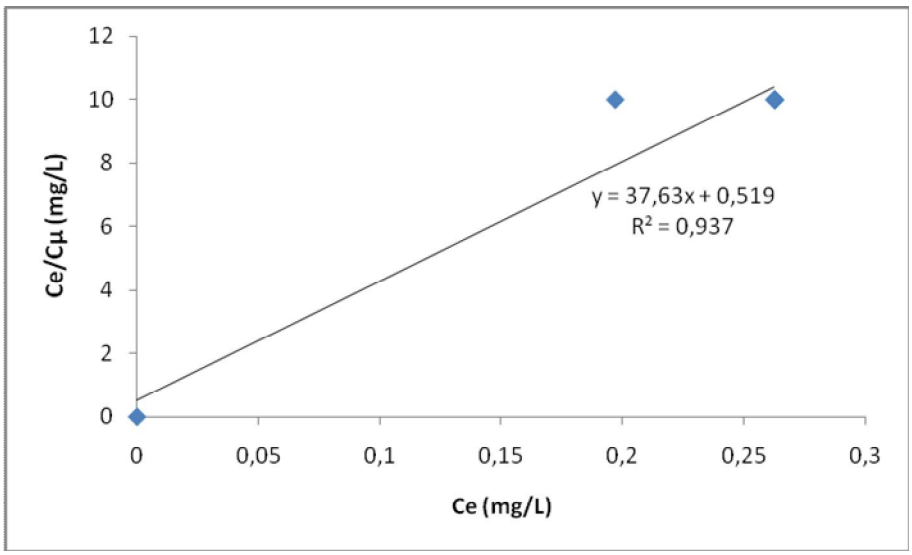
permukaan biosorben serbuk gergaji kayu jati sudah jenuh sehingga tidak mampu lagi mengadsorpsi ion logam Pb. Hal ini menunjukkan bahwa semakin meningkat konsentrasi awal larutan Pb akan memberikan daya dorong yang lebih besar (Wahyuni dan Widiastuti, 2009).

4.5 Isoterm Adsorpsi

Teori kesetimbangan cair-cair yang sering digunakan untuk mewakili peristiwa yang terjadi dalam adsorpsi zat cair yaitu persamaan Langmuir dan persamaan Freundlich. Pada dasarnya, persamaan Langmuir dan persamaan Freundlich adalah persamaan yang menghubungkan antara konsentrasi zat yang diserap oleh suatu biosorben dengan konsentrasi zat adsorbat tersebut di fasa cairan disekelilingnya pada keadaan setimbang dan pada suatu suhu.

4.5.1 Isoterm Langmuir

Gambar dibawah ini merupakan model Isoterm Langmuir pada konsentrasi awal larutan Pb terhadap jumlah ion logam Pb yang diadsorpsi.

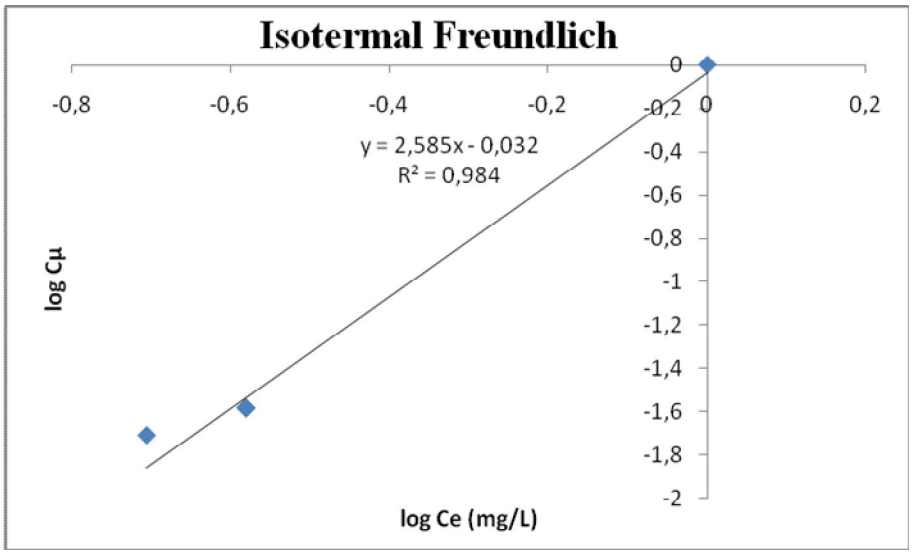


Gambar 4.6 Kurva Isoterm Langmuir Hubungan antara Ce/Cμ Terhadap Ce pada Variasi Konsentrasi Awal Larutan Pb

Dimana C_μ merupakan kosentrasi adsorbat di permukaan padatan, C_e merupakan konsentrasi adsorbat di larutan pada saat kesetimbangan.

Berdasarkan gambar 4.6 dapat menunjukkan persamaan grafik Isoterm Adsorpsi Langmuir adalah y= 37,63x + 0,519. Sehingga didapatkan nilai Cμm sebesar 0.026 dan nilai k_L sebesar 72.504.

4.5.2 Isoterm Freundlich



Gambar 4.7 Kurva Isoterm Freundlich Hubungan antara log Cμ terhadap log Ce pada Variasi Konsentrasi Awal Larutan Pb

Berdasarkan gambar 4.7 dapat menunjukkan persamaan grafik Isoterm Freundlich y= 2,585x + 0,032. Dari persamaan tersebut didapatkan nilai n sebesar 0.386 dan nilai k_F 0.928. Menurut Malik (2002), koefisien adsorpsi k_F secara kasar dapat digunakan sebagai indikator kapasitas adsorpsi dan 1/n adalah intensitas adsorpsi. Secara umum, semakin tinggi nilai k_F, semakin tinggi juga kapasitas adsorpsi (Malik, 2002).

Ralat rerata terhadap Isoterm Freundlich dan Isoterm Langmuir menunjukkan bahwa Isoterm Freundlich yang sesuai dengan biosorben serbuk gergaji kayu jati dengan nilai $C_{\mu m}$ sebesar 2,24 x 10^{-1}.

BAB V

PENUTUP

5.1 Simpulan

a) Serbuk gergaji kayu jati dapat dimanfaatkan sebagai biosorben setelah dilakukan aktivasi.
b) Karakterisasi biosorben hasil analisis FTIR menunjukkan adanya gugus fungsi –OH dan gugus C-O yang dapat memberikan kontribusi terhadap proses adsorpsi.
c) Serbuk gergaji kayu jati yang telah diaktivasi memiliki *surface area* 15.134 m^2/g dan ukuran pori 18.86 Å.
d) Kapasitas adsorpsi serbuk gergaji kayu jati terhadap logam Pb ditentukan dengan isoterm Freundlich dengan nilai kapasitas adsorpsi sebesar $2{,}24 \times 10^{-1}$ mg adsorbat/g biosorben.

5.2 Saran

Adsorpsi perlu dilakukan pada waktu kontak dibawah 15 menit untuk mengetahui apakah waktu kesetimbangan memang 15 menit. Selain itu, perlu dilakukan desorpsi untuk mengetahui sifat adsorpsi dan dilanjutkan karakterisasi morfologi permukaan.

DAFTAR PUSTAKA

Allo *et al*. 2007. Pemanfaatan Serbuk Kayu Meranti Merah (*Shorea Parvifolia Dryer*) sebagai Biosorben Ion Logam Cu(II). Makassar: FMIPA. Universitas Hasanuddin.

Anonim, 2014. *Serbuk Gergaji Kayu Jati.* [online]. (http://www.sharemyeyes.com/2013/09/serbukgergajikayujati.html, diakses pada tanggal 6 Maret 2014).

Atkins *et al*. 1990. Kimia Fisika Jilid 2, Edisi Keempat. Terjemahan Kartohadiprojo. Penerbit Erlangga: Jakarta.

El Baidho *et al*. 2013. Adsorpsi Logam Berat Pb Dalam Larutan Menggunakan Senyawa *Xanthate* Jerami Padi. Semarang: Fakultas Teknik. Universitas Wahid Hasyim.

Febriana, Dedek *et al*. 2013. Serbuk Gergaji Kayu Jati. *Dark Wizard Of Scientist.*

Handiwidodo, M., 2008. Penggunaan Abu Sekam Padi sebagai Adsorben dalam Pengolahan Air Limbah yang Mengandung Logam Cu. Semarang: Fakultas Teknik. Universitas Diponegoro.

Indrasti, N.S., 2003. Studi Adsorpsi Logam Berat Seng (Zn) dengan Menggunakan Akar Rambut *Solanum Nigrum L Galur A4* Terimobilisasi. Bogor: Fakultas Teknik Pertanian. Institut Pertanian Bogor.

Irfanto. 2011. Pengaruh Logam Berat Timbal (Pb) dalam Limbah Cair PT. Ekamas Fortuna pada Sungai Lesti dengan Bioindikator Kangkung (*Ipomea aquatical)* di Kabupaten Malang. Malang: FMIPA. Universitas Brawijaya.

Malik, P.K. 2002. *Use of Activated Carbons Prepared from Saw Dust and Rice Husk gor Adsorption of Acid Dyes and Pigmen*, 56 (3): 239-249.

Maron, S.M. & J.B. Lando. 1974. *Fundamental of Physical Chemistry.* New York: Macmillan Publishing Co. Inc.

Oscid, J. 1982. *Adsorption Ellis Harwood Limited. England.*

Safrianti, I., Nelly, & Zaharah, T.A. 2012. Adsorpsi Timbal (II) oleh Selulosa Limbah Jerami Padi Teraktivasi Asam Nitrat: Pengaruh pH & Waktu Kontak. Tanjungpura: FMIPA. Universitas Tanjungpura.

Sastrohamidjojo, H. 2001. Spektroskopi. Liberty. Yogyakarta

Shalom, D & Shoham, I. 2003. *Microbial Hemicellulases. Current Opinion in Microbiology*, 6: 219-228.

Skoog *et al*. 1998. *Principle of Instrumental Analysis.* Philadelphia: Saunders University Pub.

Subowo, Kurniansyah, A. M., & Sukristiyonubowo. 1999. Pengaruh Logam Berat Pb dalam Tanah terhadap Kandungan Pb, Pertumbuhan dan Asil Tanam Caisem (*Brassica rapa*). Prosiding Seminar Sumber Daya Tanah, Iklim dan Pupuk. Puslittanak. Bogor.

Sukarta, I.N. 2009. Adsorpsi ion Cr (VI) oleh Serbuk Gergaji Kayu Albazia. Singaraja: FMIPA. Universitas Pendidikan Ganesha.

Wahyuni, S. & Widiastuti, N. 2009. Adsorpsi Ion Logam Zn (II) pada Zeolit A yang Disintesis dari Abu Dasar Batubara PT Ipmomi Paiton dengan Metode Batch. Surabaya: FMIPA. Institut Teknologi Sepuluh November.

Wattimury, John H,. 2012. Studi Adsorpsi Ion Logam Crom (III) Menggunakan Kulit Pisang Kepok (*Musa normalis L*). Skripsi. Manokwari: FMIPA. Universitas Negeri Papua.

Yudanto, A & Kusumaningrum K. 2005. Pembuatan Briket Bioarang dari Arang Serbuk Gergaji Kayu Jati. Semarang: Fakultas Teknik. Universitas Diponegoro.

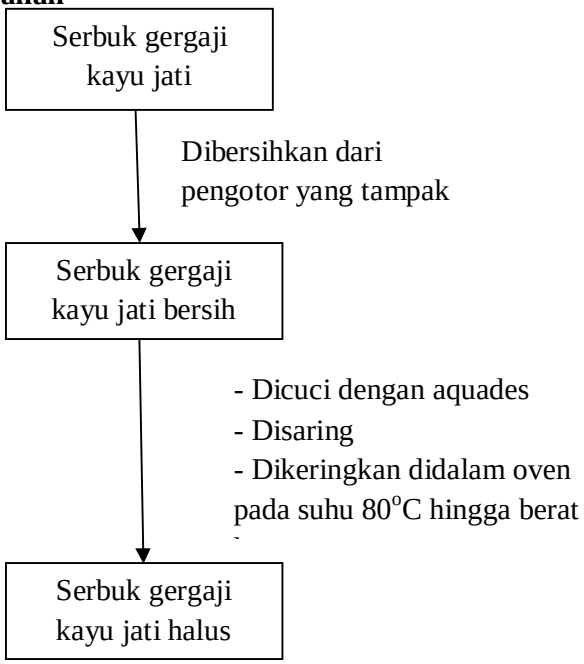
Zakaria *et al*. 2012. Karakterisasi dan Pemanfaatan Abu Terbang Aktivasi Fisika dalam Menjerap Ion Logam Cu^{2+}. Serpong: Prosiding Ilmiah Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Bahan.

LAMPIRAN

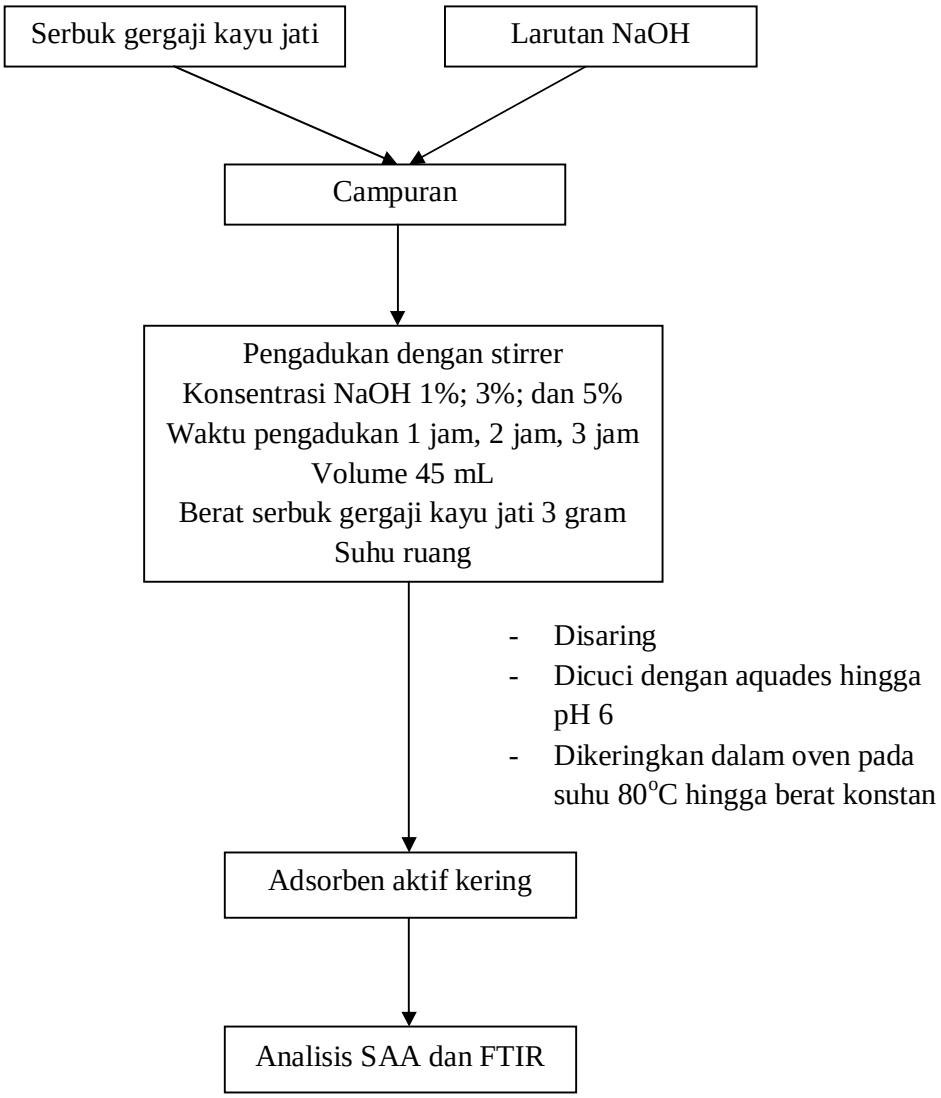
Lampiran 1

Skema Kerja

1. Preparasi Bahan

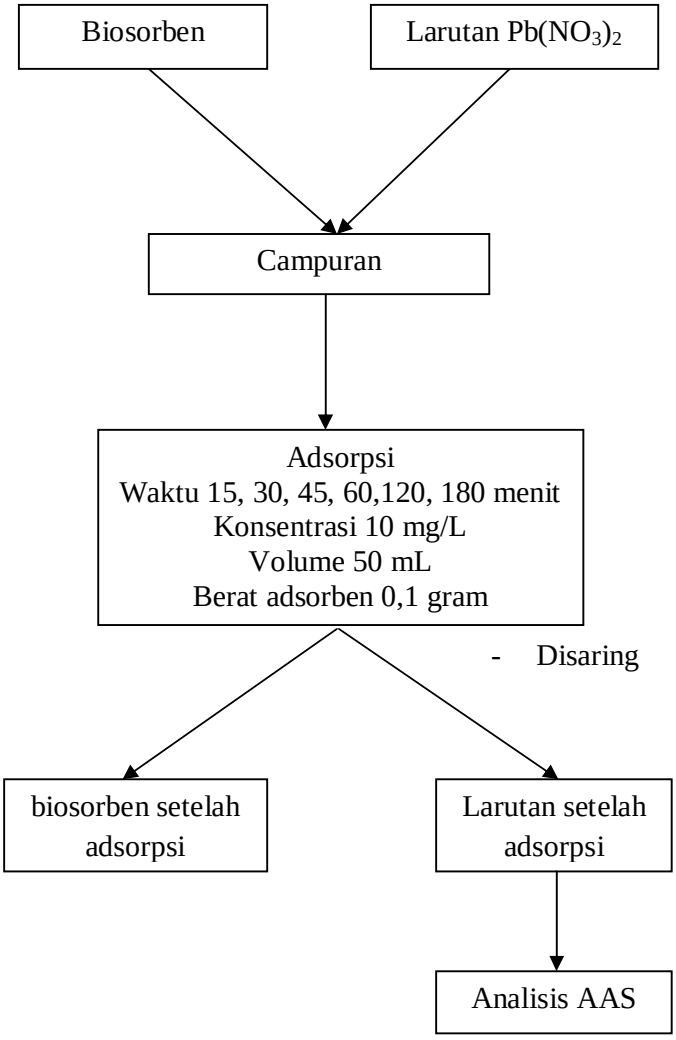


2. Aktivasi Biosorben

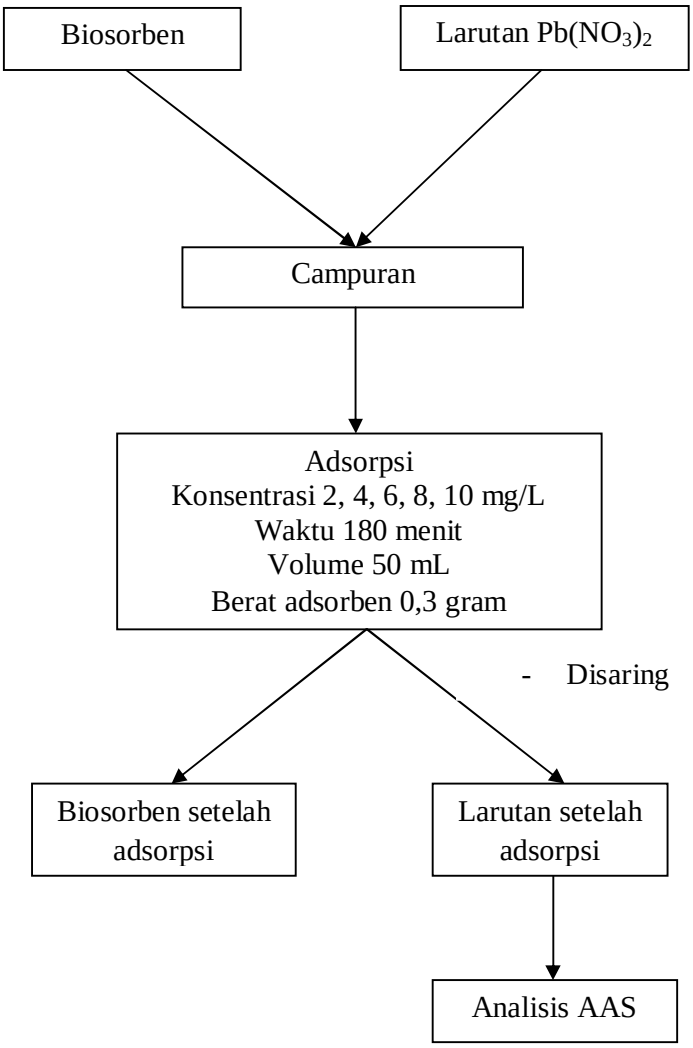


3. Adsorpsi ion logam Pb

a) Penentuan waktu kontak maksimum



b) Penentuan konsentrasi awal



Lampiran 2

Pembuatan Larutan

1. **Pembuatan Larutan $Pb(NO_3)_2$ 1000 mg/L sebanyak 100 mL**

   1000 mg/L= $\frac{x}{0{,}1\ L}$

   = 100 mg

   = 0,1 gram

2. **Pembuatan Larutan $Pb(NO_3)_2$ dengan konsentrasi 2 mg/L; 4 mg/L; 6 mg/L; 8 mg/L; 10 mg/L.**

   Dilakukan Pengenceran dari larutan konsentrasi 1000 mg/L dengan rumus

   $v_1 \times M_1 = v_2 \times M_2$

   Konsentrasi 10 mg/L

   $v1 = \frac{100\ mL \times 10\ mg/L}{1000\ mg/L}$

   = 1 mL larutan $Pb(NO_3)_2$

   Konsentrasi 2 mg/L

   $v1 = \frac{50\ mL \times 2\ mg/L}{10\ mg/L}$

   = 10 mL larutan $Pb(NO_3)_2$

   Konsentrasi 4 mg/L

   $v1 = \frac{50\ mL \times 4\ mg/L}{10\ mg/L}$

   = 20 mL larutan $Pb(NO_3)_2$

   Konsentrasi 6 mg/L

   $v1 = \frac{50\ mL \times 6\ mg/L}{10\ mg/L}$

   = 30 mL larutan $Pb(NO_3)_2$

   Konsentrasi 8 mg/L

   $v1 = \frac{50\ mL \times 8\ mg/L}{10\ mg/L}$

   = 40 mL larutan $Pb(NO_3)_2$

Lampiran 3

Data Pengamatan Penentuan Waktu Kontak Optimum

Waktu (menit)	Ce (mg/L)	Cμ (mg/L)
0	0	0
15	0,078431	0,039216
30	0,078431	0,039216
45	0,078431	0,039216
60	0,078431	0,039216
120	0,078431	0,039216
180	0,078431	0,039216

Data Pengamatan Konsentrasi Awal Larutan Pb

Konsentrasi awal (mg/L)	Ce (mg/L)	Cμ (mg/L)
0	0	0
2	0,19672	0,01967
4	0,26229	0,02622
6	0,26229	0,02622
8	0,26229	0,02622
10	0,26229	0,02622

Data Pengamatan Isoterm Langmuir

Konsentrasi awal (mg/L)	Ce (mg/L)	Cμ (mg/L)	Ce/Cμ (mg/L)
0	0	0	0
2	0,19672	0,01967	10
4	0,26229	0,02622	10
6	0,26229	0,02622	10
8	0,26229	0,02622	10
10	0,26229	0,02622	10

Data Pengamatan Isoterm Freundlich

Konsentrasi awal (mg/L)	Ce (mg/L)	Cμ (mg/L)	log Ce (mg/L)	log Cμ (mg/L)
0	0	0	0	0
2	0,19672	0,01967	-0,70615	-1,70615
4	0,26229	0,02622	-0,58121	-1,58121
6	0,26229	0,02622	-0,58121	-1,58121
8	0,26229	0,02622	-0,58121	-1,58121
10	0,26229	0,02622	-0,58121	-1,58121

Data Pengamatan Ralat Rerata Isoterm Freundlich

Cμ data	Cμ model	Ralat
0	0	0
0,019672	0,016092	0,181989952
0,02623	0,033851	0,290569286
0,02623	0,033851	0,290569286
0,02623	0,033851	0,290569286
0,02623	0,033851	0,290569286
Rata-rata		0,224044516

Data Pengamatan Ralat Rerata Isoterm Langmuir

Cμ	Cμ model	Ralat
0	0	0
0,019672	0,155379	6,898433
0,02623	0,170377	5,495623
0,02623	0,170377	5,495623
0,02623	0,170377	5,495623
0,02623	0,170377	5,495623
Rata-rata		4,813487