PEMANFAATAN LIMBAH SERBUK GERGAJI KAYU JATI SEBAGAI ADSORBEN PENGURANGAN KANDUNGAN TIMBAL (Pb) PADA AIR LIMBAH DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM BATCH

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

RAFLI PUJI FIRMANTO

NIM : H75216066

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA

2020

PERTANYAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Rafli Puji Firmanto

NIM : H75216066

Program Studi : Teknik Lingkungan

Fakultas : Sains dan Teknologi

Angkatan : 2016

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan tindakan plagiat dalam penulisan tugas akhir saya yang berjudul : "PEMANFAATAN LIMBAH SERBUK GERGAJI KAYU JATI SEBAGAI ADSORBEN PENGURANGAN KANDUNGAN TIMBAL (Pb) PADA AIR LIMBAH DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM BATCH", Apabila suatu saat nanti terbukti saya melakukan tindakan plagiat, maka saya bersedia menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian pertanyaan keaslian ini yang saya buat dengan sebenar - benarnya.

Surabaya, 16 Juli 2020

Yang menyatakan,

METERAI TEMPEL
CF592AFF615457505
6000
ENAM RIBU RUPIAH

(Rafli Puji Firmanto)
NIM. H75216066

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir oleh

Nama : Rafli Puji Firmanto

NIM : H75216066

Judul : Pemanfaatan Limbah Serbuk Gergaji Kayu Jati Sebagai Adsorben Pengurangan Kandungan Timbal (Pb) Pada Air Limbah Dengan Menggunakan Sistem Batch

Ini telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan.

Surabaya, 16 Juli 2020

Dosen Pembimbing I	Dosen Pembimbing II
(Rr. Diah Nugraheni Setyowati, M.T)	(Dedy Suprayogi, S.KM, M.KL)
NIP. 198205012014032001	NIP. 198512112014031002

PENGESAHAN TIM PENGUJI TUGAS AKHIR

Tugas Akhir atas nama Rafli Puji Firmanto ini telah dipertahankan

di depan Tim Penguji Tugas Akhir

di Surabaya, 20 Juli 2020

Mengesahkan,

Dewan Penguji

Dosen Penguji I

(Rr. Diah Nugraheni Setyowati, M.T)
NIP. 198205012014032001

Dosen Penguji II

(Dedy Suprayogi, S.KM, M.KL)
NIP. 198512112014031002

Dosen Penguji III

(Yusrianti, M.T)
NIP. 198210222014032001

Dosen Penguji IV

(Sulistiya Nengse, M.T)
NUP. 201603320

Mengetahui,
Plt. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Ampel Surabaya

(Dr. Hj. Evi Fatimatur Rusydiyah, M.Ag.)
NIP. 197312272005012003

KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
PERPUSTAKAAN
Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031-8431972 Fax.031-8413300
E-Mail: perpus@uinsby.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika UIN Sunan Ampel Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Rafli Puji Firmanto
NIM : H75216066
Fakultas/Jurusan : SAINS DAN TEKNOLOGI/ TEKNIK LINGKUNGAN
E-mail address : rafli.puji007@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah :
■ Skripsi ☐ Tesis ☐ Desertasi ☐ Lain-lain (.....)
yang berjudul :
PEMANFAATAN LIMBAH SERBUK GERGAJI KAYU JATI SEBAGAI ADSORBEN PENGURANGAN KANDUNGAN TIMBAL (Pb) PADA AIR LIMBAH DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM BATCH

beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Ekslusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media lain secara ***fulltext*** untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 20 Juli 2020

Penulis

(Rafli Puji Firmanto)

ABSTRAK

PEMANFAATAN LIMBAH SERBUK GERGAJI KAYU JATI SEBAGAI ADSORBEN PENGURANGAN KANDUNGAN TIMBAL (Pb) PADA AIR LIMBAH DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM BATCH

Serbuk gergaji kayu jati merupakan limbah hasil sisa dari proses penggergajian kayu dari industri ataupun usaha pengolahan kayu. Salah satu upaya pemanfaatan limbah tersebut yaitu dengan cara digunakan sebagai bahan baku pembuatan adsorben yang berguna untuk mengadsorpsi logam berat pada limbah cair. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan adsorben dari limbah serbuk gergaji kayu jati terhadap logam timbal (Pb) pada limbah cair menggunakan sistem batch serta mengetahui permodelan isoterm adsorpsi yang sesuai dalam proses adsorpsi untuk pengolahan limbah logam berat timbal (Pb). Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental dengan menggunakan variasi massa adsorben yang digunakan masing - masing 1 gram, 2 gram, 3 gram, 4 gram, dan 5 gram, sedangkan variasi metode aktivasi adsorben digunakan yaitu adsorben dengan proses aktivasi dan adsorben tanpa proses aktivasi. Hasil penelitian menjelaskan bahwa pada variasi metode aktivasi adsorben dengan proses aktivasi dan variasi metode aktivasi adsorben tanpa proses aktivasi menghasilkan rata – rata penyerapan dan berturut-turut sebesar 81,14 % dan 94,15 % , Sedangkan rata-rata nilai kapasitas adsorpsi pada variasi metode aktivasi adsorben dengan proses aktivasi dan variasi metode aktivasi adsorben tanpa proses aktivasi berturut-turut sebesar 0,802 mg/g dan 0,597 mg/g. Permodelan isoterm adsorpsi yang sesuai dengan pada proses adsorpsi menggunakan adsorben serbuk gergaji kayu jati adalah model isoterm adsorpsi langmuir dengan nilai R^2 sebesar 0,6537.

Kata Kunci: Serbuk Gergaji Kayu Jati, Adsorben, Timbal (Pb), Kemampuan Adsorpsi, Isoterm Adsorpsi.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

ABSTRACT

UTILIZATION WASTE OF TEAKWOOD SAWDUST FOR ADSORBEN REDUCTION OF CONTAMINATION LEAD (Pb) IN THE WASTE WATER USING BATCH SYSTEM

Teakwood sawdust is waste left over from the sawmill process from industry or wood processing businesses. One effort to utilize the waste is to be used as a raw material for making adsorbents that are useful for adsorbing heavy metals in liquid waste. This study aims to determine the ability of adsorbents from teakwood sawdust waste to lead (Pb) in liquid waste using a batch system and to find out the appropriate adsorption isotherm modeling in the adsorption process for the processing of lead (Pb) heavy metal waste. This is an experimental study using variations in the mass of adsorbent used among others 1 gram, 2 gram, 3 gram, 4 gram and 5 gram, while variations in the method of activation of the adsorbent are used, namely adsorbent with the activation process and adsorbent without the activation process. The results of the study explained that the variation of the adsorbent activation method with the activation process and the variation of the adsorbent activation method without the activation process resulted in an average absorption of 81.14% and 94.15%, while the average value of the adsorption capacity in the variation of the adsorbent activation method with the activation process and variations in the adsorbent activation method without the activation process were 0.802 mg / g and 0.597 mg / g, respectively. The modeling of adsorption isotherm that is suitable for the adsorption process using teakwood sawdust adsorbent is a adsorption model isotherm langmuir with R^2 value of 0.6537.

Keywords: Teakwood Sawdust, Adsorbent, Lead (Pb), Adsorption Ability, Adsorption Model Isotherm.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL ..... **i**

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN ..... **ii**

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING ..... **iii**

LEMBAR PENGESAHAN ..... **iv**

KATA PENGANTAR ..... **v**

ABSTRAK ..... **vi**

DAFTAR ISI ..... **viii**

DAFTAR GAMBAR ..... **xi**

DAFTAR TABEL ..... **xiv**

DAFTAR LAMPIRAN ..... **xv**

BAB I PENDAHULUAN **1**

I.1 Latar Belakang 1

I.2 Rumusan Masalah 3

I.3 Tujuan Penelitian 4

I.4 Batasan Masalah 4

I.5 Manfaat Penelitian 5

BAB II TINJAUAN PUSTAKA **7**

II.1 Logam Berat 7

II.2 Timbal (Pb) 9

II.3 Air Limbah Industri 11

II.4 Adsorpsi 12

II.4.1 Jenis – Jenis Adsorpsi 14

II.4.2 Faktor Yang Mempengaruhi Proses Adsorpsi 15

II.4.3 Nilai Penyisihan Limbah Pada Proses Adsorpsi 16

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

II.4.4 Kapasitas Adsorpsi 16
II.5 Pohon Jati 22
II.6 Adsorben 23
II.7 Reaktor Kimia 26
II.8 Penelitian Terdahulu 28
BAB III METODE PENELITIAN 34
III.1 Lokasi Penelitian 34
III.2 Waktu Penelitian 34
III.3 Tahapan Penelitian 34
III.3.1 Kerangka Pikir Penelitian 34
III.3.2 Tahapan Penelitian 35
III.3.3 Rancangan Percobaan 37
III.4 Alat dan Bahan Penelitian 38
III.4.1 Peralatan Penelitian 38
III.4.2 Bahan Penelitian 38
III.5 Langkah Kerja Penelitian 39
III.5.1 Pembuatan Adsorben dari Limbah Serbuk Gergaji Kayu Jati 39
III.5.2 Pembuatan Limbah Artifisial Timbal (Pb) 41
III.5.3 Pengujian Variasi Massa Adsorben 44
III.5.4 Pengujian Variasi Metode Aktivasi 45
III.5.5 Karakteristik Adsorben Limbah dari Serbuk gergaji kayu jati 46
III.5.6 Preparasi Reaktor 47
III.5.7 Desain Reaktor 48
III.6 Teknik Pengumpulan Data 51
III.7 Metode Analisis Data 52

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 55

IV.1 Preparasi Serbuk Gergaji Kayu Jati 55

IV.2 Aktivasi Adsorben Serbuk Gergaji Kayu Jati 63

IV.3 Pembuatan Limbah Artifisial 71

IV.4 Preparasi dan Simulasi Reaktor Batch 76

IV.5 Mekanisme Pengolahan Limbah 78

IV.6 Kemampuan Adsorpsi Serbuk Gergaji Kayu Jati 84

IV.6.1 Analisis Data Hasil Pengamatan Fisik Sampel Limbah Logam Berat Timbal (Pb) 84

IV.6.2 Analisis Data Hasil Analisa Konsentrasi Limbah Logam Berat Timbal (Pb) 91

IV.7 Model Isoterm Adsorpsi 101

IV.7.1 Model Isoterm Adsorpsi Langmuir 102

IV.7.2 Model Isoterm Adsorpsi Freundlich 107

IV.7.3 Penentuan Persamaan Model Isoterm Adsorpsi 113

IV.8 Mekanisme Adsorpsi Senyawa Logam Berat Timbal dengan Adsorben Serbuk Gergaji Kayu Jati 115

IV.9 Hasil Penelitian dan Prespektif Islam 127

BAB V PENUTUP 129

V.1 Kesimpulan 129

V.2 Saran 129

DAFTAR PUSTAKA 131

LAMPIRAN 136

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Perilaku dan Proses Akumulasi Logam Berat di Lingkungan 8
Gambar 2.2 Mekanisme Proses Adsorpsi Timbal (Pb) 13
Gambar 2.3 Kurva Grafik dalam Isoterm Adsorpsi Model Langmuir 19
Gambar 2.4 Kurva Grafik dalam Isoterm Adsorpsi Model Freundlich 21
Gambar 2.5 Rumus Kimia Selulosa 25
Gambar 2.6 Reaktor Sistem Batch 27
Gambar 2.7 Reaktor Sistem Kontinyu 28
Gambar 3.1 Kerangka Pikir Penelitian 35
Gambar 3.2 Diagram Alir Tahapan Penelitian 36
Gambar 3.3 Tahapan Pembuatan Adsorben dari Limbah Serbuk Gergaji Kayu Jati dengan aktivasi NaOH 2% 40
Gambar 3.4 Tahapan Pembuatan Adsorben dari Limbah Serbuk Gergaji Kayu Jati dengan tanpa aktivasi 41
Gambar 3.5 Tahapan Pembuatan Limbah Artifisial Pb 20 ppm 43
Gambar 3.6 Desain Reaktor Batch dengan variasi massa adsorben dan variasi metode aktivasi terhadap limbah artifisial timbal (Pb) 50
Gambar 4.1 Serbuk Gergaji Kayu Jati dari Proses Penghalusan Kayu Balok Jati 55
Gambar 4.2 Serbuk Gergaji Kayu Jati dari Proses Pemotongan Kayu Balok Jati 56
Gambar 4.3 Proses Pengumpulan dan Pengayakan Serbuk Gergaji Kayu Jati 56
Gambar 4.4 Proses Pembersihan Serbuk Gergaji Kayu Jati 57
Gambar 4.5 Proses Penyaringan Serbuk Gergaji Kayu Jati 57
Gambar 4.6 Proses Pengeringan Serbuk Gergaji Kayu Jati Menggunakan Oven 58
Gambar 4.7 Proses Penimbangan Serbuk Gergaji Kayu Jati 1 Menggunakan Neraca Analitik 59
Gambar 4.8 Proses Penimbangan Serbuk Gergaji Kayu Jati 2 Menggunakan Neraca Analitik 60
Gambar 4.9 Proses Penumbukan Padatan Adsorben Serbuk Gergaji Kayu Jati Menggunakan Alu dan Mortar 62

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Gambar 4.10 Proses Pengayakan Serbuk Adsorben dari Serbuk Gergaji Kayu Jati Menggunakan Alat Sieve Shaker 63
Gambar 4.11 Proses Penimbangan Kristal NaOH Menggunakan Alat Neraca Analitik..... 64
Gambar 4.12 Proses Pengeceran Kristal NaOH dengan Aquades 500 ml 65
Gambar 4.13 Proses Perendaman Adsorben dengan Larutan NaOH 2% 65
Gambar 4.14 Proses Pengukuran Nilai pH Rendaman Adsorben dengan pH meter 66
Gambar 4.15 Proses Penyaringan dan Pembilasan Pada Adsorben dari Serbuk Gergaji Kayu Jati..... 66
Gambar 4.16 Proses Penimbangan Padatan Adsorben dari Serbuk Gergaji Kayu Jati 67
Gambar 4.17 Proses Pengeringan Adsorben Serbuk Gergaji Kayu Jati Menggunakan Oven 68
Gambar 4.18 Proses Penimbangan Adsorben Serbuk Gergaji Kayu Jati Setelah Proses Aktivasi Menggunakan Neraca Analitik 68
Gambar 4.19 Proses Pemisahan Senyawa Lignoselulosa 70
Gambar 4.20 Proses Penumbukan Adsorben Serbuk Gergaji Kayu Jati Setelah Proses Aktivasi Menggunakan Neraca Analitik 70
Gambar 4.21 Proses Pengayakan Serbuk Adsorben Setelah Proses Aktivasi dari Serbuk Gergaji Kayu Jati Menggunakan Alat Sieve Shaker 71
Gambar 4.22 Proses Penimbangan Serbuk Timbal (II) Nitrat ($Pb(NO_3)_2$) 73
Gambar 4.23 Proses Pemasukan Serbuk Timbal (II) Nitrat ($Pb(NO_3)_2$) dan Larutan Aquades 500 ml kedalam Labu Pengencer 74
Gambar 4.24 Proses Pengadukan Serbuk Timbal (II) Nitrat ($Pb(NO_3)_2$) dan Larutan Aquades 500 ml pada Labu Pengencer 74
Gambar 4.25 Proses Pembuatan Larutan Limbah Artifisial Timbal 20 ppm pada Labu Pengencer..... 76
Gambar 4.26 Proses Pengenceran Limbah Artifisial Timbal 20 ppm pada Labu Pengencer 76
Gambar 4.27 Preparasi Reaktor Batch 77
Gambar 4.28 Simulasi Reaktor Batch 78

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Gambar 4.29 Persiapan Pengolahan Limbah Artifisial Timbal (Pb) Sebesar 20 ppm Pada Reaktor 79
Gambar 4.30 Proses Pemberian Batang Pengaduk Kedalam Reaktor 80
Gambar 4.31 Proses Pemberian Adsorben Serbuk Gergaji Kayu Jati Sebesar 1 Gram Kedalam Reaktor..... 81
Gambar 4.32 Proses Pengadukan Adsorben Serbuk Gergaji Kayu Jati Pada Reaktor Batch 82
Gambar 4.33 Proses Penyaringan Hasil Pengolahan Proses Adsorpsi Pada Reaktor Batch 82
Gambar 4.34 Proses Pewadahan Sampel Hasil Pengolahan Proses Adsorpsi Pada Reaktor Batch..... 83
Gambar 4.35 Grafik Efisiensi Pengurangan Limbah Artifisial Timbal (Pb) 95
Gambar 4.36 Grafik Kapasitas Adsorpsi Limbah Artifisial Timbal (Pb) 98
Gambar 4.37 Kurva Grafik Model Isoterm Adsorpsi Langmuir Pada Adsorben Dengan Pemberian Aktivasi..... 105
Gambar 4.38 Kurva Grafik Model Isoterm Adsorpsi Langmuir Pada Adsorben Tanpa Pemberian Aktivasi 106
Gambar 4.39 Kurva Grafik Model Isoterm Adsorpsi Freundlich Pada Adsorben Dengan Pemberian Aktivasi..... 110
Gambar 4.40 Kurva Grafik Model Isoterm Adsorpsi Freundlich Pada Adsorben Tanpa Pemberian Aktivasi 111
Gambar 4.41 Mekanisme Adsorpsi Logam Berat dengan Interaksi Gugus -OH 124
Gambar 4.42 Mekanisme Adsorpsi Logam Berat Timbal dengan Sisi Aktif Adsorben (Gugus C=O dan Gugus -OH) 125
Gambar 4.43 Mekanisme Adsorpsi Limbah Timbal dalam Karbon Aktif..... 126
Gambar 4.44 Proses Adsorpsi Logam Berat Pb(II) yang terjadi Pada Permukaan dan Pori-Pori Adsorben..... 127

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Baku Mutu Air Limbah Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup no 5 tahun 2014 11

Tabel 3.1 Rancangan Percobaan 37

Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Uji Kadar Air Serbuk Gergaji Kayu Jati 60

Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Uji Kadar Air Serbuk Gergaji Kayu Jati Setelah Proses Aktivasi Adsorben 69

Tabel 4.3 Hasil Pengamatan Fisik Sampel Limbah Timbal Menggunakan Adsorben Serbuk Gergaji Kayu Jati 86

Tabel 4.4 Data Hasil Pengukuran Konsentrasi Limbah Artifisial Timbal (Pb) 93

Tabel 4.5 Data Hasil Efisiensi Pengurangan Konsentrasi Limbah Artifisial Timbal (Pb) 94

Tabel 4.6 Data Hasil Kapasitas Adsorpsi Pada Adsorben Serbuk Gergaji Kayu Jati Dalam Pengurangan Konsentrasi Limbah Artifisial Timbal (Pb) 96

Tabel 4.7 Data Tabel Hasil Pengaruh Variasi Pemberian Massa Dan Variasi Pemberian Aktivasi Pada Adsorben Serbuk Gergaji Kayu Jati Berdasarkan Model Isoterm Adsorpsi Langmuir 103

Tabel 4.8 Data Tabel Hasil Pengaruh Variasi Pemberian Massa Dan Variasi Pemberian Aktivasi Pada Adsorben Serbuk Gergaji Kayu Jati Berdasarkan Model Isoterm Adsorpsi Freundlich 108

Tabel 4.9 Persamaan Regresi dan Nilai Konstanta Pemodelan Isoterm Adsorpsi 113

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Dokumentasi Hasil Pengamatan Fisik Sampel Limbah 138

Lampiran 2 Hasil Analisa Pengujian Kandungan Limbah Artifisial Timbal (Pb) dengan Menggunakan Spektrofotometer AAS 156

Lampiran 3 Analisis Data dengan Uji Regresi Linear Sederhana Berdasarkan Permodelan Isoterm Adsorpsi 180

Lampiran 4 Hasil Analisa Data dengan menggunakan Aplikasi SPSS..... 196

Lampiran 5 Hasil Perhitungan Nilai Kapasitas Adsorpsi Maksimum dan Nilai Kesetimbangan Adsorpsi dengan Uji Regresi Linear Sederhana Berdasarkan Permodelan Isoterm Adsorpsi Langmuir 199

Lampiran 6 Hasil Perhitungan Nilai Konstanta Faktor Intensitas Freundlich dan Nilai Konstanta Adsorpsi Maksimum dengan Uji Regresi Linear Sederhana Berdasarkan Permodelan Isoterm Adsorpsi Freundlich..... 203

Lampiran 7 Hasil Perhitungan Energi Entalpi Mekanisme Adsorpsi dengan Menggunakan Adsorben Serbuk Gergaji Kayu Jati 207

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Perkembangan industri dan aktivitas manusia telah meningkatkan pembuangan limbah cair yang mengandung logam berat ke dalam lingkungan. Tingkat konsentrasi logam berat yang terkandung didalam limbah cair tersebut memiliki konsentrasi yang sangat besar telah menyebabkan permasalahan lingkungan terutama pada badan air. Logam berat merupakan salah satu jenis senyawa pencemar lingkungan yang paling banyak dijumpai dalam perairan (Sumaryono, dkk., 2018). Logam berat merupakan unsur senyawa logam yang mempunyai massa jenis lebih dari 5 gr/cm^3 (Muslim, dkk,. 2019). Beberapa jenis logam berat yang dapat mencemari lingkungan antara lain yaitu Besi (Fe), Kadmium (Cd), Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb), apabila limbah – limbah yang mengandung logam berat tersebut tidak dilakukan pengolahan maka dapat menimbulkan permasalahan yang besar bagi lingkungan (Alimuddin, dkk., 2015).

Logam Timbal (Pb) merupakan salah satu logam berat yang sangat berbahaya bagi lingkungan serta tidak mampu terurai oleh proses alam. Timbal (Pb) selain berbahaya bagi lingkungan juga memberikan bahaya bagi makhluk hidup karena memiliki karakteristik bersifat toksik yang dapat mempengaruhi fungsi organ pada makhluk hidup. Sumber pencemaran timbal (Pb) yang banyak ditemukan antara lain limbah buangan pertambangan biji timah hitam, limbah industri kaca, limbah buangan industri dari proses *elektroplating*, limbah dari proses pembakaran bahan bakar minyak dan limbah dari proses pengecoran logam (Maghfirana, 2019).

Pencemaran logam berat Timbal (Pb) dapat menimbulkan kerusakan lingkungan telah disebutkan dalam Q.S. Ar-Rum ayat 41 yang artinya : "*Telah tampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia; Allah menghendaki agar mereka merasakan*

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

sebagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (kejalan yang benar)".

Berdasarkan tafsir kontemporer Q.S. Ar-Rum ayat 41 menjadi salah satu perintah tentang kewajiban manusia dalam melestarikan lingkungan hidup, karena penyebab terjadinya berbagai macam bencana juga karena ulah manusia yang mengeksploitasi dan merusak alam tanpa diimbangi dengan upaya pengelolaan. Salah satu upaya pengelolaan yang dilakukan oleh manusia yaitu dengan mengolah limbah yang dibuang. Metode pengolahan limbah cair yang dapat digunakan untuk mengurangi konsentrasi logam berat diantaranya adalah adsorpsi, pertukaran ion (*ion exchange*), dan Teknologi pemisahan dengan membran (*membran filter*). Metode pengolahan limbah yang banyak digunakan dalam industri adalah proses adsorpsi. Adsorpsi merupakan proses penjerapan partikel adsorbat pada permukaan adsorben yang dikarenakan terdapat proses gaya tarik menarik antara molekul padatan dengan material terjerap ataupun melalui interaksi kimia (Astuti dan Kurniawan, 2015). Salah satu adsorben yang akan digunakan dalam penelitian ini yaitu adsorben dari limbah serbuk gergaji kayu jati. Menurut Abram, dkk (2016) mengatakan bahwa Limbah hasil proses penggergajian kayu yang dihasilkan di Indonesia sebanyak 6 juta ton pertahun yang pada kenyataannya masih ada yang ditumpuk serta dibuang sehingga akan terjadi pencemaran dan merusak lingkungan.

Industri penggergajian kayu di Indonesia menghasilkan limbah dari proses penggergajian berupa serbuk gergaji kayu jati sebesar 10,6%, sebetan kayu jati 25,9% dan potongan kayu jati 14,3%. Serbuk gergaji kayu jati selama ini hanya digunakan untuk bahan bakar ataupun dibuang karena kurang bermanfaat (Saputro dan Retnaningrum, 2016). Serbuk gergaji kayu jati memiliki potensi sebagai bahan penjerap (adsorben) logam berat dalam media air dikarenakan didalam serbuk gergaji kayu jati mengandung senyawa selulosa sehingga bisa menjadi suatu alternatif masalah pencemaran lingkungan. Menurut Erawati dan Helmy (2018) mengatakan bahwa komposisi serbuk kayu jati mengandung selulosa 40,26-43,12%; hemiselulosa 27,07-31,97%, holoselulosa 70,19-72,24%; dan lignin 24,74-

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

28,07%. Kandungan selulosa yang terdapat serbuk kayu jati berfungsi untuk mennyerap kandungan logam berat yang didukung dengan proses aktivasi pada adsorben tersebut.

Menurut Fengel and Gerd (1995) mengatakan bahwa penambahan aktivator pada proses aktivasi adsorben berguna untuk menambahkan gugus fungsi seperti –OH dan –COOH agar dapat lebih banyak menghilangkan logam yang akan diadsorpi oleh adsorben.

Berdasarkan penelitian Wahyuni (2014) proses adsorpsi oleh adsorben serbuk kayu jati dengan menggunakan aktivasi Natrium Hidroksida (NaOH) menghasilkan persentase penyisihan logam berat timbal (Pb) sebesar 97.7% atau pada hasil 0.392 mg/g pada waktu kontak optimum 180 menit dengan nilai kapasitas adsorpsi sebesar 0,224 mg adsorbat/g biosorben.

Sistem batch merupakan suatu sistem reaktor kimia yang umumnya digunakan untuk mereaksikan sesuatu zat ataupun senyawa dalam fase cair, serta proses ini memiliki skala pekerjaan yang kecil dan tanpa memerlukan waktu yang lama sehingga proses batch cocok untuk produksi skala kecil. (Permadi, 2019)

Penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, maka penulis ingin melakukan penelitian adsorben dari limbah serbuk gergaji kayu jati untuk mengetahui kemampuan adsorben dari limbah serbuk gergaji kayu jati dalam mengurangi kandungan logam berat timbal (Pb) pada air limbah dengan menggunakan sistem batch.

I.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka permasalahan yang dapat dirumuskan adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kemampuan adsorben dari limbah serbuk gergaji kayu jati dalam mengurangi kandungan logam berat timbal (Pb) pada air limbah menggunakan sistem batch dengan variasi penambahan massa adsorben dan variasi metode aktivasi ?
2. Bagaimana permodelan isoterm adsorpsi yang sesuai dalam proses adsorpsi untuk pengolahan limbah logam berat timbal (Pb) menggunakan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

adsorben dari limbah serbuk gergaji kayu jati pada air limbah menggunakan sistem batch ?

I.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui kemampuan adsorben dari limbah serbuk gergaji kayu jati dalam mengurangi kandungan logam berat timbal (Pb) pada air limbah menggunakan sistem batch dengan variasi penambahan massa adsorben dan variasi metode aktivasi
2. Untuk menentukan permodelan isoterm adsorpsi yang sesuai dalam proses adsorpsi untuk pengolahan limbah logam berat timbal (Pb) menggunakan adsorben dari limbah serbuk gergaji kayu jati pada air limbah menggunakan sistem batch

I.4 Batasan Masalah

Pada penelitian dari tugas akhir ini memiliki batasan-batasan tertentu, antara lain sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya berskala laboratorium
2. Bahan yang digunakan dalam pembuatan adsorben adalah limbah padat serbuk gergaji kayu jati
3. Adsorben yang digunakan berbentuk serbuk (*powder*) dengan ukuran partikel sebesar 0,2 mm atau 80 mesh
4. Penelitian ini hanya menggunakan satu jenis aktivator dengan satu varian dosis saja yaitu NaOH 2 %.
5. Penelitian ini hanya membahas mengenai kemampuan adsorben dari limbah serbuk gergaji kayu jati terhadap logam berat timbal (Pb) berdasarkan nilai pengurangan kandungan logam berat dan nilai kapasitas adsorpsi
6. Analisis data pada kemampuan adsorben dari limbah serbuk gergaji kayu jati dalam mengurangi kandungan logam berat timbal (Pb) pada air limbah pada sistem batch menggunakan uji regresi linear sederhana berdasarkan persamaan model isoterm adsorpsi langmuir dan freundlich dengan variasi penambahan massa adsorben dan variasi metode aktivasi

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

7. Penelitian ini hanya menggunakan model isoterm adsorpsi langmuir dan model isoterm adsorpsi freundlich dalam menentukan permodelan yang sesuai pada adsorben dan menentukan nilai konstanta kapasitas adsorpsi maksimum dan nilai konstanta kesetimbangan adsorpsi dari adsorben serbuk gergaji kayu jati
8. Pengulangan Penelitian dilakukan sebanyak 2 kali atau *duplo*
9. Penelitian ini dilakukan dengan sistem *bacth*, dengan variasi yang dilakukan antara lain
   a. Variasi massa adsorben antara lain 1 gram, 2 gram, 3 gram, 4 gram dan 5 gram
   b. Variasi metode aktivasi antara lain penambahan aktivasi dengan NaOH 2% dan tanpa penambahan aktivasi NaOH 2%

I.5 Manfaat Penelitian

Pada Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat terhadap pihak – pihak yang terkait. Beberapa manfaat dari penelitian ini antara lain:

1. Manfaat bagi Akademisi

   Manfaat penelitian dari tugas akhir ini bagi akademisi adalah sebagai berikut:

   A. Hasil penelitian ini dapat menjadi sumber informasi dan referensi dalam menambah ilmu dan wawasan bagi mahasiswa UIN Sunan Ampel Surabaya tentang alternatif pengolahan limbah cair logam berat timbal (Pb) dengan memanfaatkan limbah serbuk gergaji kayu jati sebagai adsorben
   B. Hasil penelitian ini diharapkan dapat dilakukan pengembangan untuk penelitan selanjutnya tentang alternatif pengolahan limbah cair logam berat timbal (Pb) dengan memanfaatkan limbah serbuk gergaji kayu jati sebagai adsorben
2. Manfaat bagi Instansi

   Manfaat penelitian dari tugas akhir ini bagi instansi adalah hasil penelitian ini dapat menjadi sumber informasi dan bahan referensi bagi instansi perusahaan sebagai pengembangan alternatif pengolahan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

limbah cair logam berat timbal (Pb) menggunakan proses adsorpsi dengan memanfaatkan limbah serbuk gergaji kayu jati

3. Manfaat bagi Masyarakat

   Manfaat penelitian dari tugas akhir ini bagi masyarakat indonesia yaitu hasil penelitian ini dapat memberikan pengetahuan dan wawasan bagi masyarakat sebagai cara untuk pengolahan limbah yang mengandung logam berat timbal (Pb) dengan memanfaatkan limbah serbuk gergaji kayu jati sebagai adsorben

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Logam Berat

Logam berat adalah komponen alami di lingkungan yang tidak dapat didegradasi (*non degradable*) maupun dihancurkan. Logam berat memiliki berat atau densitas lebih dari sama dengan 5 gr/cm^3. Logam berat digolongkan menjadi dua jenis yaitu logam esensial dan non esensial tergantung pada tingkat tertentu yang dapat merusak lingkungan ataupun bermanfaat bagi makhluk hidup (Darmono, 1995).

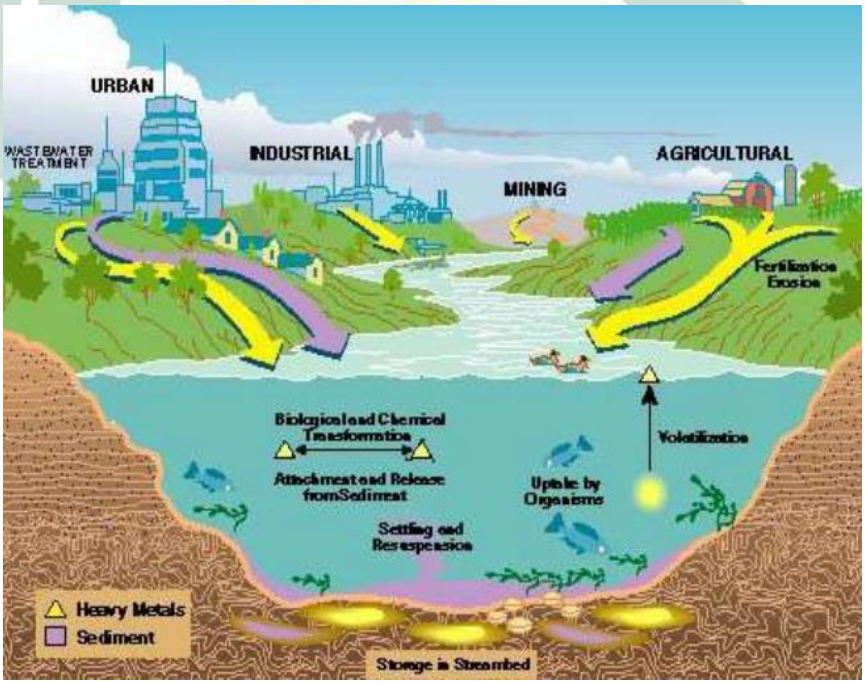
Logam berat adalah unsur alami yang mudah terlarut dalam air dan membentuk senyawa ionik yang memiliki muatan positif didalamnya serta dapat melepaskan satu atau lebih elektron. Logam berat memiliki karakteristik dan sifat antara lain memiliki konduktivitas listrik yang tinggi, memiliki kelenturan dan kilaum, serta mudah kehilangan salah satu elektron yang bertujuan untuk membentuk kation. Berdasarkan identifikasi terhadap unsur kimia secara umum yang dimana 89 unsur kimia merupakan jenis logam berat (Maghfirana, 2019).

Logam berat diklasifikasikan dalam sistem periodik unsur – unsur kimia yang telah ditemukan memiliki nomor atom 22 hingga 92 dengan periode atom menempati urutan 4 hingga 7. Logam berat memiliki berat jenis atom lebih besar dari 5 gram/cm^3 dengan unur – unsur logam berat tersebut diantaranya termasuk kedalam golongan logam transisi (Utama, 2015).

Menurut Adhani dan Husaini (2017) mengatakan bahwa keberadaan logam berat pada lingkungan perairan sangat berbahaya bagi kehidupan ekosistem air yang terdapat pada lingkungan tersebut. Keberadaan logam berat juga memiliki dampak secara langsung maupun tidak langsung bagi manusia. Sifat logam berat dapat membahayakan ekosistem dan manusia disekitar lingkungan tersebut antara lain:

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

1. Sulit terdegradasi dan mudah terakumulasi dalam lingkungan dan perairan sehingga keberadaan logam berat sulit dihilangkan
2. Logam berat dapat terakumulasi pada bagian – bagian tubuh organisme yang hidup di ekosistem perairan seperti ikan, udang, kerang, dan lainnya yang merupakan sumber bahan makanan bagi manusia, hal ini dapat membahayakan kondisi kesehatan manusia akibat konsumsi hewan air yang sudah terakumulasi logam berat karena terjadi proses bioakumulasi dan biomagnifikasi pada tubuh organisme air
3. Logam berat dapat terakumulasi pada pembentukan sedimen dalam badan air dan memiliki konsentrasi yang lebih tinggi daripada logam berat yang terlarut didalam badan air. proses akumulasi dan perilaku logam berat yang dihasilkan dari macam kegiatan manusia dan juga alam ke dalam lingkungan atau ekosistem perairan dapat dilihat pada Gambar 2.1 berikut ini



Gambar 2.1 Perilaku dan Proses Akumulasi Logam Berat di Lingkungan

(Sumber : Adhani dan Husaini, 2017)

Menurut Sutamihardja (2006) mengatakan bahwa sumber pencemaran logam berat di lingkungan berasal dari beberapa sumber salah

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

satunya yaitu berasal dari alam. Karakteristik sumber pencemaran logam berat yang berasal dari alam antara lain :

1. Berasal dari daerah pesisir pantai (*coastal supply*) yang bersumber dari muara sungai, serta dari proses abrasi yang disebabkan oleh aktivitas gelombang air laut.
2. Berasal dari logam yang dikeluarkan dari aktivitas gunung berapi dan logam yang dimurnikan secara kimiawi.
3. Berasal dari lingkungan daratan dan dekat pantai, termasuk logam yang terbawa oleh makhluk hidup, serta dari atmosfer berupa partikel debu yang mengandung logam.

Sumber pencemaran logam berat juga berasal akibat aktivitas manusia yang dikeluarkan dari aktivitas industri, aktivitas kegiatan pertambangan, dan aktivitas rumah tangga yang semuanya berdekatan dengan lingkungan. Beberapa jenis logam yang termasuk kategori logam berat antara lain Aluminium (Al), Kadmium (Cd), Kromium (Cr), Merkuri (Hg), Tembaga (Cu), Besi (Fe), Mangan (Mn), Timbal (Pb), dan Seng (Zn). Logam berat sangat berbahaya apabila kadar logam yang terlarut dalam tubuh manusia terlalu tinggi atau melebihi ambang batas yang sudah ditentukan. Logam – logam berat tersebut bersifat sangat beracun yang dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui beberapa cara yaitu makanan, pernafasan dan penetrasi kulit (Maghfirana, 2019).

II.2 Timbal (Pb)

Timbal (Pb) dikenal dengan nama plumbum atau timah hitam merupakan suatu logam berat yang dapat masuk ke dalam lingkungan. Penyebaran logam timbal di udara berasal dari hasil pembakaran bahan bakar bensin dalam yang menghasilkan Timbal (Pb) dalam bentuk senyawa PbBrCl dan $PbBrCl_2$ melalui pembuangan mesin kendaraan tersebut, unsir Timbal (Pb) terlepas ke udara, sebagian diantaranya akan membentuk partikulat di udara bebas dengan unsur-unsur lain, sedangkan sebagian lainnya akan menempel dan diserap oleh daun tumbuh-tumbuhan yang ada di sepanjang jalan. Pencemaran logam berat dalam tanah oleh

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Timbal (Pb) disebabkan oleh limbah B3 dari air yang tercemar logam berat timbal (Pb) yang melebihi batas konsentrasi alam logam timbal di dalam sedimen yaitu 10-70 ppm. Sedangkan didalam perairan, penyebaran logam Timbal (Pb) yang mencemari lingkungan melalui limbah buangan industri yang melebihi baku mutu konsentrasi logam timbal (Pb) pada air permukaan sebesar 1 - 10 ppm. Pada peningkatan kadar logam timbal (Pb) pada perairan terjadi dikarenakan oleh proses pengendapan logam berat dengan padatan tersuspensi dan mempengaruhi kualitas sedimen pada dasar perairan dan permukaan perairan sehingga dapat berbahaya karena memiliki sifat toksik (Permadi, 2019).

Logam timbal (Pb) memiliki unsur yang bersifat logam dengan beberapa karakteristik antara lain berwarna putih kebiru-biruan, mengkilap, tahan terhadap reaksi senyawa asam, tahan karat, tahan terhadap radiasi, dapat bereaksi dengan senyawa asam kuat, dan memiliki daya hantar listrik yang buruk. Logam berat timbal di alam terdapat pada mineral Galena (PbS), Anglesit ($PbSO_4$) dan Kerusit ($PbCO_3$) yang tersebar dalam keadaan bebas. Logam berat timbal juga memiliki jumlah valensi yaitu 2 dan 4 serta mempunyai massa atom relatif sebesar 207,2 (Maghfirana, 2019)

Menurut Fibrianti dan Azizah (2015) mengatakan bahwa logam timbal memiliki efek toksisitas yang berbahaya bagi manusia. Efek dari paparan logam timbal bagi manusia dikategorikan menjadi efek akut dan efek kronis. Efek paparan akut dapat menyebabkan hilangnya nafsu makan, sakitkepala, hipertensi, nyeri perut, gangguan fungsi ginjal, kelelahan,sulit tidur, arthritis, halusinasi dan vertigo Efek toksik yang ditimbulkan dari logam timbal yaitu keterbelakangan mental, cacat lahir, psikosis, autisme, alergi, disleksia, penurunan berat badan, hiperaktif, kelumpuhan, kelemahan otot, kerusakan otak, kerusakan ginjal dan bahkan dapat menyebabkan kematian.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

II.3 Air Limbah Industri

Air limbah merupakan sebuah sisa hasil usaha dan/atau kegiatan yang berwujud cair yang telah dibuang ke lingkungan perairan yang dapat menurunkan kualitas lingkungan terutama kualitas air. Kualitas air limbah dapat diukur dan diuji berdasarkan parameter-parameter yang sudah ditentukan oleh baku mutu berdasarkan peraturan pemerintah. Baku mutu air limbah merupakan batas ukuran maksimal atau kadar maksimal unsur pencemar yang terkandung di dalam air limbah yang akan dibuang ke badan air. Kadar unsur pencemar merupakan sebuah jumlah berat unsur pencemar dalam volume air limbah tertentu yang dinyatakan dalam satuan mg/L. Penetapan baku mutu air limbah bagi industri atau kegiatan usaha lainnya digunakan untuk mencegah terjadinya pencemaran sumber air guna mewujudkan mutu sumber air yang tepat guna yang sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup no 5 tahun 2014. Berikut ini merupakan batas baku mutu air limbah yang sudah ditetapkan berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup no 5 tahun 2014 tentang baku mutu air limbah bagi industri dan/atau kegiatan usaha lainnya:

Tabel 2.1 Baku Mutu Air Limbah Industri Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup no 5 tahun 2014

Parameter	Satuan	Golongan	
		I	II
Temperatur	ºC	38	40
Zat padat terlarut (TDS)	Mg/L	2.000	4.000
Zat padat suspensi (TSS)	Mg/L	200	400
pH	-	6,0-9,0	6,0-9,0
Besi (Fe)	Mg/L	5	10
Mangan (Mn)	Mg/L	2	5
Barium (Ba)	Mg/L	2	3
Tembaga (Cu)	Mg/L	2	3
Seng (Zn)	Mg/L	5	10
Krom Heksavalen (Cr^{6+})	Mg/L	0,1	0,5

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Parameter	Satuan	Golongan	
		I	II
Krom Total (Cr)	Mg/L	0,5	1
Cadmium (Cd)	Mg/L	0,05	0,1
Air Raksa (Hg)	Mg/L	0,002	0,005
Timbal (Pb)	Mg/L	0,1	1
Stanum (Sn)	Mg/L	2	3
Arsen (As)	Mg/L	0,1	0,5
Selenium (Se)	Mg/L	0,05	0,5
Nikel (Ni)	Mg/L	0,2	0,5
Kobalt (Co)	Mg/L	0,4	0,6
Sianida (CN)	Mg/L	0,05	0,5
Sulfida (H_2S)	Mg/L	0,5	1
Fluorida (F)	Mg/L	2	3
Klorin Bebas (Cl_2)	Mg/L	1	2
Amonia-Nitrogen (NH_3-N)	Mg/L	5	10
Nitrat (NO_3-N)	Mg/L	20	30
Nitrit (NO_2-N)	Mg/L	1	3
Total Nitrogen	Mg/L	30	60
BOD_5	Mg/L	50	150
COD	Mg/L	100	300
Senyawa Aktif Biru Metilen	Mg/L	5	10
Fenol	Mg/L	0,5	1
Minyak dan Lemak	Mg/L	10	20
Total Bakteri Koliform	MPN/100 ml	10.000	

(Sumber : *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup no 5 tahun 2014 tentang baku mutu air limbah bagi industri dan/atau kegiatan usaha lainnya*)

II.4 Adsorpsi

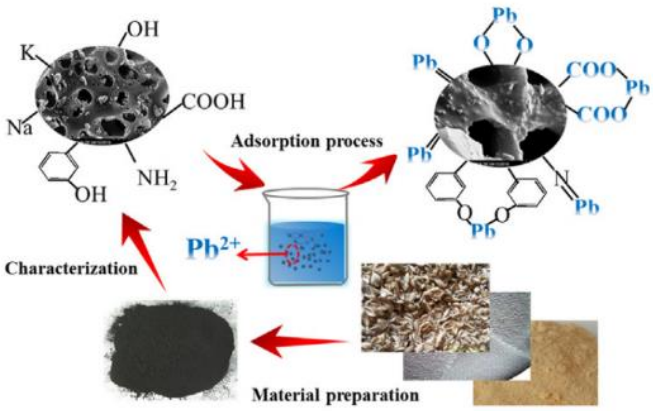
Proses sorpsi adalah proses penyerapan ion oleh partikel penyerap (sorban). Proses sorpsi dibedakan menjadi dua yaitu adsorpsi dan absorpsi. Proses adsorpsi jika ion tersebut tertahan dipermukaan partikel penyerap

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

(adsorban), sedangkan absorpsi jika proses pengikatan ini berlangsung sampai di dalam partikel penyerap (absorben) (Zaini dan Sami, 2017).

Adsorpsi adalah sebuah proses penyerapan yang menarik suatu zat pada permukaan adsorben akibat dari adanya gaya tarik menarik antara molekul padatan dengan material terserap ataupun dengan interaksi kimia (Tang, *et.al*.,2019). Menurut Astuti dan Kurniawan (2015) mengatakan bahwa Adsorpsi merupakan proses penyerapan zat adsorbat pada permukaan adsorben yang disebabkan oleh adanya gaya tarik menarik antara molekul padatan dengan material terjerap ataupun melalui interaksi kimia.

Proses gaya tarik menarik antar molekul senyawa yang terjadi di permukaan adsorben sehingga terbentuk sebuah lapisan tipis yang menutupi permukaan adsorben. Proses adsorpsi dapat terjadi karena molekul yang terdapat pada permukaan adsorben memiliki gaya tarik menarik yang tidak seimbang dan cenderung tertarik ke arah dalam. Gaya tarik menarik yang tidak seimbang tersebut mengakibatkan zat padat yang digunakan sebagai adsorben cenderung menarik zat lain yang bersentuhan dengan permukaan adsorben. Bahan atau zat yang diserap disebut dengan adsorbat, sedangkan permukaan yang menjadi tempat terjadinya proses penyerapan disebut dengan adsorben (Kurniawan, 2015). Mekanisme proses adsorpsi telah dijelaskan pada gambar 2.2 berikut ini



Gambar 2.2 Mekanisme Proses Adsorpsi Timbal (Pb)

(Sumber : Song, *et.al*.,2017)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Mekanisme proses adsorpsi yang telah dijelaskan pada gambar 2.2 dilakukan dalam tiga tahap yaitu Preparasi, Karakterisasi, dan Adsorpsi. Tahap preparasi merupakan sebuah proses pembentukan awal partikel adsorben dari yang berukuran besar menjadi berukuran kecil atau mikro. Tahap karakterisasi merupakan sebuah proses pembentukan karakteristik partikel adsorben dengan melakukan aktivasi menggunakan zat aktivator. Tahap adsorpsi merupakan tahapan dimana adsorben yang telah melalui tahap preparasi dan karakterisasi dimasukkan kedalam suatu larutan yang mengandung senyawa terntu untuk dilakukan proses penyerapan (Song, *et.al*.,2017).

II.4.1 Jenis – Jenis Adsorpsi

Menurut Kurniawan (2015) mengatakan bahwa proses adsorpsi secara umum dibedakan menjadi dua jenis yaitu adsorpsi secara kimia dan adsorpsi secara kimia. Dua jenis adsorpsi tersebut dijelaskan berikut ini:

1. Adsorpsi Kimia

   Pada proses adsorpsi secara kimia telah terjadi pembentukan antara molekul adsorbat dan adsorben pada suatu sistem homogen. Proses adsorpsi kimia memiliki energi ketika proses penyerapan yaitu > 20 kJ/mol. Adsorpsi kimia menggunakan ikatan kimia kovalen sebagai hasil penggunaan pasangan elektron yang terkandung pada adsorben dan adsorbat. Apabila adsorbat berupa kation logam maka dapat dinyatakan sebagai asam Lewis dan gugus-gugus fungsional yang terkandung didalam adsorben sebagai basa Lewis.

2. Adsorpsi Fisika

   Adsorpsi fisika dapat terjadi karena adanya gaya tarik menarik antara adsorben dengan adsorbat dapat dianggap sebagai dua sistem individu berbeda yang dikenal sebagai gaya van der waals yang menghasilkan energi adsorpsi kecil sebesar <20 kJ/mol.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

II.4.2 Faktor Yang Mempengaruhi Proses Adsorpsi

Proses adsorpsi memiliki faktor – faktor penting yang mempengaruhi hasil dari adsorpsi tersebut. Beberapa faktor yang mempengaruhi adsorpsi menurut (Maghfirana, 2019) antara lain:

1. Temperatur

   Hubungan antara suhu temperatur dengan proses adsorpsi bergantung pada kondisi proses dan operasi di reaktor yang didalamnya terjadi reaksi eksotermik dan endotermik. Proses adsorpsi bersifat endotermik apabila pengurangan logam akan meningkat seiring dengan peningkatan temperatur, proses adsorpsi bersifat endotermik menjadi indikator adsorpsi secara kimia. Sedangkan adsorpsi bersifat eksotermik yaitu pengurangan logam menurun seiring dengan peningkatan temperatur. adsorpsi bersifat eksotermik menjadi indikator adsorpsi secara fisik.

2. pH

   Kandungan pH pada larutan mempunyai pengaruh yang kuat terhadap keberadaan komponen logam dalam larutan. Pada umumnya logam akan mengedap pada larutan yang basa atau yang memiliki nilai pH lebih besar dari 10. Karena pada kondisi pH yang tinggi komponen logam membentuk kompleks netral atau dalam bentuk hidroksida anionik sehingga pertukaran kation tidak akan terjadi. Agar pertukaran kation lebih efektif, pada saat pengolahan dengan menurunkan pH ke kondisi normal atau dalam suasana asam

3. *Pre-treatment* adsorben

   Proses perubahan pada sisi komposisi kimia dapat memperngaruhi kemampuan adsorben dalam mengadsorpsi logam berat contohnya pada adsorben karbon aktif terdapat modifikasi pada luas permukaan diperbesar atau dengan pertukaran gugus fungsi pada kation, maka kapasitas adsorpsi

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

dapat meningkat hingga 30% walaupun perlakuan ini memperlambat laju reaksi

4. Partikulat

   Keberadaan partikulat dalam larutan dapat mengurangi laju adsorpsi karena partikel-partikel yang terdapat dalam larutan akan menyumbat media adsorben atau yang disebut dengan *clogging*. Media adsorben digunakan untuk mengadsorpsi ion-ion logam memerlukan filtrasi untuk ditempatkan sebelum proses adsorpsi agar mencegah terjadinya *clogging*.

5. Keberadaan ion lain dalam larutan

   Media adsorben dapat bekerja apabila sudah ditentukan secara spesifik larutan yang digunakan karena apabila terdapat keberadaan ion lain pada larutan dapat menggangu proses pengurangan pada larutan.

II.4.3 Nilai Penyisihan Limbah Pada Proses Adsorpsi

Pada proses adsorpsi terdapat rumus yang menjelaskan tentang pengurangan tingkat konsentrasi limbah dari sebelumnya memiliki tingkat konsentrasi limbah yang tinggi kemudian setelah dilakukan proses adsorpsi terdapat pengaruh pada pengurangan tingkat konsentrasi limbah yang dijelaskan dengan rumus berikut ini :

$$\text{Tingkat Removal (\%)} = \frac{Ci - Ce}{Ci} X\ 100 \text{.....(Rumus 2.1)}$$

(Sumber : Mardiah, dkk.,2017)

Keterangan :

Ci : Nilai Konsentrasi Limbah Awal (mg/L)

Ce : Nilai Konsentrasi Limbah Akhir (mg/L)

II.4.4 Kapasitas Adsorpsi

Menurut Halimah (2016) mengatakan bahwa kapasitas adsorpsi merupakan suatu fungsi konsentrasi zat terlarut (adsorbat)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

yang terjerap atau terserap pada permukaan padatan (adsorben) terhadap konsentrasi larutan tertentu. Menurut Arif (2014) Kapasitas adsorpsi pada suatu adsorben dilakukan suatu perhitungan dengan menggunakan sebagai berikut :

$$qe = \frac{(Ci - Ce)}{m\ adsorben}\ X\ V$$ .....(Rumus 2.2)

(Sumber : Arif, 2014)

Keterangan

qe = Kapasitas adsorpsi / massa adsorbat yang teradsorpsi per satuan massa adsorben (mg/g)

Ci = Nilai Konsentrasi Limbah Awal (mg/L)

Ce = Nilai Konsentrasi Limbah Akhir (mg/L)

$m_{adsorben}$ = massa adsorben (g)

V = Volume adsorbat (L)

Menurut Halimah (2016) mengatakan bahwa model isoterm adsorpsi merupakan sebuah persamaan ketimbangan dalam proses adsorpsi yang berfungsi untuk mempelajari mekanisme adsorpsi dalam fase cair-padat pada umumnya mengikuti tipe isoterm Model Langmuir dan Model Freundlich yang dijelaskan sebagai berikut :

1. Isoterm Adsorpsi Model Langmuir

   Model isotherm langmuir merupakan sebuah persamaan teori isoterm adsorpsi dengan menggunakan model sederhana yaitu ketika proses adsorpsi yang berlangsung secara kimisorpsi satu lapisan. Kimisorpsi merupakan proses adsorpsi yang terjadi melalui ikatan kimia yang sangat kuat antara lapisan aktif permukaan dengan molekul adsorbat yang dipengaruhi oleh densitas isotherm. Adsorpsi dengan satu lapisan (*monolayer*) dapat terjadi karena empat ikatan kimia biasanya bersifat spesifik, sehingga permukaan adsorben dapat dengan mudah mengikat adsorbat melalui ikatan kimia (Halimah, 2016).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Model persamaan Langmuir dalam bentuk konsentrasi sebagai berikut:

$$qe = \frac{\alpha.b.C}{1+b.C}$$ .....(Rumus 2.3)

(Sumber : Mardiah, dkk.,2017)

Keterangan

qe = kapasitas adsorpsi / massa adsorbat yang teradsorpsi per satuan massa adsorben (mg/g)

α = konstanta kapasitas adsorpsi (mg/g)

b = konstanta kesetimbangan adsorpsi (L/mg)

C = konsentrasi adsorbat (mg/L)

Persamaan model isoterm adsorpsi langmuir dapat dilinearsasikan sehingga data penelitian dapat di plot untuk menentukan konstanta α dan b yang ditemukan dari kurva kalibrasi hubungan $\frac{C}{qe}$ terhadap C dengan persamaan :

$$\frac{C}{qe} = \frac{1}{\alpha .b} + \frac{1}{\alpha} C$$ .....(Rumus 2.4)

(Sumber : Mardiah, dkk.,2017)

Keterangan

qe = kapasitas adsorpsi / massa adsorbat yang teradsorpsi per satuan massa adsorben (mg/g)

α = konstanta kapasitas adsorpsi (mg/g)

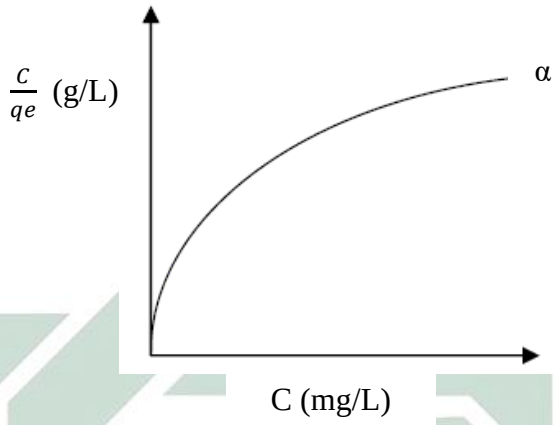
b = konstanta kesetimbangan adsorpsi (L/mg)

C = konsentrasi adsorbat (mg/L)

Menurut Halimah (2016) mengatakan bahwa nilai konstanta α dan b dapat ditemukan dari kurva hubungan $\frac{C}{qe}$ terhadap C yang dimana untuk nilai α dapat ditentukan dari kemiringan (slope) kurva grafik, sedangkan untuk nilai b yaang merupakan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

konstanta kesetimbangan didapat dari intersep kurva grafik hubungan $\frac{C}{qe}$ terhadap C yang dijelaskan pada gambar 2.3 berikut ini



Gambar 2.3 Kurva Grafik dalam Isoterm Adsorpsi Model Langmuir

(Sumber : Halimah, 2016)

Permodelan Isotherm Adsorpsi Langmuir pada dasarnya terjadi interaksi mekanisme adsorpsi secara kimia. Adsorpsi kimia merupakan mekanisme adsorpsi yang melalui proses interaksi yang lebih kuat antara adsorben dan adsorbat atau partikel terjerap yang menyebabkan adsorbat tidak bebas bergerak dari satu bagian ke bagian yang lain (Parker, 1993 dalam Siregar, 2019)

2. Isoterm Adsorpsi Model Freundlich

   Isoterm adsorpsi dengan Model Freundlich mengatakan bahwa adsorpsi pada permukaan bersifat heterogen yang dimana tidak semua permukaan adsorben memiliki kemampuan daya adsorpsi. Isoterm adsorpsi dengan Model Freundlich menunjukan lapisan adsorbat yang terbentuk ketika proses adsorpsi yang berlangsung melalui ikatan kimia yang sangat kuat antara lapisan aktif permukaan dengan molekul adsorbat yang memiliki dua atau lebih lapisan (*multilayer*). Hal ini

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

berkaitan dengan ciri-ciri adsorpsi secara fisika yang dimana adsorpsi dapat terjadi pada banyak lapisan (*multilayer*) melalui gaya yang disebut gaya van der waals. Model Freundlich pada isoterm adsorpsi ditentukan dengan bentuk persamaan sebagai berikut :

$qe = Kf \times Ce^{\frac{1}{n}}$.....(Rumus 2.5)

(Sumber : Halimah, 2016)

Keterangan :

qe : jumlah zat yang teradsorpsi per gram adsorben (mg/g)

Ce : konsentrasi adsorbat dalam fase larutan (mg/L)

Kf : konstanta kapasitas adsorpsi Freundlich (mg/g)

1/n : faktor intensitas Freundlich

Persamaan model isoterm adsorpsi freundlich dapat dilinearsasikan sehingga data penelitian dapat di plot untuk menentukan konstanta Kf dan nilai 1/n

$\log qe = \log Kf + \frac{1}{n} \log Ce$.....(Rumus 2.6)

(Sumber : Halimah, 2016)

Keterangan :

qe : jumlah zat yang teradsorpsi per gram adsorben (mg/g)

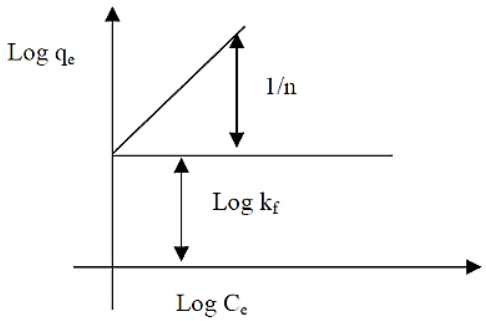
Ce : konsentrasi adsorbat dalam fase larutan (mg/L)

Kf : konstanta kapasitas adsorpsi Freundlich (mg/g)

1/n : faktor intensitas Freundlich

Pada rumus persamaan Model Freundlich pada isoterm adsorpsi dapat digambarkan dalam grafik Model isotherm adsorpsi Freundlich yang dijelaskan pada gambar 2.4 berikut ini

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 2.4 Kurva Grafik dalam Isoterm Adsorpsi Model Freundlich

(Sumber : Halimah, 2016)

Pada kurva grafik dalam Isoterm Adsorpsi Model Freundlich diatas untuk penentuan nilai *Ce* ditentukan dengan membentuk garis linear yang bertujuan menentukan kelinearan atau ketepatan data dengan hasil konsentrasi setimbang adsorbat dalam fase larutan. Kemudian untuk nilai kf (Konstanta Freundlich) diperoleh dari hasil kemiringan garis lurusnya, sedangkan untuk penetuan 1/n berdasarkan nilai kemiringan dari hasil log qe dan log Ce dengan nilai n merupakan nilai konstanta adsorpsi yang nilainya bergantung pada jenis adsorben dan suhu adsorpsi apabila nilai n diketahui dan nilai kf dapat dicari, maka dapat diasumsikan bahwa semakin besar nilai kf maka daya adsorpsi akan semakin bagus dan dari nilai kf yang diperoleh maka energi adsorpsi akan dapat dihitung (Halimah, 2016).

Menurut Sulfikar dan Ramlawati (2015) mengatakan bahwa Permodelan Isotherm Adsorpsi Freundlich mengasumsikan bahwa proses adsorpsi yang terjadi secara fisik. Pada proses adsorpsi secara fisik memiliki arti bahwa proses penyerapan adsorbat terjadi pada permukaan adsorben akibat adanya ikatan gaya Van Der Waals, gaya tersebut merupakan proses tarik menarik yang memiliki daya ikat lemah antara adsorbat dengan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

permukaan adsorben. Adsorpsi secara fisik memiliki ikatan yang tidak kuat antara adsorbat pada permukaan adsorben yang menyebabkan adsorbat dapat bergerak bebas dari suatu bagian permukaan ke permukaan adsorben lainnya, kemudian untuk permukaan adsorben yang ditinggalkan dapat digantikan oleh adsorbat yang lainnya.

Tujuan penggunaan kesetimbangan model persamaan adsorpsi isoterm Freundlich dan Langmuir adalah untuk mendapatkan persamaan kesetimbangan pada proses adsorpsi yang dapat digunakan untuk mengetahui seberapa besar massa adsorbat yang dapat di adsorpsi oleh adsorben. persamaan isoterm yang akan digunakan dalam penentuan konstanta kapasitas adsorpsi adsorben terhadap kandungan logam berat timbal (Pb), maka dapat dilakukan perhitungan dan pemasukan data dengan menggunakan masing-masing persamaan isoterm adsorpsi. Kemudian akan dipilih persamaan yang akan menghasilkan garis regresi yang paling linear dengan nilai konstanta regresi linear (R^2) yang terbesar atau yang mendekati nilai 1 (Arif, 2014).

II.5 Pohon Jati

Pohon jati memiliki nama ilmiah *Tectona grandis Linn.f* yang dikenal sebagai salah satu jenis pohon yang menghasil kayu yang sering digunakan untuk berbagai keperluan dan komoditas terbesar di Indonesia. Kayu jati merupakan salah satu jenis kayu yang banyak digunakan untuk memproduksi mebel dan furnitur. dengan beberapa produk rumah tangga seperti meja, kursi, lemari dan perabot lainnya (Erawati dan Helmy, 2018).

Menurut Mutmainnah (2017) mengatakan bahwa ciri-ciri dari kayu jati yaitu memiliki serat yang halus dengan warna kayu mula-mula berwarna coklat sawokelabu, kemudian berubah berwarna coklat sawo matang apabila terlalu lama terkena cahaya matahari dan udara. Struktur pori kayu jati sebagian besar soliter dalam susunan tata lingkaran dengan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

diameter 20-40μm dan mempunyai berat jenis sebesar 0,67 kg/m^3. Pada ciri – ciri kayu jati ini banyak dijadikan alasan diperlukannya kayu pohon jati sebagai komponen penunjang produk – produk berbahan kayu yang banyak dipilih oleh masyarakat. Industri serta usaha yang menggunakan pohon jati selama ini meninggalkan limbah diantaranya yaitu limbah padat serbuk gergaji kayu jati.

Menurut Wahyuni (2014) mengatakan bahwa 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.

II.6 Adsorben

Adsorben merupakan padatan zat penjerap yang memiliki kemampuan dalam menyerap adsorbat ataupun suatu senyawa pada bagian permukaan adsorben. Adsobat yang diserap oleh adsorben dapat berupa senyawa organik, zat warna, serta ion logam pada sebuah larutan (Dehghani, *et.al*.,2016). Beberapa jenis adsorben sudah digunakan antara lain zeolit, *fly ash*, chitosan, debu, dan juga terdapat beberapa jenis adsorben yang dibuat dengan bahan yang ekonomis, berasal dari limbah yang sudah dibuang, dan efektif dalam menyerap adsorbat antara lain batang dari buah nanas, biji buah belimbing, kulit buah jeruk, kulit kayu pohon pinus, serta salah satunya merupakan adsorben yang terbuat dari limbah serbuk gergaji (Rinaldy, *et.al*.,2018).

Serbuk kayu merupakan hasil sisa dari proses penggergajian kayu dari industri ataupun usaha. Selama ini limbah serbuk kayu menimbulkan banyak masalah dikarenakan dibiarkan membusuk, ditumpuk dan dibakar yang berasal dari penanggulangan yang buruk dan berdampak terhadap lingkungan sehingga penanggulangannya perlu dipikirkan (Siregar, 2019). Adsorben yang digunakan dalam penelitian ini yaitu serbuk gergaji dari kayu jati. Adsorben serbuk gergaji kayu jati memiliki keunggulan salah satunya merupakan jenis biosorben dikarenakan adsorben serbuk gergaji

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

kayu jati hanya membutuhkan sedikit pengolahan dalam proses pembuatannya, serta berasal dari produk sampingan atau limbah industri.

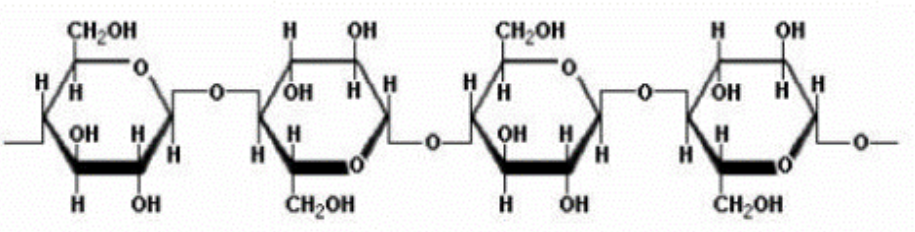
Menurut Utama (2015) mengatakan biosorben merupakan materi adsorben yang digunakan pada proses adsorpsi. Biosorben kategori murah merupakan biosorben yang hanya butuh sedikit pengolahan dalam pembuatannya, melimpah di alam atau kandungannya merupakan produk sampingan atau limbah industri.

Biosorben adalah adsorben atau zat penjerap yang umumnya terbuat dari material biologi. Adsorpsi pada logam berat oleh biosorben terjadi melalui proses adsorpsi yang melibatkan gugus-gugus fungsional yang terikat pada senyawa makromolekul didalam permukaan adsorben seperti protein, polisakarida, lignin, chitin, dan biopolymer lain yang terkandung didalam biosorben. Gugus fungsional yang dimaksud meliputi gugus-gugus –OH, dan C-O (Wahyuni, 2014).

Serbuk kayu jati memiliki komposisi yang sama dengan kayu jati. Unsur-unsur penyusun kayu jati yang terkandung dalam sejumlah senyawa organik seperti selulosa, hemiselulosa dan lignin (Mutmainnah, 2017). Menurut Erawati dan Helmy (2018) mengatakan bahwa komposisi serbuk kayu jati mengandung selulosa 40,26-43,12%; hemiselulosa 27,07-31,97%, holoselulosa 70,19-72,24%; dan lignin 24,74-28,07%.

Menurut Jin, *et.al.* (2015) mengatakan bahwa selulosa $(C_6H_{10}O_5)_n$ merupakan gugus polimer organik yang memiliki polimer berantai panjang polisakarida karbohidrat dari glukosa seperti yang digambarkan pada gambar 2.5. Kandungan selulosa dapat ditemukan pada kayu, jerami, rumput – rumputan, limbah pertanian/kehutanan, dan limbah industri kayu.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 2.5 Rumus Kimia Selulosa

(Sumber : Fengel and Gerd, 1995)

Proses adsorpsi dari adsorben dapat ditingkatkan dengan proses aktivasi. Aktivasi bertujuan untuk melarutkan beberapa senyawa yang terkandung pada adsorben dan juga fungsi dari proses aktivasi yaitu menambahkan gugus fungsi seperti –OH dan –COOH agar dapat lebih banyak menghilangkan logam yang akan diadsorpi oleh adsorben. (Fengel and Gerd, 1995)

Menurut Arif (2014) Proses aktivasi adsorben merupakan suatu perubahan fisika dimana pori – pori pada permukaan adsorben menjadi jauh lebih banyak karena senyawa penggangu yang terkandung dalam adsorben dapat dihilangkan selama proses aktivasi. Untuk memperoleh adsorben yang berpori dan luas permukaan yang besar dapat diperoleh dengan cara mengaktivasi bahan. Ada dua cara dalam melakukan proses aktivasi yaitu

A. Proses Aktivasi Secara Fisika

   Proses aktivasi ini dilakukan dengan pengaktivasian pada suhu tinggi. Aktivasi dengan uap air biasanya dilakukan pada suhu 750 - 900 ^{o}C dan aktivasi dengan CO_2 (karbon dioksida) dilakukan pada suhu 850 – 1100 ^{o}C. Namun aktivasi dengan CO_2 (karbon dioksida) jarang sekali dilakukan karena reaksi yang terjadi adalah reaksi eksotermis sehingga akan lebih sulit untuk dikontrol. Proses ini harus mengontrol suhu, lama waktu aktivasi dan laju alir

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

aktivator sehingga dihasilkan karbon aktif dengan susunan karbon yang padat dan memiliki pori-pori yang luas.

B. Proses Aktivasi Secara Kimia

Aktivasi secara kimia dilakukan dengan cara merendamkan adsorben kedalam larutan bahan kimia aktivator tertentu seperti asam kloria (HCl), asam nitrat (HNO_3), asam phosphate (H_3PO_4), sianida (CN), kalsium hidroksida ($Ca(OH)_2$), kalsium klorida ($CaCl_2$), kalsium phosphat ($Ca(PO_4)_2$), natrium hidroksida (NaOH), kalium hidroksida (KOH), natrium sulfat (Na_2SO_4), zink klorida ($ZnCl_2$) dan natrium karbonat (Na_2CO_3) sebelum proses pengeringan atau dehidrasi.

II.7 Reaktor Kimia

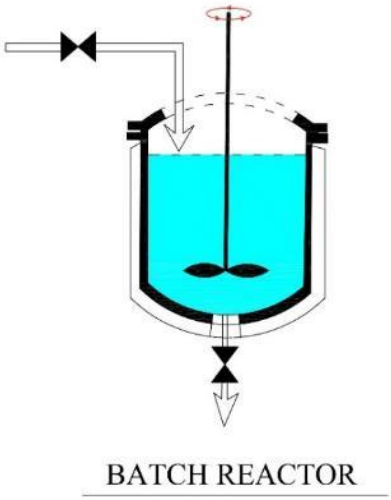
Perancangan reaktor kimia digunakan dalam mereaksikan bahan-bahan senyawa kimia, atau bisa disebut dengan tempat untuk mengonversi bahan baku senyawa kimia menjadi produk senyawa kimia, beberapa juga yang menyebutkan bahwa reaktor kimia merupakan inti dari sebuah proses kimia. Perancangan desain reaktor kimia dengan kandungan bahan kimia yang akan dilakukan proses sintesis pada skala komersial tergantung pada beberapa parameter kimia. Beberapa hal tersebut sangat penting dalam mencakup secara keseluruhan desain untuk proses kimia tujuannya memastikan bahwa proses reaksi dengan efisiensi tinggi menghasilkan sebuah produk keluaran yang diinginkan (Levenspiel, 1999). Menurut Permadi (2019) mengatakan bahwa reaktor kimia memiliki beberapa jenis antara lain :

1. Reaktor Sistem Batch

Sistem batch adalah proses semua reaktan yang dimasukan bersama-sama didalam sebuah reaktor pada awal proses dan pada akhir proses produk dikeluarkan. Pada proses ini, ketika semua reagen ditambahkan pada awal proses dan tidak ada penambahan atau pengeluaran ketika proses berlangsung. Pada umumnya dalam proses ini digunakan untuk mereaksikan sesuatu dalam fase cair, serta proses

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

ini memiliki skala pekerjaan yang kecil dan tanpa memerlukan waktu yang lama sehingga proses batch cocok untuk produksi skala kecil seperti pada gambar 2.6 contoh reaktor dengan sistem batch.



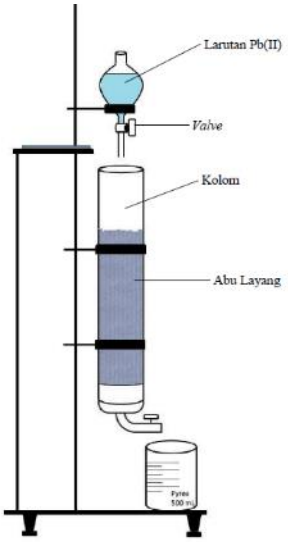
Gambar 2.6 Reaktor Sistem Batch

(Sumber : Permadi, 2019)

2. Reaktor Sistem Kontinyu

Reaktor sistem kontinyu adalah sebuah reaktor dengan proses reaktan yang dimasukkan ke dalam reaktor dan hasil produk dikeluarkan ketika proses masih berlangsung secara berkelanjutan. Sebagai contoh Proses Haber untuk pembuatan ammonia yang dimana hasil dari produk yang dikeluarkan ketika proses pembuatan dari reaktor keunggulan dari sistem kontinyu yaitu biaya produksi pada proses kontinu lebih hemat dan murah dibandingkan dengan proses batch dikarenakan hasil dari proses pembuatan produk tertentu dikeluarkan pada saat produksi berlangsung. Sistem kontinyu lebih cocok digunakan untuk industri skala besar seperti yang dicontohkan pada gambar 2.7 yang merupakan reaktor sistem kontinyu

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 2.7 Reaktor Sistem Kontinyu

(Sumber : Kurniawan, 2015)

II.8 Penelitian Terdahulu

Penelitian yang terdahulu digunakan sebagai rujukan dasar teori sebuah kerangka penelitian yang akan dilaksanakan dalam sebuah skripsi atau tugas akhir. Berikut ini merupakan beberapa penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian ini antara lain :

1. Wahyuni (2014) dengan penelitian yang berjudul "*Sintesis Biosorben Dari Limbah Kayu Jati Dan Aplikasinya Untuk Menjerap Logam Pb Dalam Limbah Cair Artifisial*" meneliti tentang kemampuan adsorben dari limbah serbuk gergaji kayu jati dalam mengurangi logam berat timbal dengan sistem batch menggunakan model isoterm adsorpsi langmuir dan Freundlich berdasarkan efek waktu kontak optimum adsorpsi dan konsentrasi awal limbah. Hasil penelitian ini menyatakan bahwa massa adsorben sebanyak 0,5 gr/L pada konsentrasi awal limbah 4 mg/L menghasilkan pengurangan limbah timbal sebanyak 0.392 mg biosorben/gr biosorben dengan tingkat removal mencapai 97.7% lalu untuk permodelan yang cocok dalam proses isoterm adsorpsi yaitu model freundlich dengan nilai regresi mencapai 0,98 dengan nilai kapasitas adsorpsi 0,224 mg adsorbat/g biosorben.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

2. Siregar (2019) dengan penelitian yang berjudul "*Penyisihan Logam Berat Pb (II) Dan Cd (II) Dengan Adsorben Yang Dibuat Dari Serbuk Kayu Yang Diaktivasi Dengan H_3PO_4*" meneliti tentang kemampuan adsorben dalam mengurangi logam berat kadmium (Cd) dan timbal (Pb) dengan sistem batch menggunakan model isoterm adsorpsi langmuir dan freundlich berdasarkan efek pemberian adsorben dan waktu kontak optimum adsorben menggunakan biosorben dan karbon aktif dari limbah serbuk gergaji kayu jati. Hasil penelitian ini menyatakan bahwa efisiensi penyisihan logam Pb dan Cd pada waktu kontak optimum selama 50 menit dan massa adsorben 0,75 gram dengan menggunakan biosorben masing-masing sebesar 98,92 % ; 98,62 % dengan kapasitas adsorpsi sebesar 26,38 mg/g ; 25,77 mg/g, sedangkan dengan menggunakan karbon aktif mencapai 98,71 % ; 98,38 % dengan kapasitas adsorpsi sebesar 26,32 mg/g ; 25,71 mg/g. lalu untuk permodelan yang cocok dalam proses isoterm adsorpsi yaitu model langmuir dengan nilai regresi masing – masing mencapai 0,95 ; 0,96.
3. Arif (2014) dengan penelitian yang berjudul "*Adsorpsi Karbon Aktif Dari Tempurung Kluwak (Pangium Edule) Terhadap Penurunan Fenol*" meneliti tentang kemampuan karbon aktif dari limbah tempurung kluwak dalam mengurangi senyawa Fenol (C_6H_5OH) dengan sistem batch menggunakan model isoterm adsorpsi langmuir dan freundlich berdasarkan efek pemberian adsorben dan aktivator adsorben menggunakan asam phosphat (H_3PO_4), kalium hidroksida (KOH), dan natrium karbonat (Na_2CO_3). Hasil penelitian ini menyatakan bahwa Karbon aktif tempurung kluwak memiliki kemampuan dalam menurunkan fenol sebesar 91,97% dengan aktivator yang paling baik adalah aktivator kalium hidroksida (KOH) pada massa karbon aktif sebesar 1,5 g.. Model isoterm yang sesuai digunakan dalam pengolahan limbah fenol menggunakan karbon aktif tempurung kluwak ini adalah model isoterm Langmuir dengan nilai R^2 sebesar 0.9949.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

4. Harni, dkk. (2015) dengan penelitian yang berjudul "*Pemanfaatan Serbuk Gergaji Kayu Jati (Tectona Grandis L.F.) Sebagai Adsorben Logam Timbal (Pb)* meneliti tentang kemampuan adsorben dari limbah serbuk gergaji kayu jati dalam mengurangi logam berat timbal dengan sistem batch dengan variasi konsentrasi optimum, dan waktu optimum menggunakan larutan aktivator antara lain larutan EDTA, larutan Formaldehida, dan larutan Piridin dengan metode uji Anova. Hasil penelitian ini menyatakan bahwa konsentrasi optimum pada 5 ppm menghasilkan kapasitas adsorpsi 0,17498 mg/g dengan larutan esterifikasi (EDTA), sedangkan Waktu kontak optimum pada waktu 60 menit dengan kapasitas adsorpsi sebesar 0,29646 mg/g dengan larutan esterifikasi (EDTA) sehingga disimpulkan bahwa aktivasi larutan esterifikasi (EDTA) dapat mengurangi kandungan logam berat timbal dengan Massa adsorben sebesar 0,25 gr pada konsentrasi 5 ppm dan waktu kontak selama 60 menit.
5. Olivera, *et.al*. (2018) dengan penelitian yang berjudul "*Alpha-Cellulose Derived from Teakwood Sawdust for Cationic Dyes Removal*" meneliti tentang kemampuan adsorben dari limbah serbuk gergaji kayu jati dalam mengurangi pewarna kationik (Methylene blue dan Malachite green) dari industri dengan sistem batch menggunakan model isoterm adsorpsi langmuir dan freundlich dan kinetika adsoprsi *Lagergren's First Order* dan *Pseudo-Second-Order* berdasarkan efek massa adsorben dan waktu kontak. Hasil penelitian ini menyatakan bahwa massa adsorben sebanyak 100 gram menghasilkan pengurangan limbah pewarna kationik (*Methylene blue*) dengan nilai removal sebanyak 98% sedangkan massa adsorben sebanyak 30 gram menghasilkan pengurangan limbah pewarna kationik (*Malachite green*) dengan nilai removal sebanyak 96% sedangkan untuk pengaruh waktu mendapatkan hasil Semakin lama waktu kontak, kapasitas adsorbsi dan nilai removal cenderung konstan lalu untuk permodelan yang cocok dalam proses isoterm adsorpsi yaitu model langmuir dengan nilai regresi mencapai 0,98 untuk penghilangan limbah warna

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Methylene blue dan model freundlich dengan nilai regresi mencapai 0,99 untuk penghilangan limbah warna *Malachite green* dengan model kinetika adsorpsi *Pseudo-Second-Order* yang memiliki nilai regresi mencapai 0,99.

6. Saputro, *et.al*. (2018) dengan penelitian yang berjudul "*Combination of sawdust from teak wood and rice husk activated carbon as adsorbent of Pb(II) ion and its analysis using solid-phase spectrophotometry (SPS)*" meneliti tentang kemampuan karbon aktif dari kombinasi limbah serbuk gergaji kayu jati dan sekam padi dalam mengurangi logam berat timbal dengan sistem batch dengan variasi kombinasi massa karbon aktif. Hasil penelitian ini menyatakan bahwa kombinasi massa karbon aktif 2 : 1 dari serbuk gergaji kayu jati dan sekam padi menghasilkan pengurangan limbah timbal (Pb) dengan nilai removal sebanyak 87,01% dengan kapasitas adsorpsi sebesar 0.86 µg/g.
7. Shivayogimath and Bhandari (2014) dengan penelitian yang berjudul "*Adsorption studies of paper mill effluent on teakwood sawdust activated carbon*" meneliti tentang kemampuan karbon aktif dari limbah serbuk gergaji kayu jati dalam mengurangi COD, TDS, warna dan Kekeruhan dengan sistem batch dengan variasi waktu kontak optimum, massa, dan pH limbah dengan persamaan model isoterm adsorpsi langmuir dan freundlich pada sampel limbah industri pembuatan . Hasil penelitian ini menyatakan bahwa waktu kontak selama 6 jam dengan massa sebanyak 6 gram dalam pH larutan 2 (asam) dapat mengurangi kandungan COD sebanyak 94,67%, mengurangi kadar TDS sebanyak 73%, mengurangi tingkat kekeruhan sebanyak 85.03%, dan mengurangi tingkat kandungan warna pada limbah sebanyak 83,19%
8. Abram, dkk. (2016) dengan penelitian yang berjudul "*Pemanfaatan Biomassa Serbuk Gergaji Sebagai Penyerap Logam Timbal*" melakukan analisa penyerapan logam timbal melalui kandungan selulosa yang terdapat pada adsorben serbuk gergaji berdasarkan efek

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

kondisi pH larutan sampel yang berbeda dan Massa adsorben. Hasil penelitian menunjukan bahwa pada kondisi pH 7 optimum dalam menyerap adsorben sedangkan massa adsorben sebesar 400 mg mampu menyerap sebesar 99% dengan berat logam timbal yang terserap 3,83 mg/g. Pada hasil analisa kandungan selulosa didapatkan bahwa logam timbal terserap melalui ikatan dengan gugus hidroksil yaitu gugus -OH dari CH_2OH.

9. Swathanthra, *et.al*. (2011) dengan penelitian yang berjudul "*Removal of Cr (VI) from Aqueous Solution using Teak Wood Saw Dust*" meneliti tentang kemampuan adsorben dari limbah serbuk gergaji kayu jati dalam mengurangi kandungan logam berat kromium (Cr (VI)) berdasarkan variasi pH larutan, efek massa adsorben, waktu kontak optimum, dan konsentrasi awal limbah yang dianalisa nilai removal dan nilai kapasitas menggunakan model isotherm Langmuir dan Freundlich. Hasil penelitian menunjukkan bahwa adsorben limbah serbuk gergaji kayu jati mengurangi limbah logam berat kromium pada pH larutan 4 dengan nilai removal 99.95%, kemudian pada Massa adsorben sebanyak 10 gram dengan nilai removal 99,8 %, lalu pada konsentrasi awal limbah 50 mg/L dengan nilai removal 99,5% dengan nilai kapasitas adsorpsi sebesar 23.52 mg/gr lalu untuk permodelan yang cocok dalam proses isoterm adsorpsi yaitu model langmuir dengan nilai regresi 0,99
10. Saputro dan Retnaningrum (2016) dengan penelitian yang berjudul "*Penggunaan Serbuk Gergaji Kayu Jati (Tectona Grandis L.f.) Sebagai Adsorben Ion Logam Cd (II) Dan Analisisnya Menggunakan Solid-Phase Spectrophotometry (SPS)*" meneliti tentang kemampuan karbon aktif dari limbah serbuk gergaji kayu jati dalam mengurangi kandungan logam berat kadmium menggunakan metode *Solid-Phase Spectrophotometry* (SPS) dengan panjang gelombang 485 nm dan 615 nm berdasarkan efek massa adsorben. Hasil penelitian menunjukan bahwa persentase nilai penyerapan adsorpsi ion Cd(II) terbesar pada massa adsorben sebanyak 1,5 gram yaitu 27,07% dengan nilai

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

kapasitas adsorpsi sebesar 13,15 μg/L. Pada hasil analisa kandungan pada arang aktif memiliki pola serapan dengan beberapa gugus fungsi yaitu –OH, C-H, C-O, dan C=O. tedapat ikatan -OH dan C-O menunjukkan bahwa terdapat gugus-gugus aktif pada arang aktif yang dapat mengadsorpsi Cd(II)

11. Busyairi, dkk. (2019) dengan penelitian yang berjudul "*Pemanfaatan Serbuk Kayu Meranti Menjadi Karbon Aktif Untuk Penurunan Kadar Besi (Fe), Mangan (Mn) Dan Kondisi pH Pada Air Asam Tambang*" meneliti tentang kemampuan karbon aktif dari limbah serbuk gergaji kayu meranti dalam mengurangi kandungan logam berat Besi (Fe) dan Mangan (Mn) berdasarkan variasi waktu kontak dan variasi ukuran adsorben yang dianalisa nilai removal dan nilai kapasitas menggunakan model isotherm Langmuir dan Freundlich. Hasil penelitian menunjukkan bahwa adsorben limbah serbuk gergaji kayu meranti mengurangi limbah logam berat besi (Fe) pada waktu kontak optimum 40 menit pada ukuran adsorben 100 mesh dengan nilai removal 99.909%, adsorben limbah serbuk gergaji kayu meranti mengurangi limbah logam berat mangan (Mn) pada waktu kontak optimum 40 menit pada ukuran adsorben 100 mesh dengan nilai removal 92.919% dengan permodelan yang cocok dalam proses isoterm adsorpsi yaitu model freundlich dengan nilai regresi mendekati 1.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB III

METODE PENELITIAN

III.1 Lokasi Penelitian

Pelaksanaan penelitian tugas akhir ini bertempat di Ruangan Laboratorium Fisika dan Kimia Lingkungan UIN Sunan Ampel Surabaya yang berlokasi di Jalan Ahmad Yani No. 117, Kelurahan Jemur Wonosari, Kecamatan Wonocolo, Kota Surabaya, Jawa Timur 60237. Pengujian hasil konsentrasi awal dan akhir limbah artifisial timbal (Pb) menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (AAS) dilakukan oleh Laboratorium PT. Envilab Indonesia yang berlokasi di Manyar Mas Karimun Industrial Business Park No B-35, Jalan Raya Manyar KM 11, Kecamatan Manyar, Kabupaten Gresik, Jawa Timur 61151

III.2 Waktu Penelitian

Waktu pelaksanaan dan analisis hasil penelitian Tugas Akhir ini dimulai pada bulan Februari 2020 dan telah selesai pada bulan Juni 2020 di Ruangan Laboratorium Fisika dan Kimia Lingkungan UIN Sunan Ampel Surabaya.

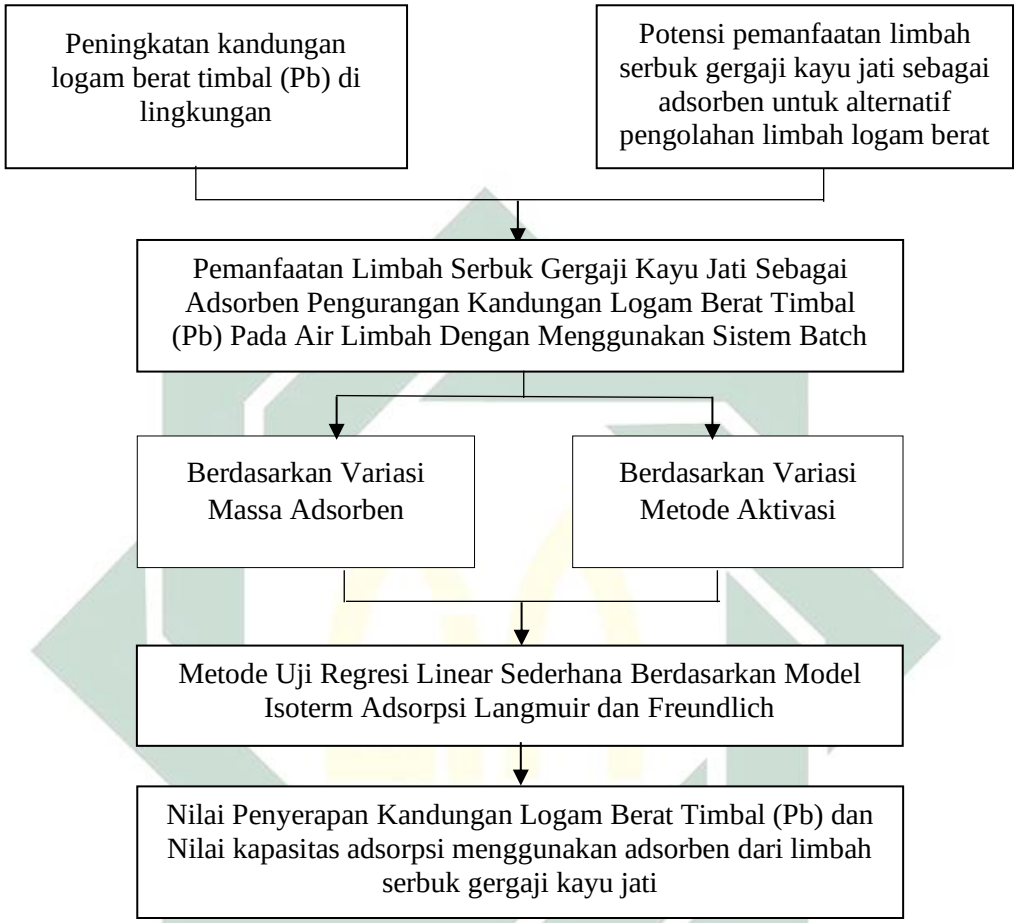
III.3 Tahapan Penelitian

III.3.1 Kerangka Pikir Penelitian

Kerangka pikir penelitian merupakan sebuah alur yang sistematis yang bertujuan untuk memperoleh hasil penelitian yang optimal sesuai dengan tujuan dan ruang lingkup penelitian. Penelitian ini dilaksanakan untuk mengetahui kemampuan adsorpsi logam berat timbal (Pb) oleh adsorben dari limbah serbuk gergaji kayu jati dengan menggunakan sistem batch sehingga diketahui nilai pengurangan logam berat dan nilai kapasitas terhadap logam timbal (Pb) dalam air limbah artifisial (buatan) yang kemudian dianalisa menggunakan metode uji regresi linear berdasarkan model isoterm adsorpsi Langmuir dan Freundlich yang dikaji berdasarkan studi literatur. Selanjutnya dari analisa dan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

pembahasan tersebut dapat ditarik kesimpulan serta saran untuk penelitian selanjutnya. Kerangka pikir penelitian ditunjukkan pada gambar 3.1 berikut:



Gambar 3.1 Kerangka Pikir Penelitian

III.3.2 Tahapan Penelitian

Pada tahapan penelitian tugas akhir ini berisi penjelasan tentang langkah-langkah tahapan yang dilakukan selama penelitian yaitu meliputi ide penelitian, studi literatur, persiapan alat dan bahan, pelaksanaan penelitian, analisis dan pembahasan, serta penyusunan laporan dan kesimpulan. Alur tahapan penelitian ditunjukkan pada gambar 3.2 berikut:

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Ide penelitian

Pemanfaatan Limbah Serbuk Gergaji Kayu Jati Sebagai Adsorben Pengurangan Kandungan Timbal (Pb) Pada Air Limbah Dengan Menggunakan Sistem Batch

↓

Studi literatur:

1. Logam Berat
2. Logam Berat Timbal (Pb)
3. Limbah Cair Industri
4. Adsorpsi dan Permodelan Isoterm Adsorpsi
5. Pengertian dan Karakteristik Pohon Kayu Jati
6. Adsorben dengan Limbah Serbuk Gergaji Kayu Jati
7. Reaktor Kimia dan Jenis Reaktor Sistem
8. Penelitian Terdahulu

↓

Tahap persiapan alat dan bahan:

1. Perencanaan peralatan dan bahan yang dibutuhkan pada penelitian
2. Pembuatan adsorben dari pemanfaatan limbah serbuk gergaji kayu jati
3. Karakterisasi dan aktivasi adsorben dari limbah serbuk gergaji kayu jati
4. Pembuatan limbah artifisial timbal (Pb) dengan konsentrasi 20 ppm
5. Pembuatan reaktor kimia dengan sistem batch

↓

Tahap pengujian adsorben dengan sistem batch menggunakan model isoterm adsoprsi Langmuir dan Freundlich :

- Variasi massa adsorben dalam batch sebesar 1 gram, 2 gram, 3 gram, 4 gram, dan 5 gram yang dilarutkan dalam 1000 ml dengan konsentrasi limbah logam berat timbal (Pb) sebesar 20 ppm
- Variasi Metode aktivasi adsorben dalam sistem batch menggunakan aktivasi NaOH 2% dan non aktivasi yang dilarutkan dalam 1000 ml dengan konsentrasi limbah logam berat timbal (Pb) sebesar 20 ppm

↓

Pelaksanaan penelitian:

Uji pengurangan kandungan logam berat timbal (Pb) dilakukan selama 2 jam

↓

Analisis Hasil dan Pembahasan

↓

Kesimpulan

Gambar 3.2 Diagram Alir Tahapan Penelitian

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

III.3.3 Rancangan Percobaan

Penelitian ini dilakukan dengan pengujian sampel yang berskala laboratorium. Sampel penelitian berasal dari limbah artifisial (buatan) dengan dilakukan adsorpsi dengan menggunakan sistem batch dengan variasi massa adsorben sebesar 1 gram, 2 gram, 3 gram, 4 gram, dan 5 gram serta dengan variasi metode aktivasi yaitu variasi menggunakan aktivasi NaOH 2% dan variasi tanpa menggunakan aktivasi NaOH 2% yang dilarutkan dalam 1000 ml dengan konsentrasi limbah logam berat Pb sebesar 20 ppm. Sampel penelitian dilakukan proses adsorpsi selama 2 jam atau 120 menit untuk mengetahui kemampuan adsorben terhadap penurunan kandungan logam berat timbal (Pb). Berikut ini rancangan percobaan dalam penelitian ini dalam tabel 3.1

Tabel 3.1 Rancangan Percobaan

Metode Dengan Aktivasi NaOH 2%					
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
A	X_1A	X_2A	X_3A	X_4A	X_5A

Metode Tanpa Aktivasi NaOH 2%					
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
A	X_1A	X_2A	X_3A	X_4A	X_5A

Keterangan :

A : Perlakuan konsentrasi larutan Logam Berat Timbal (Pb) sebesar 20 ppm

X_1 : Perlakuan Massa adsorben sebesar 1 gram

X_2 : Perlakuan Massa adsorben sebesar 2 gram

X_3 : Perlakuan Massa adsorben sebesar 3 gram

X_4 : Perlakuan Massa adsorben sebesar 4 gram

X_5 : Perlakuan Massa adsorben sebesar 5 gram

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

X_1A : Sampel limbah dengan perlakuan variasi massa adsorben 1 gram, dengan perlakuan kontrol konsentrasi larutan limbah logam berat timbal (Pb) sebesar 20 ppm yang diolah selama 2 jam dengan kecepatan 100 rpm

X_2A : Sampel limbah dengan perlakuan variasi massa adsorben 2 gram, dengan perlakuan kontrol konsentrasi larutan limbah logam berat timbal (Pb) sebesar 20 ppm yang diolah selama 2 jam dengan kecepatan 100 rpm

X_3A : Sampel limbah dengan perlakuan variasi massa adsorben 3 gram, dengan perlakuan kontrol konsentrasi larutan limbah logam berat timbal (Pb) sebesar 20 ppm yang diolah selama 2 jam dengan kecepatan 100 rpm

X_4A : Sampel limbah dengan perlakuan variasi massa adsorben 4 gram, dengan perlakuan kontrol konsentrasi larutan limbah logam berat timbal (Pb) sebesar 20 ppm yang diolah selama 2 jam dengan kecepatan 100 rpm

X_5A : Sampel limbah dengan perlakuan variasi massa adsorben 5 gram, dengan perlakuan kontrol konsentrasi larutan limbah logam berat timbal (Pb) sebesar 20 ppm yang diolah selama 2 jam dengan kecepatan 100 rpm

III.4 Alat dan Bahan Penelitian

III.4.1 Peralatan Penelitian

Peralatan yang akan digunakan dalam percobaan ini diantaranya yaitu gelas piala (*Beaker Glass*), gelas ukur, spatula, saringan kasar, ayakan ukuran 80 mesh, alat pengayak serbuk (*Sieve Shaker*), alat pengaduk (*Magnetic Strirer*), oven, neraca analitik, neraca digital dan spektrofotometer serapan atom (AAS).

III.4.2 Bahan Penelitian

Bahan baku yang akan digunakan dalam percobaan ini diantaranya adalah bahan utama adsorben yaitu limbah serbuk

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

gergaji halus dari proses penggergajian kayu jati sebagai, larutan untuk proses aktivasi yaitu larutan NaOH 2%, bahan baku limbah buatan timbal (artifisial) logam berat timbal berasal dari timbal (II) nitrat ($Pb(NO_3)_2$), air PDAM, dan larutan aquades.

III.5 Langkah Kerja Penelitian

III.5.1 Pembuatan Adsorben dari Limbah Serbuk Gergaji Kayu Jati

A. Adsorben dengan Metode Pemberian Aktivasi NaOH 2%

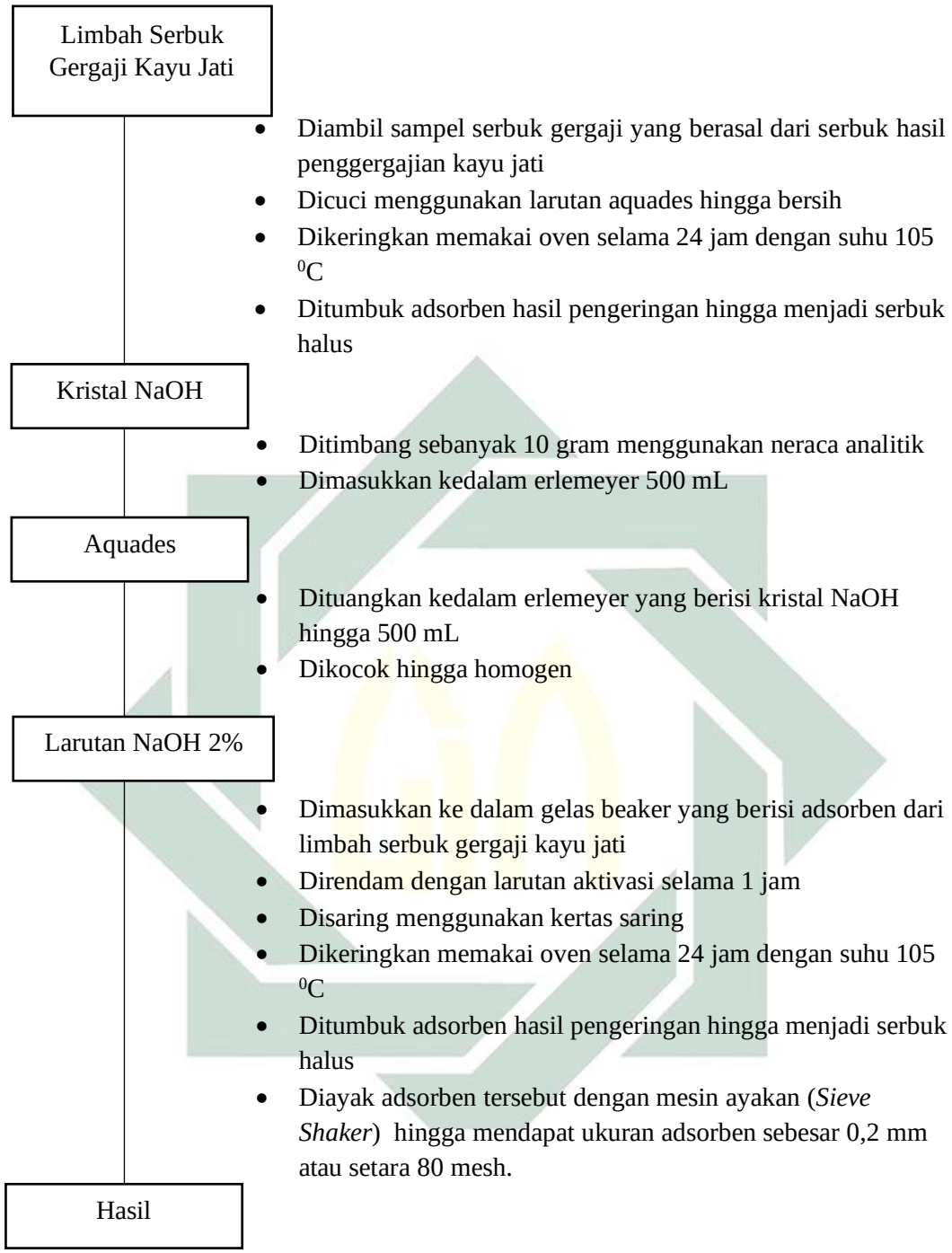
1. Dehidrasi dan Pengayakan

   Sampel serbuk gergaji yang diambil dari hasil penggergajian kayu jati dikeringkan menggunakan oven pada suhu 105 ^{0}C selama 24 jam untuk menghilangkan air yang masih terdapat didalam serbuk gergaji kayu jati. Setelah proses dehidrasi atau pengurangan kadar air, serbuk gergaji kayu jati dilakukan proses pengayakan di mesin ayakan dengan ukuran 0,2 mm atau setara 80 mesh.

2. Aktivasi

   Setelah hasil serbuk gergaji kayu jati dari mesin ayakan, lalu adsorben serbuk gergaji kayu jati tersebut direndam dengan larutan NaOH 2% selama 1 jam untuk dilakukan proses aktivasi. Setelah itu adsorben serbuk gergaji kayu jati hasil rendaman NaOH 2%, dikeringkan dalam oven pada suhu 105 ^{0}C selama 24 jam.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 3.3 Tahapan Pembuatan Adsorben dari Limbah Serbuk Gergaji Kayu Jati dengan aktivasi NaOH 2%

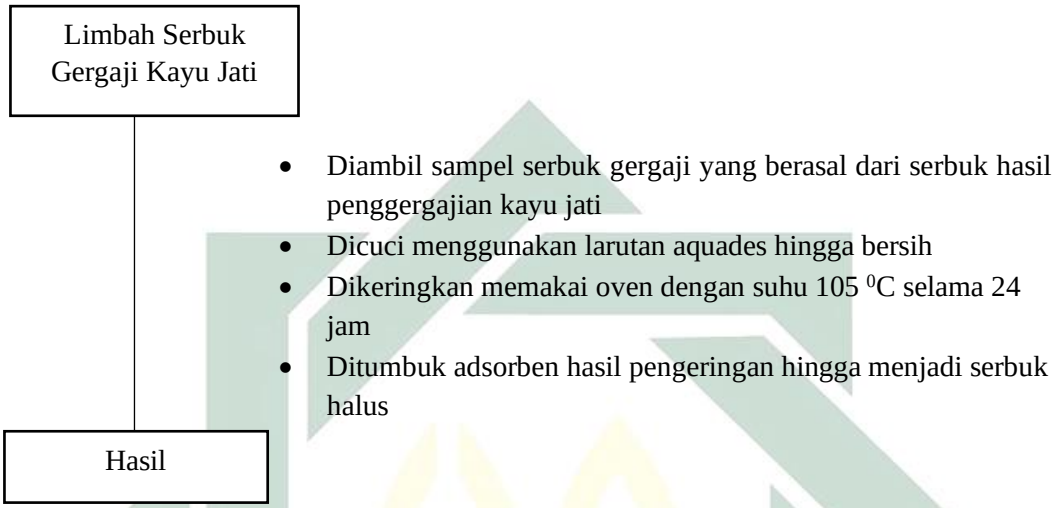
B. Adsorben dengan Metode Tanpa Pemberian Aktivasi

1. Dehidrasi dan Pengayakan

Sampel serbuk gergaji yang diambil dari hasil penggergajian kayu jati dikeringkan menggunakan oven

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

pada suhu 105 ^{0}C selama 24 jam untuk menghilangkan air yang masih terdapat didalam serbuk gergaji kayu jati. Setelah proses dehidrasi atau pengurangan kadar air, serbuk gergaji kayu jati dilakukan proses pengayakan di mesin ayakan dengan ukuran 0,2 mm atau setara 80 mesh.



Gambar 3.4 Tahapan Pembuatan Adsorben dari Limbah Serbuk Gergaji Kayu Jati dengan tanpa aktivasi

III.5.2 Pembuatan Limbah Artifisial Timbal (Pb)

Limbah artifisial timbal (Pb) adalah limbah buatan yang dibuat dengan cara melarutkan senyawa timbal (II) nitrat ($Pb(NO_3)_2$) dengan larutan aquades. Pemilihan senyawa timbal (II) nitrat ($Pb(NO_3)_2$) berdasarkan penelitian terdahulu dan SNI 06-6989.8:2004 tentang uji limbah timbal (Pb) dalam *Spektrofotometer Serapan Atom* (AAS). Limbah yang akan dibuat pada penelitian ini diantaranya sebesar 20 ppm. Langkah awal terlebih dahulu membuat larutan induk timbal (Pb) sebesar 1000 ppm sebanyak 500 ml sebagai stok, kemudian diencerkan menjadi 20 ppm.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

A. Pembuatan Larutan Induk Timbal (Pb) 1000 ppm

Pembuatan larutan induk timbal 1000 ppm sebelumnya dilakukan perhitungan larutan induk sebagai berikut :

Diketahui : Ar Pb = 207,2 Mr $Pb(NO_3)_2$ = 331,22

Kemurnian = 99%

- Membuat larutan induk Pb 1000 ppm dalam 500 ml Aquades

  M = $\frac{n}{v}$; n = $\frac{gr}{Ar}$

  M = $\frac{gr}{v.\ Ar\ Pb}$ = 1000 ppm = 1 gr/L

  M = $\frac{1\ gr}{1\ L\ .\ 207{,}2}$ = 0,0048 M

- Larutan yang akan dibuat memiliki nilai molaritas sebesar 0,0048 M dalam 500 ml Aquades

  M = $\frac{gr}{Mr\ Pb(NO3)2}$ x $\frac{1000}{ml}$

  0,0048 M = $\frac{gr}{331{,}22}$ x $\frac{1000}{500}$

  gr = $\frac{0{,}0048\ x\ 331{,}22}{2}$

  = 0,795 gram = 795 mg Serbuk Pb(NO3)2

- Serbuk Timbal (II) Nitrat ($Pb(NO_3)_2$) dilakukan proses penimbangan menggunakan neraca analitik untuk menentukan tingkat kemurnian

  $Pb(NO_3)_2$ = $\frac{gr}{\%\ kemurnian}$

  = $\frac{795\ mg}{0{,}99}$

  = 803 mg

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

B. Pembuatan Sampel Limbah Timbal (Pb) 20 ppm

Pembuatan sampel timbal (Pb) dimulai dengan mengambil 20 mL larutan induk timbal (Pb) 1000 ppm menggunakan pipet, kemudian masukkan ke dalam erlemeyer 1000 mL. Pengambilan 20 mL larutan induk timbal (Pb) berasal dari perhitungan berikut ini

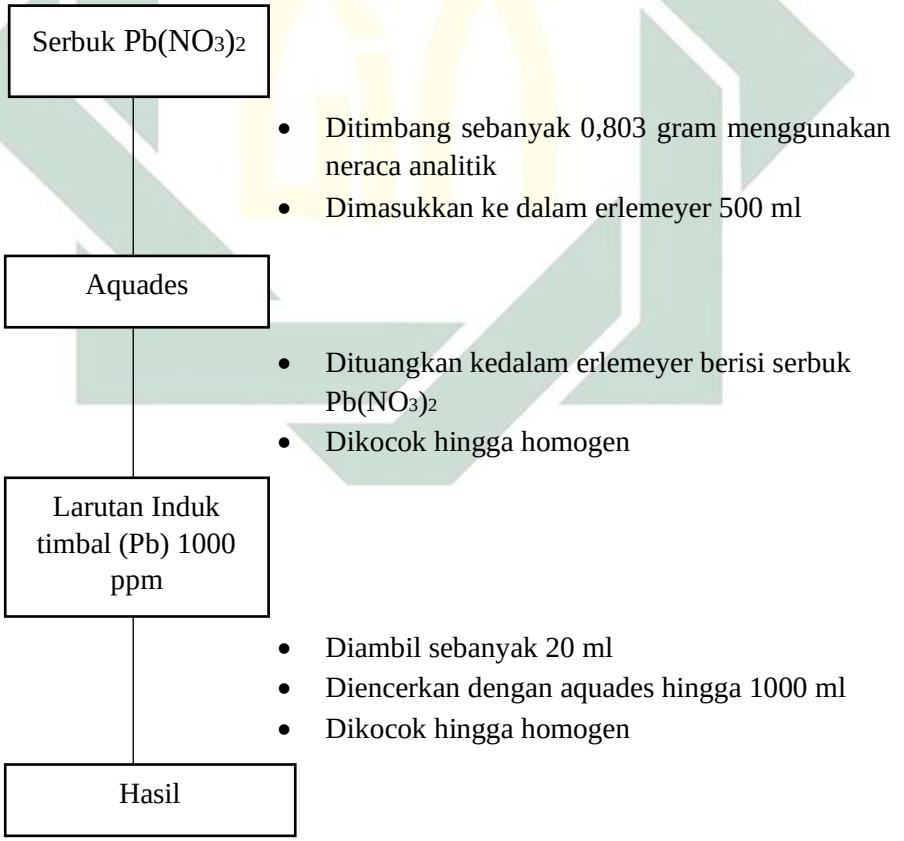
Konsentrasi 20 ppm

$C_1 . V_1 = C_2 . V_2$

$1000 \text{ ppm} . V_1 = 20 \text{ ppm} . 1000 \text{ mL}$

$V_1 = 20 \text{ mL}$

Setelah itu tuangkan aquades hingga batas pengenceran. Ulangi langkah tersebut sebanyak sampel yang dibutuhkan.



Gambar 3.5 Tahapan Pembuatan Limbah Artifisial Pb 20 ppm

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

III.5.3 Pengujian Variasi Massa Adsorben

Pengujian adsorben dengan variasi penambahan massa adsorben terhadap kemampuan adsorpsi pada pengolahan limbah timbal (Pb) yang ditentukan dari perhitungan nilai penyisihan pada konsentrasi logam berat timbal dan perhitungan nilai kapasitas adsorpsi pada adsorben yang berdasarkan hasil dari pengujian konsentrasi sampel air limbah artifisial timbal ketika sebelum pemberian adsorben dan pengujian konsentrasi sampel air limbah artifisial timbal ketika setelah pemberian adsorben yang diuji menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (AAS). Pada perhitungan hasil nilai penyisihan pada konsentrasi logam berat timbal dan perhitungan nilai kapasitas adsorpsi pada adsorben yang dimana sampel larutan limbah artifisial timbal (Pb) yang dilakukan proses pengolahan dengan adsorpsi menggunakan alat pengaduk (*Magnetic Strirer*) yang dilakukan pemberian variasi massa adsorben masing – masing sebesar 1 gram, 2 gram, 3 gram, 4 gram, dan 5 gram yang dilarutkan dalam 1000 ml sampel limbah yang dilakukan pemberian konsentrasi larutan sebesar 20 ppm untuk masing – masing sampel dengan perlakuan kontrol diantaranya kecepatan pengadukan proses adsorpsi sebesar 100 rpm dan waktu pengadukan 120 menit, lalu hasil konsentrasi limbah tersebut dilakukan pengukuran menggunakan peralatan spektrofotometer AAS (Spektrofotometer Serapan Atom) untuk masing – masing sampel larutan limbah artifisial timbal (Pb). Setelah mendapat sebuah hasil dari nilai penyisihan pada konsentrasi logam berat timbal dan perhitungan nilai kapasitas adsorpsi pada adsorben kemudian dilakukan perhitungan untuk menentukan nilai konstanta kapasitas adsorpsi maksimum dan nilai konstanta kesetimbangan adsorpsi serta menentukan permodelan isoterm yang sesuai dengan proses adsorpsi

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

berdasarkan persamaan model isoterm adsorpsi langmuir dan freundlich yang dijelaskan pada subbab III.7.

III.5.4 Pengujian Variasi Metode Aktivasi

Pengujian adsorben dengan variasi metode aktivasi adsorben terhadap kemampuan adsorpsi pada pengolahan limbah timbal (Pb) yang ditentukan dari perhitungan nilai penyisihan pada konsentrasi logam berat timbal dan perhitungan nilai kapasitas adsorpsi pada adsorben yang berdasarkan hasil dari pengujian konsentrasi sampel air limbah artifisial timbal ketika sebelum pemberian adsorben dan pengujian konsentrasi sampel air limbah artifisial timbal ketika setelah pemberian adsorben yang diuji menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (AAS). Pada perhitungan hasil nilai penyisihan pada konsentrasi logam berat timbal dan perhitungan nilai kapasitas adsorpsi pada adsorben yang dimana sampel larutan limbah artifisial timbal (Pb) yang dilakukan proses pengolahan dengan adsorpsi menggunakan alat pengaduk (*Magnetic Strirer*) yang dilakukan pemberian variasi massa adsorben masing – masing sebesar 1 gram, 2 gram, 3 gram, 4 gram, dan 5 gram dengan adsorben serbuk gergaji kayu jati dilakukan proses preparasi dengan variasi metode aktivasi antara lain pemberian aktivasi dengan aktivator NaOH 2% dan tanpa pemberian aktivasi apapun pada adsorben yang dilarutkan dalam 1000 ml sampel limbah yang dilakukan pemberian konsentrasi larutan sebesar 20 ppm untuk masing – masing sampel dengan perlakuan kontrol diantaranya kecepatan pengadukan proses adsorpsi sebesar 100 rpm dan waktu pengadukan 120 menit, lalu hasil konsentrasi limbah tersebut dilakukan pengukuran menggunakan peralatan spektrofotometer AAS (Spektrofotometer Serapan Atom) untuk masing – masing sampel larutan limbah artifisial timbal (Pb). Setelah mendapat sebuah hasil dari nilai penyisihan pada konsentrasi logam berat

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

timbal dan perhitungan nilai kapasitas adsorpsi pada adsorben kemudian dilakukan perhitungan untuk menentukan nilai konstanta kapasitas adsorpsi maksimum dan nilai konstanta kesetimbangan adsorpsi serta menentukan permodelan isoterm yang sesuai dengan proses adsorpsi berdasarkan persamaan model isoterm adsorpsi langmuir dan freundlich yang dijelaskan pada subbab III.7.

III.5.5 Karakteristik Adsorben Limbah dari Serbuk gergaji kayu jati

Pembuatan adsorben dari limbah serbuk gergaji kayu jati yang sudah dilakukan, maka harus dilakukan uji karakteristik yaitu uji kadar air secara gravimetri. Hasil yang diperoleh pada pengujian ini untuk mengetahui karakteristik dari adsorben dari limbah serbuk gergaji kayu jati yang sudah dibuat.

Uji kadar air dilakukan dengan cara pengeringan menggunakan oven. Pada penelitian ini dilakukan pada variasi metode dengan pemberian aktivasi dilakukan 2 kali uji kadar air untuk yang pertama dilakukan setelah pembuatan adsorben, lalu untuk yang kedua dilakukan setelah proses aktivasi adsorben sedangkan untuk variasi metode tanpa pemberian aktivasi dilakukan uji kadar air 1 kali yang dilakukan setelah pembuatan adsorben. Pada pembuatan adsorben, adsorben limbah serbuk gergaji kayu jati ditimbang menggunakan neraca analitik untuk mengetahui berat adsorben sebelum pengeringan kemudian adsoben dimasukkan kedalam oven dengan suhu 105^0C selama 24 jam, lalu adsorben tersebut ditimbang di neraca analitik. Pada setelah proses aktivasi, adsorben dari limbah serbuk gergaji kayu jati ditimbang menggunakan neraca analitik sebanyak 30 gram dengan cawan petri yang telah ditimbang terlebih dahulu, kemudian dimasukkan dalam oven pada suhu 105^oC selama 24 jam hingga bobotnya konstan. Setelah itu adsorben didinginkan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

selama 15 menit dan ditimbang di neraca analitik. Terakhir dilakukan perhitungan dengan rumus berikut:

$$\text{Uji Kadar Air (\%)} = \frac{a-b}{a} \times 100\% \quad \text{.....(Rumus 3.1)}$$

Keterangan :

a : berat sampel sebelum pengeringan (a)

b : berat sampel setelah pengeringan (b)

III.5.6 Preparasi Reaktor

Preparasi merupakan tahap persiapan terhadap peralatan yang digunakan dalam penelitian tugas akhir. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain gelas piala (*Beaker Glass*), gelas ukur, spatula, saringan kasar, ayakan ukuran 80 mesh, alat pengayak serbuk (*Sieve Shaker*), alat pengaduk (*Magnetic Strirer*), oven, neraca analitik, dan neraca digital. Preparasi juga dilakukan dengan mempersiapkan bahan yang yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini antara lain limbah serbuk gergaji halus dari proses penggergajian kayu jati sebagai, larutan untuk proses aktivasi yaitu larutan NaOH 2%, bahan baku limbah buatan timbal (artifisial) logam berat timbal berasal dari timbal (II) nitrat ($Pb(NO_3)_2$), air PDAM, dan larutan aquades. Pada percobaan ini terdapat 2 variasi yang berbeda yaitu variasi massa adsorben dan variasi metode aktivasi yang masing – masing variasi membutuh 2 reaktor pengolahan dengan sistem batch yang dimana limbah buatan dari logam berat timbal dimasukkan kedalam gelas beaker sebanyak 1000 ml. Selanjutnya adsorben dari limbah serbuk gergaji kayu jati dengan variasi pemberian sebesar 1 gram, 2 gram, 3 gram, 4 gram, dan 5 gram serta dengan variasi metode pemberian aktivasi NaOH 2% dan metode tanpa pemberian aktivasi yang sebelumnya sudah dilakukan penimbangan di neraca analitik dimasukkan kedalam gelas beaker yang sudah terdapat masing – masing sampel limbah artifisial timbal dengan konsentrasi

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

limbah sebesar 20 ppm kemudian dilakukan pengadukan selama 120 menit dengan kecepatan 100 rpm. Hasil dari proses adsorpsi kemudian dilakukan pengukuran didalam spektrofotometer AAS (Spektrofotometer Serapan Atom) untuk masing – masing sampel larutan logam berat timbal (Pb). Pada reaktor dengan sistem batch yang digunakan memiliki prinsip pengadukan dengan menggunakan batang pengaduk (*Stirring Bar*) yang membutuh 2 buah reaktor untuk mengolah masing – masing variasi. Pada reaktor batch yang pertama berfungsi untuk mengaduk adsorben dengan variasi metode tanpa pemberian aktivasi NaOH 2% sedangkan untuk reaktor batch yang kedua berfungsi untuk mengaduk adsorben dengan variasi metode dengan pemberian aktivasi NaOH 2% dengan kedua reaktor tersebut diberi variasi massa adsorben sebanyak 1 variasi yang sama untuk proses pengolahan secara adsorpsi dengan waktu selama 2 jam atau 120 menit dengan kecepatan pengadukan sebesar 100 rpm.

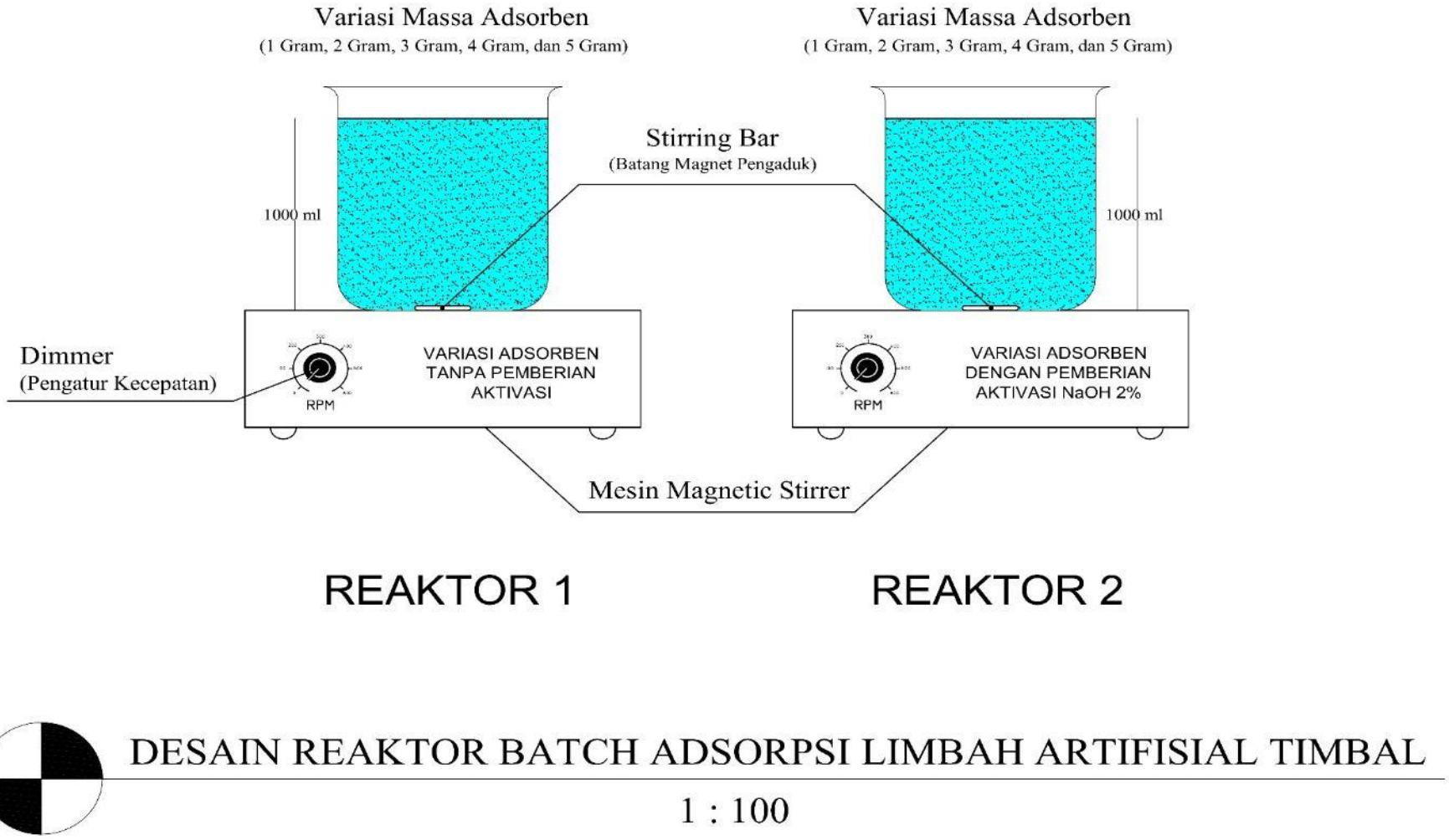
III.5.7 Desain Reaktor

Desain reaktor yang digunakan dalam penelitian ini memakai prinsip sistem batch yang mengadsorpsi limbah artifisial timbal (Pb) dengan variasi massa adsorben dan variasi metode aktivasi yang dilaksanakan menggunakan 2 buah reaktor mesin pengaduk (*strirer*). Pada reaktor dengan sistem batch yang digunakan memiliki prinsip pengadukan dengan menggunakan batang pengaduk (*Stirring Bar*) yang membutuh 2 buah reaktor untuk mengolah masing – masing variasi. Pada reaktor batch yang pertama berfungsi untuk mengaduk adsorben dengan variasi metode tanpa pemberian aktivasi NaOH 2% sedangkan untuk reaktor batch yang kedua berfungsi untuk mengaduk adsorben dengan variasi metode dengan pemberian aktivasi NaOH 2% dengan kedua reaktor tersebut diberi variasi massa adsorben sebanyak 1 variasi yang sama untuk proses

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

pengolahan secara adsorpsi dengan waktu selama 2 jam atau 120 menit dengan kecepatan pengadukan sebesar 100 rpm dijelaskan pada gambar 3.6 berikut ini.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 3.6 Desain Reaktor Batch dengan variasi massa adsorben dan variasi metode aktivasi terhadap limbah artifisial timbal (Pb)

III.6 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang dilakukan pada percobaan ini meliputi data pengamatan fisik dan data nilai konsentrasi limbah. Pada pengumpulan data pengamatan fisik diambil dari pengamatan fisik sampel limbah yang dilihat dari 3 pengamatan fisik limbah diantaranya bentuk sampel, warna sampel, dan karakteristik bau sampel limbah yang diambil dari pengamatan pada sebelum pengolahan, pengamatan pada saat proses pengolahan, dan pengamatan pada sesudah pengolahan. Pada pengumpulan data nilai konsentrasi limbah yang diambil dari pengujian sampel konsentrasi awal limbah artifisial timbal dan pengujian sampel konsentrasi akhir limbah artifisial timbal yang berpedoman pada SNI 06-6989.8:2004 tentang pengujian limbah timbal (Pb) menggunakan *Atomic Adsorption Spektrofotometer* (AAS) yang menghasilkan data kuantitatif. Data kuantitatif yang berdasarkan hasil pengujian konsentrasi timbal (Pb) pada limbah artifisial yang diambil dari sebelum dan sesudah proses pengolahan secara adsorpsi yang diambil setelah 120 menit (2 jam) penyerapan dengan pengulangan percobaan sebanyak 2 kali yang diuji di *Spektrofotometer Serapan Atom* (AAS).

Pengujian menggunakan *Atomic Adsorsption Spektrofotometer* (AAS) merupakan suatu metode analisis suatu senyawa kimia yang menghasilkan data kuantitatif yang pengukurannya menggunakan prinsip penyerapan cahaya dengan panjang gelombang tertentu oleh senyawa kimia dalam keadaan bebas. Menurut SNI 06-6989.8:2004 mengatakan bahwa pengujian limbah timbal (Pb) menggunakan *Atomic Adsorption Spektrofotometer* (AAS) dengan mekanisme kerja pengujian yaitu sampel limbah artifsial timbal ditambahkan senyawa asam yang bertujuan untuk pelarut zat logam dan sebagai penghilang zat-zat pengganggu yang terkandung pada sampel air limbah artifisial timbal yang selanjutnya dilakukan pengukuran menggunakan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Atomic Adsorption Spektrofotometer (AAS) yang dilengkapi gas asetilen (C_2H_2). Sampel limbah yang diujikan didalam spektrofotometer serapan atom (AAS) dilakukan penembakan laser dengan panjang gelombang 283,3 nm, kemudian dilakukan pembacaan dan hasil dari pembacaan tersebut dilakukan pembuatan kurva kalibrasi untuk mendapatkan persamaan regresi.

III.7 Metode Analisis Data

Metode analisis data merupakan bagian dari proses penelitian yang berfungsi dalam metode analisis yang akan digunakan dalam mengolah data yang sudah diolah. Metode analisis data yang dilakukan pada penelitian yaitu dengan metode statistik secara deskriptif menggunakan metode regresi linier sederhana berdasarkan persamaan model isoterm adsorpsi langmuir dan model isoterm adsorpsi freundlich. Penelitian ini menghasilkan data kuantitatif dari hasil konsentrasi timbal (Pb) pada limbah artifisial yang dilakukan sebelum dan setelah proses adsorpsi dengan pengulangan percobaan sebanyak 2 kali percobaan. Sampel air outlet diambil setelah 120 menit (2 jam) penyerapan. Data hasil pengamatan kemudian dihitung persentase penyerapannya menggunakan rumus berikut

$$\text{Tingkat Removal (\%)} = \frac{Ci - Ce}{Ci} X\ 100 \text{.....(Rumus 3.1)}$$

(Sumber : Arif, 2014)

Keterangan :

Ci : Nilai Konsentrasi Limbah Awal (mg/L)

Ce : Nilai Konsentrasi Limbah Akhir (mg/L)

Setelah dilakukan perhitungan persentase penyerapan kemudian dilakukan penentuan nilai kapasitas adsorpsi dengan rumus kapasitas adsorpsi pada suatu adsorben sebagai berikut :

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

$$qe = \frac{(Ci - Ce)}{m\ adsorben}\ X\ V$$ .....(Rumus 3.2)

(Sumber : Arif, 2014)

Keterangan

qe : Kapasitas Adsorpsi (mg/g)

Ci : Nilai Konsentrasi Limbah Awal (mg/L)

Ce : Nilai Konsentrasi Limbah Akhir (mg/L)

$m_{adsorben}$: Massa Adsorben (g)

V : Volume Adsorbat (L)

Setelah melakukan perhitungan diatas selanjutnya yaitu pengeplotan data dengan menggunakan masing-masing persamaan isoterm adsorpsi model langmuir dan freundlich yang dijelaskan pada rumus 3.3 dan 3.4. Kemudian akan dipilih persamaan yang akan menghasilkan garis regresi yang paling linear dengan konstanta regresi linear (R^2) yang terbesar, berikut ini merupakan rumus persamaan isoterm adsorpsi model langmuir :

$$\frac{C}{qe} = \frac{1}{\alpha\ .b} + \frac{1}{\alpha} C$$ .....(Rumus 3.3)

Keterangan :

qe : Kapasitas Adsorpsi (mg/g)

α : Konstanta Kapasitas Adsorpsi (mg/g)

b : Konstanta Kesetimbangan Adsorpsi (L/mg)

C : Konsentrasi Akhir Adsorbat (mg/L)

Sedangkan isoterm adsorpsi model freundlich yang dijelaskan pada berikut ini:

$$\log qe = \log Kf + \frac{1}{n} \log Ce$$ .....(Rumus 3.4)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Keterangan :

qe : Kapasitas Adsorpsi (mg/g)

Ce : Konsentrasi Akhir (mg/L)

Kf : Konstanta Kapasitas Adsorpsi Freundlich (mg/g)

n : Faktor Intensitas Freundlich

Hasil perhitungan dan pembuatan kurva kalibrasi menggunakan permodelan isoterm adsorpsi Langmuir dan Freundlich akan menghasilkan garis regresi yang paling linear dengan nilai konstanta regresi linear (R^2) kemudian dilakukan pemilihan nilai regresi yang terbesar atau mendekati nilai satu dari kurva kalibrasi persamaan isoterm untuk menentukan model isoterm adsorpsi yang sesuai untuk adsorben limbah serbuk gergaji kayu jati dari kedua permodelan isoterm adsorpsi. Permodelan isoterm adsorpsi juga memiliki tujuan dalam penentuan nilai konstanta kapasitas adsorpsi maksimum dan nilai konstanta kesetimbangan adsorpsi maksimum yang dilakukan oleh adsorben.

Penentuan model isoterm adsorpsi yang sesuai juga memiliki tujuan untuk mengetahui karakteristik ikatan adsorben dengan senyawa terjerap (adsorbat) dan untuk menentukan jenis lapisan adsorben yang terbentuk ketika proses pengolahan adsorpsi yang berlangsung melalui ikatan kimia antara adsorben dengan adsorbat dengan menurut permodelan isoterm adsorpsi freundlich dengan mengasumsikan bahwa sebuah ikatan antara adsorben dengan adsorbat membentuk lapisan multilayer yang diakibatkan oleh gaya *Van der waals* sehingga menyebabkan ikatannya tidak terlalu kuat sedangkan menurut permodelan isoterm adsorpsi langmuir mengasumsikan bahwa sebuah ikatan antara adsorben dengan adsorbat membentuk lapisan monolayer menyebabkan ikatannya sangat kuat karena terbentuknya suatu rantai ikatan kimia.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

IV.1 Preparasi Serbuk Gergaji Kayu Jati

Serbuk gergaji kayu jati dikumpulkan dari limbah sisa – sisa serbuk kayu pohon jati yang dihasilkan dari industri kecil meubel dan furniture yang berada di kota surabaya. Serbuk gergaji kayu jati yang digunakan sebagai bahan baku pembuatan adsorben merupakan sisa – sisa serbuk proses penghalusan dan pemotongan kayu balok jati yang dijelaskan melalui gambar 4.1 dan 4.2 berikut ini.

Gambar 4.1 Serbuk Gergaji Kayu Jati dari Proses Penghalusan Kayu Balok Jati

(Sumber : *Dokumentasi Pribadi*)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Gambar 4.2 Serbuk Gergaji Kayu Jati dari Proses Pemotongan Kayu Balok Jati

(Sumber : *Dokumentasi Pribadi*)

Karakteristik fisik dari serbuk gergaji kayu jati ini berbentuk serbuk halus yang berwarna cokelat muda dengan memiliki bau khas kayu jati. Serbuk gergaji kayu jati yang sudah dikumpulkan terlebih dahulu dilakukan pengayakan agar sisa kotoran dari potongan kayu dan bebatuan yang menempel menggunakan ayakan manual seperti pada gambar 4.3 berikut ini.

Gambar 4.3 Proses Pengumpulan dan Pengayakan Serbuk Gergaji Kayu Jati

(Sumber : *Dokumentasi Pribadi*)

Serbuk gergaji kayu jati yang sudah dilakukan proses pengayakan selanjutnya dilakukan proses pencucian menggunakan aquades terlebih dahulu dengan tujuan agar dapat membersihkan dari kotoran dan tanah

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

yang menempel yang dijelaskan pada gambar 4.4. Serbuk gergaji kayu jati yang sudah dicuci menggunakan aquades kemudian disaring menggunakan saringan biasa untuk memisahkan serbuk gergaji kayu jati dengan air bekas dari proses pencucian yang dijelaskan di gambar 4.5 berikut ini.

Gambar 4.4 Proses Pembersihan Serbuk Gergaji Kayu Jati

(Sumber : *Dokumentasi Pribadi*)

Gambar 4.5 Proses Penyaringan Serbuk Gergaji Kayu Jati

(Sumber : *Dokumentasi Pribadi*)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Serbuk gergaji kayu jati yang sudah dicuci kemudian dikeringkan didalam oven dengan suhu 105^0C selama 24 jam, tujuan dari proses pengeringan atau dehidrasi yaitu untuk menghilangkan kadar air yang terkandung didalam serbuk gergaji kayu jati yang dijelaskan dalam gambar 4.6. Penentuan suhu sebesar 105^0C selama 24 jam sebagai waktu pengeringan merupakan hasil pengembangan dari penelitian Wahyuni (2014) yang bertujuan agar kadar air yang terdapat pada serbuk gergaji kayu jati dapat berkurang secara maksimal. Menurut Arif (2014) mengatakan bahwa proses pengeringan atau yang lebih dikenal dengan proses dehidrasi yang merupakan proses pemanasan bahan baku pada suhu 105 - 170 ºC selama 18 - 24 jam dengan tujuan untuk menguapkan seluruh kandungan air pada bahan baku yang dikeringkan.

Gambar 4.6 Proses Pengeringan Serbuk Gergaji Kayu Jati Menggunakan Oven

(Sumber : *Dokumentasi Pribadi*)

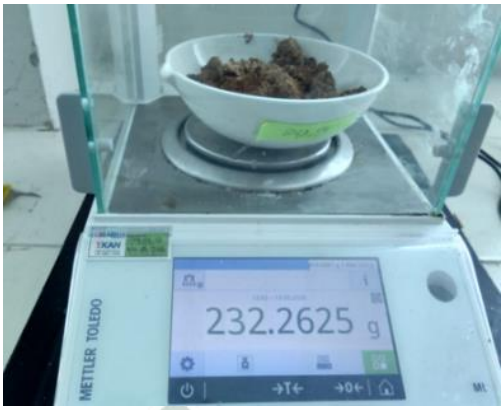
Pada penelitian ini terdapat variasi pemberian aktivasi dan tanpa aktivasi untuk variasi tanpa aktivasi cukup dilakukan proses pengeringan sebanyak 1 kali sedangkan untuk variasi pemberian aktivasi dilakukan proses pengeringan sebanyak 2 kali yang kemudian masing – masing dilakukan uji kadar air. Pembuatan adsorben dari limbah serbuk gergaji kayu jati dilakukan sebanyak 2 kali yaitu untuk variasi pemberian aktivasi dan variasi tanpa pemberian aktivasi dengan masing – masing variasi membutuhkan 30 gram serbuk gergaji kayu jati. Pada pembuatan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

pertama, serbuk gergaji kayu jati ditimbang sebanyak 144,0516 gram menggunakan neraca analitik dengan berat cawan sebesar 114,3747 gram. Pada pembuatan kedua, serbuk gergaji kayu jati ditimbang sebanyak 151,0312 gram menggunakan neraca analitik dengan berat cawan sebesar 120,9931 gram. Setelah dilakukan pencucian berat dari serbuk gergaji kayu jati pertama berubah menjadi 232 gram, sedangkan serbuk gergaji kayu jati kedua berubah menjadi 242 gram. Kemudian setelah dilakukan pengeringan di oven selama 24 jam dengan suhu 105 ^{0}C berat dari serbuk gergaji kayu jati pertama berubah menjadi 225,52 gram dengan kadar air yang terlepas selama proses pengoven sebesar 5,81 %, sedangkan serbuk gergaji kayu jati kedua berubah menjadi 232,26 gram dengan kadar air yang terlepas selama proses pengoven sebesar 8,04 %. Berikut hasil dari penimbangan hasil dari pengeringan serbuk gergaji kayu jati pada gambar 4.7 dan 4.8.

Gambar 4.7 Proses Penimbangan Serbuk Gergaji Kayu Jati 1 Menggunakan Neraca Analitik
(Sumber : *Dokumentasi Pribadi*)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 4.8 Proses Penimbangan Serbuk Gergaji Kayu Jati 2 Menggunakan Neraca Analitik
(Sumber : *Dokumentasi Pribadi*)

Pada hasil yang dijelaskan pada gambar 4.7 dan 4.8 terdapat perbedaan kadar air serbuk gergaji kayu jati pada pembuatan pertama hal ini dipengaruhi oleh proses pengeringan serbuk gergaji kayu jati yang kurang maksimal sehingga kadar air yang tersisa pada serbuk gergaji kayu jati kedua lebih besar. Pada hasil pengukuran uji kadar air dapat dilihat pada tabel 4.1 berikut ini

Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Uji Kadar Air Serbuk Gergaji Kayu Jati

Pembuatan	Berat Cawan Kosong (g)	Berat Sampel Awal (g)	Berat Cawan + Sampel Awal (g)	Berat Cawan + Sampel Setelah Pecucian (g)	Berat Sampel Setelah Pencucian (g)	Berat Cawan + Sampel Setelah Pengeringan (g)	Berat Sampel Setelah Pengeringan (g)	Kadar air (%)
1	114,3747	29,6769	144,0516	232	117,6253	225,52	111,1453	5,5
2	120,9931	30,0381	151,0312	242	121,0069	232,26	111,2669	8,04

Sumber : Data Primer

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Keterangan :

Pembuatan 1 : Pembuatan Adsorben untuk Variasi Metode Pemberian Aktivasi NaOH 2%

Pembuatan 2 : Pembuatan Adsorben untuk Variasi Metode Tanpa Pemberian Aktivasi

Pada hasil kadar air yang dijelaskan tabel 4.1 diatas untuk pembuatan adsorben 1 dengan hasil kadar air sebesar 5,5% dan pembuatan adsorben 2 dengan hasil kadar air sebesar 8,04% berdasarkan hasil ini menunjukkan bahwa kedua proses pembuatan adsorben menghasilkan kadar air yang sesuai dengan SNI 06-3730-1995 untuk kadar air maksimal dari sebuah serbuk adsorben sebesar 15%. Pada karakteristik serbuk gergaji kayu jati yang sudah dikeringkan yaitu berbentuk padatan, berwarna cokelat muda, dan beraroma khas kayu jati.

Setelah dilakukan proses pengeringan didalam oven untuk proses pembuatan adsorben yang pertama yang memiliki kadar air sebesar 5,5 % dilanjutkan pada proses aktivasi menggunakan natrium hidroksida (NaOH) 2% yang dijelaskan pada subab IV.2, sedangkan untuk pembuatan adsorben yang kedua yang memiliki kadar air sebesar 8,04 % dilakukan proses penumbukan dengan menggunakan alu dan mortar porselen yang bertujuan untuk membentuk padatan adsorben dari proses pengeringan menjadi bentuk serbuk adsorben. Pada proses penumbukan ini dijelaskan pada gambar 4.9 berikut ini.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Gambar 4.9 Proses Penumbukan Padatan Adsorben Serbuk Gergaji Kayu Jati Menggunakan Alu dan Mortar
(Sumber : *Dokumentasi Pribadi*)

Setelah dilakukan proses penumbukan yang dijelaskan pada gambar 4.9 diatas langkah selanjutnya yaitu proses pengayakan dengan menggunakan alat sieve shaker yang dilakukan selama 15 menit yang dijelaskan pada gambar 4.10 berdasarkan ASTM D-1140. proses pengayakan sendiri bertujuan untuk memisahkan atau mengayak serbuk adsorben agar mendapatkan ukuran sebesar 80 mesh. Pada pemilihan ukuran adsorben sebesar 80 mesh berdasarkan penelitian Siregar (2019) yang bertujuan untuk memaksimalkan daya serap adsorben dalam menyerap zat logam berat pada saat proses adsorpsi berlangsung. karakteristik adsorben serbuk gergaji kayu jati pada variasi metode tanpa pemberian aktivasi yang sudah diayak yaitu berbentuk serbuk halus, berwarna cokelat muda, dan tidak berbau.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Gambar 4.10 Proses Pengayakan Serbuk Adsorben dari Serbuk Gergaji Kayu Jati Menggunakan Alat *Sieve Shaker*
(Sumber : *Dokumentasi Pribadi*)

IV.2 Aktivasi Adsorben Serbuk Gergaji Kayu Jati

Pembuatan adsorben yang pertama yang memiliki kadar air sebesar 5,5 % dilanjutkan pada proses aktivasi menggunakan natrium hidroksida (NaOH) 2%. Menurut Arif (2014) mengatakan bahwa proses aktivasi merupakan suatu perubahan fisika dimana permukaan atau pori-pori pada adssorben menjadi lebih besar, sehingga meningkatkan kemampuan adsorpsi lebih maksimal akibat dari proses penambahan zat kimia aktivator dilakukan dengan cara merendam bahan baku adsorben pada bahan kimia aktivator seperti asam kloria (HCl), asam nitrat (HNO_3), asam phosphat (H_3PO_4), kalsium hidroksida ($Ca(OH)_2$), natrium hidroksida (NaOH), kalium hidroksida (KOH), natrium sulfat (Na_2SO_4), dan natrium karbonat (Na2CO3) sebelum proses pengeringan adsorben.

Proses adsorpsi dari adsorben dapat ditingkatkan dengan proses aktivasi. Aktivasi bertujuan untuk melarutkan beberapa senyawa yang terkandung pada adsorben dan juga fungsi dari proses aktivasi yaitu menambahkan gugus fungsi seperti –OH dan –COOH agar dapat lebih banyak menghilangkan logam yang akan diadsorpi oleh adsorben. (Fengel and Gerd, 1995)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Pada penelitian ini tahap pembuatan adsorben yang pertama yang memiliki kadar air sebesar 5,5 % dilakukan aktivasi menggunakan (NaOH) 2%, langkah pertama yang dilakukan yaitu pembuatan larutan NaOH 2 % dengan menggunakan aquades sebanyak 500 ml dan kritstal NaOH sebanyak 10 gram. Kristal NaOH ditimbang sebanyak 10 gram di neraca analitik dengan berat cawan sebesar 46,1325 gram yang dijelaskan pada gambar 4.11 , lalu diencerkan menggunakan 500 ml aquades. Penentuan Kristal NaOH sebanyak 10 gram berdasarkan rumus berikut ini

Larutan NaOH 2% = $\frac{2\frac{gr}{ml}}{100}$ x 500 ml

Larutan NaOH 2% = 10 gr Kristal NaOH dalam 500 ml Aquadest

Setelah dilakukan penimbangan kristal NaOH sebanyak 10 gram. Kristal NaOH dimasukkan kedalam gelas piala (*Beaker Glass*) yang sudah terdapat 500 ml aquades, Kemudian diaduk menggunakan spatula hingga larutan homogen. Pada saat pengenceran kristal NaOH dengan aquades terjadi reaksi eksoterm sehingga menyebabkan larutan NaOH tersebut berwarna putih keruh dan menghasilkan panas selama beberapa menit, kemudian setelah reaksi selesai larutan berubah menjadi bening dan tidak berwarna yang dijelaskan pada gambar 4.12 berikut ini.

Gambar 4.11 Proses Penimbangan Kristal NaOH Menggunakan Alat Neraca Analitik

(Sumber : *Dokumentasi Pribadi*)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Gambar 4.12 Proses Pengeceran Kristal NaOH dengan Aquades 500 ml

(Sumber : *Dokumentasi Pribadi*)

Pada proses aktivasi adsorben dari serbuk gergaji kayu jati yang dilakukan pada pembuatan adsorben serbuk gergaji kayu jati yang pertama dengan kadar air 5,5% dan berat sampel sebesar 111,1453 gram yang dimasukkan kedalam larutan NaOH 2% yang sudah diencerkan, lalu adsorben serbuk gergaji kayu jati direndam selama 60 menit. Pada proses perendaman adsorben terjadi perubahan pada warna larutan menjadi warna hitam pekat dengan nilai pH sebesar 13,01 yang dijelaskan pada gambar 4.13 dan 4.14 berikut ini.

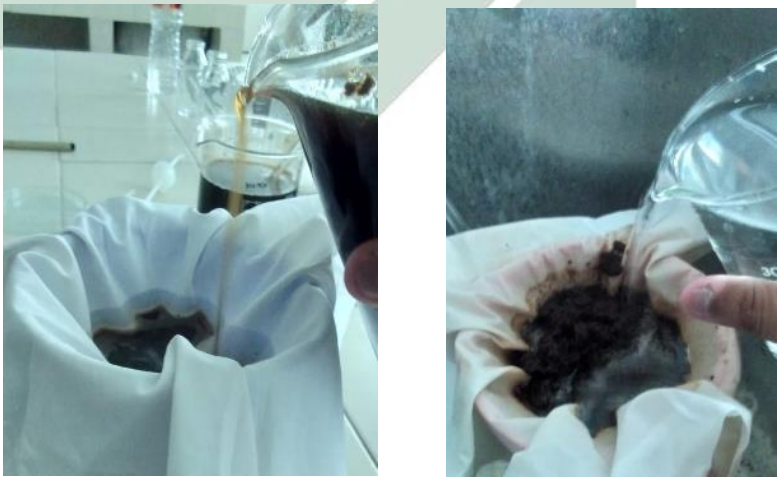
Gambar 4.13 Proses Perendaman Adsorben dengan Larutan NaOH 2%

(Sumber : *Dokumentasi Pribadi*)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Gambar 4.14 Proses Pengukuran Nilai pH Rendaman Adsorben dengan pH meter
(Sumber : *Dokumentasi Pribadi*)

Setelah dilakukan perendaman dengan menggunakan larutan NaOH 2%, adsorben serbuk gergaji kayu jati dilakukan penyaringan menggunakan corong yang diberi kertas saring dengan tujuan untuk memisahkan adsorben dengan larutan NaOH kemudian dibilas kembali menggunakan aquades, lalu ditaruh didalam cawan porselen yang dijelaskan pada gambar 4.15.



Gambar 4.15 Proses Penyaringan dan Pembilasan Pada Adsorben dari Serbuk Gergaji Kayu Jati
(Sumber : *Dokumentasi Pribadi*)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Pada karakteristik adsorben yang telah dilakukan perendaman dengan aktivator natrium hidroksida yaitu berbentuk padatan, berwarna cokelat tua, dan berbau khas kayu jati yang menyengat, lalu adsorben yang sudah direndam akan dilakukan penimbangan di neraca analitik yang dijelaskan pada gambar 4.16. Pada penimbangan di neraca analitik didapatkan hasil sebesar 238 gram dengan berat cawan 114,3747 gram.

Gambar 4.16 Proses Penimbangan Padatan Adsorben dari Serbuk Gergaji Kayu Jati

(Sumber : *Dokumentasi Pribadi*)

Adsorben serbuk gergaji kayu jati yang sudah diaktivasi dan ditimbang kemudian adsorben dikeringkan didalam oven dengan suhu 105^0C selama 24 jam, tujuan dari proses pengeringan atau dehidrasi yaitu untuk menghilangkan kadar air yang terkandung didalam serbuk gergaji kayu jati yang dijelaskan dalam gambar 4.17. Penentuan suhu sebesar 105^0C selama 24 jam sebagai waktu pengeringan merupakan hasil pengembangan dari penelitian Wahyuni (2014) yang bertujuan agar kadar air yang terdapat pada serbuk gergaji kayu jati dapat berkurang secara maksimal. Menurut Arif (2014) mengatakan bahwa proses pengeringan atau yang lebih dikenal dengan proses dehidrasi yang merupakan proses pemanasan bahan baku pada suhu 105 - 170 ºC selama 18 - 24 jam dengan tujuan untuk menguapkan seluruh kandungan air pada bahan baku yang dikeringkan.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Gambar 4.17 Proses Pengeringan Adsorben Serbuk Gergaji Kayu Jati Menggunakan Oven

(Sumber : *Dokumentasi Pribadi*)

Setelah dilakukan pengeringan didalam oven, adsorben serbuk gergaji kayu jati ditimbang didalam neraca analitik dari hasil penimbangan didapatkan hasil sebesar 226,2359 gram dengan berat cawan sebesar 114,3747 gram yang dijelaskan pada gambar 4.18, selama proses pengeringan atau dehidrasi kadar air yang terlepas selama proses pengoven sebesar 9,52 %.

Gambar 4.18 Proses Penimbangan Adsorben Serbuk Gergaji Kayu Jati Setelah Proses Aktivasi Menggunakan Neraca Analitik

(Sumber : *Dokumentasi Pribadi*)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Pada nilai kadar air ini didapatkan dari berat adsorben serbuk gergaji kayu jati setelah dilakukan aktivasi sebesar 238 gram yang kemudian dikeringkan didalam oven selama 24 jam dengan suhu 105^0C mendapatkan hasil berat adsorben serbuk gergaji kayu jati setelah pengeringan sebesar 226,2359 gram. Pada hasil pengukuran uji kadar air dapat dilihat pada tabel 4.2 berikut ini

Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Uji Kadar Air Serbuk Gergaji Kayu Jati Setelah Proses Aktivasi Adsorben

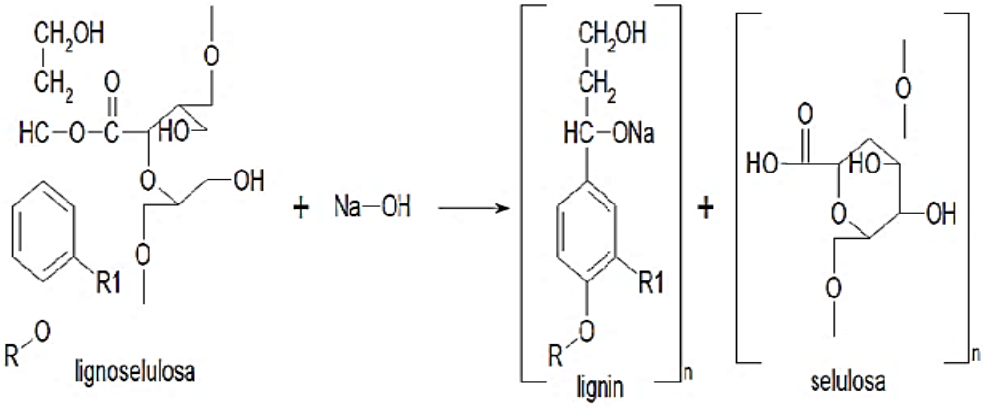
Pembuatan	Berat Cawan Kosong (g)	Berat Sampel Awal (g)	Berat Cawan + Sampel Awal (g)	Berat Cawan + Sampel Setelah Aktivasi (g)	Berat Sampel Setelah Aktivasi (g)	Berat Cawan + Sampel Setelah Pengeringan dan Aktivasi (g)	Berat Sampel Setelah Pengeringan dan Aktivasi (g)	Kadar air (%)
1	114,3747	111,1453	225,52	238	123,6253	226,2359	111,8612	9,52

Sumber : Data Primer

Peningkatan kadar air dari pengeringan awal sebesar 5,5% menjadi 9,52% pada pengeringan akhir dengan pemberian aktivator NaOH 2% yang dilakukan pada pembuatan adsorben kedua, hal ini dikarenakan beberapa zat pengotor dan lignin yang pada serbuk gergaji kayu jati ini menghilang bersama larutan aktivator (NaOH). Menurut Harni, dkk (2015) mengatakan bahwa penggunaan NaOH dapat menghilangkan lignin karena keberadaan kandungan lignin akan menurunkan proses adsorpsi. Hal ini karena keberadaan lignin akan menghalangi proses transfer ion, pada pengaktifan adsorben. Proses penghilangan pemisahan senyawa lignin dalam kandungan selulosa disebut dengan proses delignifikasi yang dimana larutan NaOH juga dapat menyerang dan merusak struktur lignin serta memisahkan sebagian senyawa kompleks lignoselulosa dengan ion OH^- dan senyawa NaOH berfungsi untuk memutus ikatan kimia dari struktur senyawa lignin, sedangkan ion Na^+ akan mengikat dengan lignin membentuk senyawa natrium fenolat

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

(C_6H_5NaO) yang dijelaskan pada gambar 4.19 yang merupakan proses pemisahan senyawa lignoselulosa menjadi senyawa selulosa dan senyawa lignin.



Gambar 4.19 Proses Pemisahan Senyawa Lignoselulosa

(Sumber : Harni, dkk. 2015)

Setelah dilakukan proses pengeringan didalam oven untuk proses pembuatan adsorben yang sudah diberi aktivator NaOH 2% dilakukan proses penumbukan dengan menggunakan alu dan mortar porselen yang bertujuan untuk membentuk padatan adsorben dari proses pengeringan menjadi bentuk serbuk adsorben. Pada proses penumbukan ini dijelaskan pada gambar 4.20 berikut ini.

Gambar 4.20 Proses Penumbukan Adsorben Serbuk Gergaji Kayu Jati Setelah Proses Aktivasi Menggunakan Neraca Analitik

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

(Sumber : *Dokumentasi Pribadi*)

Setelah dilakukan proses penumbukan yang dijelaskan pada gambar 4.20 diatas langkah selanjutnya yaitu proses pengayakan dengan menggunakan alat sieve shaker yang dilakukan selama 15 menit yang dijelaskan pada gambar 4.21 berdasarkan ASTM D-1140. proses pengayakan sendiri bertujuan untuk memisahkan atau mengayak serbuk adsorben agar mendapatkan ukuran sebesar 80 mesh. Pada pemilihan ukuran adsorben sebesar 80 mesh berdasarkan penelitian Siregar (2019) yang bertujuan untuk memaksimalkan daya serap adsorben dalam menyerap zat logam berat pada saat proses adsorpsi berlangsung. karakteristik adsorben serbuk gergaji kayu jati pada variasi metode dengan pemberian aktivasi yang sudah diayak yaitu berbentuk serbuk halus, berwarna cokelat tua, dan beraroma khas kayu.

Gambar 4.21 Proses Pengayakan Serbuk Adsorben Setelah Proses Aktivasi dari Serbuk Gergaji Kayu Jati Menggunakan Alat *Sieve Shaker*

(Sumber : *Dokumentasi Pribadi*)

IV.3 Pembuatan Limbah Artifisial

Pada penelitian ini limbah yang digunakan yaitu limbah cair artifisial yang merupakan limbah buatan yang dilakukan dengan cara melarutkan senyawa tertentu dengan larutan aquades. Pada penelitian

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

ini limbah yang digunakan merupakan air limbah artifisial. Limbah artifisial timbal (Pb) adalah limbah buatan yang dibuat dengan cara melarutkan senyawa timbal (II) nitrat ($Pb(NO_3)_2$) dengan larutan aquades. Pembuatan air limbah timbal artifisial ini didasarkan pada perhitungan molaritas dan konsentrasi yang diinginkan. Konsentrasi timbal yang digunakan pada penelitian ini sebesar 20 ppm. Terlebih dahulu yang harus dibuat adalah larutan induk timbal 1000 ppm. Berikut perhitungan pembuatan larutan induk timbal 1000 ppm dari serbuk $Pb(NO_3)_2$.

Diketahui : Ar Pb = 207,2 Mr $Pb(NO_3)_2$ = 331,22

Kemurnian = 99%

- Membuat larutan induk Pb 1000 ppm dalam 500 ml Aquades

  M = $\frac{n}{v}$; n = $\frac{gr}{Ar}$

  M = $\frac{gr}{v.\ Ar\ Pb}$ = 1000 ppm = 1 gr/L

  M = $\frac{1\ gr}{1\ L\ .\ 207{,}2}$ = 0,0048 M

- Larutan yang akan dibuat memiliki nilai molaritas sebesar 0,0048 M dalam 500 ml Aquades

  M = $\frac{gr}{Mr\ Pb(NO3)2}$ x $\frac{1000}{ml}$

  0,0048 M = $\frac{gr}{331{,}22}$ x $\frac{1000}{500}$

  gr = $\frac{0{,}0048\ x\ 331{,}22}{2}$

  = 0,795 gram = 795 mg Serbuk Pb(NO3)2

- Serbuk Timbal (II) Nitrat ($Pb(NO_3)_2$) dilakukan proses penimbangan menggunakan neraca analitik untuk menentukan tingkat kemurnian

  $Pb(NO_3)_2$ = $\frac{gr}{\%\ kemurnian}$

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

$= \frac{795\ mg}{0,99}$

= 803 mg

Pada pembuatan limbah artifisial timbal (Pb), langkah awal yang dilakukan yaitu menimbang serbuk $Pb(NO_3)_2$ dengan menggunakan neraca digital dengan ketelitian 0,01 gram sebanyak 803 mg atau 0,80 gram yang dijelaskan pada gambar 4.22. Karakteristik serbuk timbal (II) nitrat ($Pb(NO_3)_2$) yaitu berbentuk serbuk, berwarna putih dengan memiliki aroma khas logam.

Gambar 4.22 Proses Penimbangan Serbuk Timbal (II) Nitrat ($Pb(NO_3)_2$)

(Sumber : *Dokumentasi Pribadi*)

Setelah dilakukan proses penimbangan pada neraca digital, langkah selanjutnya yaitu memasukan serbuk timbal (II) nitrat ($Pb(NO_3)_2$) kedalam labu pengencer kemudian memasukan aquades sebanyak 500 ml kedalam labu pengencer yang dijelaskan pada gambar 4.23, kemudian serbuk timbal (II) nitrat ($Pb(NO_3)_2$) dan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

larutan aquades dikocok hingga kedua senyawa menjadi larutan homogen yang dijelaskan pada gambar 4.24. Karakteristik Limbah Artifisial timbal (Pb) yaitu berbentuk cairan, bening, dan berbau khas logam timbal.

Gambar 4.23 Proses Pemasukan Serbuk Timbal (II) Nitrat ($Pb(NO_3)_2$) dan Larutan Aquades 500 ml kedalam Labu Pengencer (Sumber : *Dokumentasi Pribadi*)

Gambar 4.24 Proses Pengadukan Serbuk Timbal (II) Nitrat ($Pb(NO_3)_2$) dan Larutan Aquades 500 ml pada Labu Pengencer (Sumber : *Dokumentasi Pribadi*)

Setelah pembuatan larutan induk 1000 ppm pada limbah artifisial timbal (Pb), maka selanjutnya yaitu pembuatan larutan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

limbah artifsial timbal (Pb) sebesar 20 ppm dengan cara mengencerkan larutan induk sebesar 20 ml dalam 1 liter larutan aquades yang sebelumnya dilakukan perhitungan sebagai berikut

Konsentrasi 20 ppm

$C_1 . V_1$	=	$C_2 . V_2$
1000 ppm . V_1	=	20 ppm . 1000 mL
V_1	=	20 mL

Pada pembuatan larutan limbah artifisial timbal (Pb) sebesar 20 ppm langkah pertama yaitu menuangkan larutan induk sebanyak 20 ml menggunakan gelas ukur kedalam labu pengencer yang dijelaskan pada gambar 4.25, kemudian diencerkan dengan larutan aquades hingga mencapai larutan limbah artifisial sebanyak 1 liter, setelah itu limbah artifisial tersebut dilakukan pengadukan hingga larutan tersebut homogen yang dijelaskan pada gambar 4.26. Kemudian sampel limbah timbal artifisial timbal (Pb) diujikan sebagai sampel kontrol konsentrasi limbah untuk memastikan kadar timbal dalam air limbah secara pembacaan. Pada karakteristik larutan limbah artifisial timbal (Pb) sebesar 20 ppm antara lain berbentuk cairan, tidak berwarna (bening), dan berbau khas logam timbal.

Hasil dari pengujian sampel kontrol limbah artifisial timbal (Pb) sebesar 2,360 mg/L untuk variasi adsorben dengan pemberian aktivasi NaOH 2%, sedangkan hasil dari pengujian sampel kontrol limbah artifisial timbal (Pb) sebesar 1,625 mg/L untuk variasi adsorben tanpa pemberian aktivasi NaOH 2%. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi perbedaan hasil konsentrasi limbah antara perhitungan secara teori dengan pengujian sampel sebenarnya. Permasalahan ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor salah satunya adalah kemungkinan terjadinya kesalahan pada saat pengenceran atau kemungkinan faktor *human error* sehingga memungkinkan hasil konsentrasi limbah tidak sesuai dengan perhitungan.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Gambar 4. 25 Proses Pembuatan Larutan Limbah Artifisial Timbal 20 ppm pada Labu Pengencer
(Sumber : *Dokumentasi Pribadi*)

Gambar 4.26 Proses Pengenceran Limbah Artifisial Timbal 20 ppm pada Labu Pengencer
(Sumber : *Dokumentasi Pribadi*)

IV.4 Preparasi dan Simulasi Reaktor Batch

Pada penelitian ini yang perlu diperhatikan dalam tahap preparasi reaktor antara lain pengaturan kecepatan pada reaktor, penyiapan adsorben serbuk gergaji kayu jati dan simulasi reaktor. Pada reaktor batch yang digunakan pada penelitian ini yaitu magnetic strirrer yang dijelaskan pada gambar 3.7 dan 3.8 yang

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

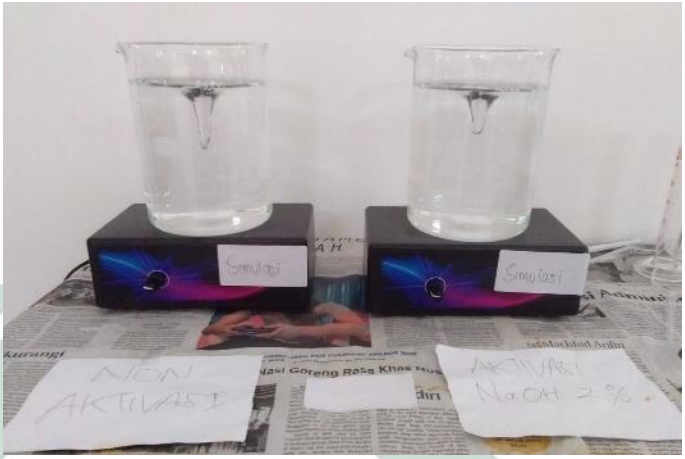
dilengkapi dengan mesin yang memiliki kecepatan pengadukan hingga 600 rpm dan memiliki batang pengaduk (*Stirring Bar*) yang berfungsi sebagai pengaduk larutan. Pada reaktor batch yang digunakan pada penelitian ini dijelaskan pada gambar 4.27 berikut ini

Gambar 4.27 Preparasi Reaktor Batch
(Sumber : *Dokumentasi Pribadi*)

Pada penelitian ini variasi kontrol yang dilakukan antara lain kecepatan pengadukan sebesar 100 rpm dengan waktu pengadukan selama 120 menit yang merupakan modifikasi penelitian dari Wahyuni (2014) dengan penelitian dari Busyairi, dkk (2019) yang bertujuan untuk penyerapan dari adsorben serbuk gergaji kayu jati lebih maksimal. Berdasarkan penelitian dari Wahyuni (2014) menghasilkan persentase penyisihan logam berat timbal (Pb) sebesar 97.7% atau pada hasil 0.392 mg/g pada waktu kontak optimum 180 menit dengan nilai kapasitas adsorpsi sebesar 0,224 mg adsorbat/g biosorben. Menurut Busyairi, dkk (2019) mengatakan bahwa apabila proses pengadukan dengan kecepatan terlalu lambat maka proses adsorpsi akan berlangsung lambat, namun apabila proses pengadukan dengan kecepatan terlalu cepat maka akan berakibat pada struktur adsorben yang cepat rusak, sehingga proses adsorpsi kurang optimal. Pada tahap preparasi reaktor terdapat proses

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

simulasi reaktor menggunakan aquades biasa yang dijelaskan pada gambar 4.28 yang bertujuan untuk memastikan reaktor berfungsi dengan baik dan batang pengaduk dapat berfungsi dengan baik pada kecepatan pengaduk 100 rpm.



Gambar 4.28 Simulasi Reaktor Batch
(Sumber : *Dokumentasi Pribadi*)

IV.5 Mekanisme Pengolahan Limbah

Proses pengolahan adsorpsi yang dilakukan pada penelitian menggunakan reaktor batch dengan perlakuan kontrol antara lain konsentrasi limbah timbal yang digunakan masing – masing sebesar 20 ppm, dan diaduk dengan kecepatan 100 rpm selama 2 jam. Adsorben dari serbuk gergaji kayu jati dijadikan bahan baku pengolahan limbah pada penelitian ini dengan variasi metode aktivasi (variasi tanpa pemberian aktivasi dan variasi pemberian aktivasi NaOH 2%) serta variasi massa adsorben antara lain 1 gram, 2 gram, 3 gram, 4 gram, dan 5 gram.

Adsorpsi adalah sebuah proses penyerapan yang menarik suatu zat pada permukaan adsorben akibat dari adanya gaya tarik menarik antara molekul padatan dengan material terserap ataupun dengan interaksi kimia (Tang, *et.al*.,2019). Sedangkan Adsorben merupakan padatan zat penjerap yang memiliki kemampuan dalam menyerap adsorbat ataupun suatu senyawa pada bagian permukaan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

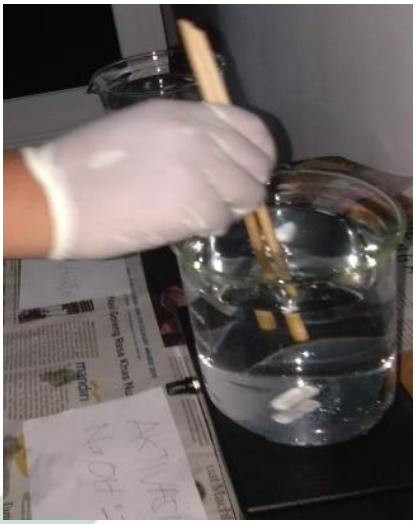
adsorben. Adsobat yang diserap oleh adsorben dapat berupa senyawa organik, zat warna, serta ion logam pada sebuah larutan (Dehghani, *et.al*.,2016).

Mekanisme pengolahan limbah artifisial logam berat timbal (Pb) dimulai dengan mempersiapkan reaktor batch yaitu magnetic strirer dan mempersiapkan limbah artifisial timbal (Pb) sebesar 20 ppm yang dilarutkan didalam 1 liter aquades, kemudian limbah artifisial timbal yang sudah dimasukkan ke dalam gelas piala (*Beaker Glass*) ditaruh diatas reaktor yang dijelaskan pada gambar 4.29 berikut ini

Gambar 4.29 Persiapan Pengolahan Limbah Artifisial Timbal (Pb) Sebesar 20 ppm Pada Reaktor
(Sumber : *Dokumentasi Pribadi*)

Limbah artifisial timbal yang sudah dipersiapkan didalam reaktor, selanjutnya memasukkan batang pengaduk (*striring bar*) kedalam masing – masing reaktor. batang pengaduk (*Stirring Bar*) sendiri memiliki fungsi sebagai pengaduk larutan limbah artifisial timbal ini, pada proses ini dijelaskan pada 4.30 berikut ini

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 4.30 Proses Pemberian Batang Pengaduk Kedalam Reaktor

(Sumber : *Dokumentasi Pribadi*)

Reaktor limbah artifisial timbal yang sudah terdapat batang pengaduk (*striring bar*) didalamnya kemudian diberi 2 jenis adsorben serbuk gergaji kayu jati yaitu adsorben dengan variasi tanpa pemberian aktivasi dan variasi pemberian aktivasi NaOH 2% serta masing - masing massa adsorben yaitu 1 gram, 2 gram, 3 gram, 4 gram, dan 5 gram yang dimasukkan kedalam masing – masing larutan limbah artifisial timbal (Pb) sebesar 20 ppm secara bergantian yang dijelaskan pada gambar 4.31, kemudian setelah adsorben serbuk gergaji kayu jati, adsorben didiamkan selama beberapa menit agar dapat larut pada limbah.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Gambar 4.31 Proses Pemberian Adsorben Serbuk Gergaji Kayu Jati Sebesar 1 Gram Kedalam Reaktor
(Sumber : *Dokumentasi Pribadi*)

Pada proses pendiaman adsorben pada limbah artifisial terjadi perubahan fisik pada sampel yang kemudian diamati dan dicatat sebagai bentuk pengamatan fisik sampel sebelum pengolahan yang telah tercantum pada tabel 4.1, langkah selanjutnya yaitu adsorben tersebut dilakukan pengadukan selama 2 jam dengan kecepatan 100 rpm didalam reaktor, proses pengaturan kecepatan pengadukan dilakukan dengan cara memutar dimmer (pengatur kecepatan) pada reaktor hingga pada kecepatan 100 rpm sebagaimana yang dijelaskan pada gambar 3.7 desain reaktor. Pada proses pengadukan adsorben pada limbah artifisial yang dijelaskan pada gambar 4.32 telah terjadi perubahan fisik pada sampel yang kemudian diamati dan dicatat sebagai bentuk pengamatan fisik sampel saat pengolahan yang telah tercantum pada tabel 4.3

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Gambar 4.32 Proses Pengadukan Adsorben Serbuk Gergaji Kayu Jati Pada Reaktor Batch
(Sumber : *Dokumentasi Pribadi*)

Pada tahap selanjutnya setelah pengadukan adsorben selama 2 jam, reaktor batch tersebut dimatikan kemudian ditunggu beberapa menit agar adsorben tersebut berhenti berputar dan sedikit mengedap kemudian dilakukan proses penyaringan hasil pengolahan dari reaktor menggunakan corong yang dilengkapi dengan kertas saring dengan tujuan agar endapan atau kotoran dari adsorben tersebut tidak ikut kedalam larutan hasil pengolahan proses adsorpsi, proses penyaringan hasil pengolahan dijelaskan pada gambar 4.33 berikut ini

Gambar 4.33 Proses Penyaringan Hasil Pengolahan Proses Adsorpsi Pada Reaktor Batch
(Sumber : *Dokumentasi Pribadi*)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Pada proses penyaringan hasil pengolahan dari proses adsorpsi pada limbah artifisial timbal (Pb) terjadi perubahan fisik pada sampel yang kemudian diamati dan dicatat sebagai bentuk pengamatan fisik sampel setelah pengolahan yang telah tercantum pada tabel 4.3, setelah hasil pengolahan tersebut dilakukan penyaringan kemudian seluruh sampel hasil pengolahan limbah artifisial timbal (Pb) dimasukkan kedalam botol sampel kaca gelap tujuan untuk sebagai wadah sampel analisis pengujian kandungan sampel limbah timbal (Pb) menggunakan spektrofotometer AAS (*Atomic Adsorption Spectrofotometer*). Pada proses pewadahan sampel yang dijelaskan pada gambar 4.34 berikut ini

Gambar 4.34 Proses Pewadahan Sampel Hasil Pengolahan Proses Adsorpsi Pada Reaktor Batch
(Sumber : *Dokumentasi Pribadi*)

Setelah proses pewadahan sampel, langkah selanjutnya yaitu sampel hasil pengolahan limbah artifisial timbal (Pb) dengan proses adsorpsi tersebut dikumpulkan kemudian dilakukan proses analisis pengujian kandungan limbah timbal (Pb) menggunakan spektrofotometer AAS (*Atomic Adsorption Spectrofotometer*) berdasarkan SNI 06-6989.8:2004 tentang uji limbah timbal (Pb) dalam *Spektrofotometer Serapan Atom* (AAS) yang dilakukan di Laboratorium PT. Envilab Indonesia yang terletak di Manyar Mas Karimun Industrial Business Park No B-35, Jalan Raya Manyar KM 11, Manyar, Kabupaten Gresik, Jawa Timur 61151.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

IV.6 Kemampuan Adsorpsi Serbuk Gergaji Kayu Jati

Pada penelitian ini serbuk gergaji kayu jati yang digunakan sebagai adsorben untuk mengurangi kandungan logam berat timbal (Pb) dengan variasi metode aktivasi (variasi tanpa pemberian aktivasi dan variasi pemberian aktivasi NaOH 2%) serta variasi massa adsorben antara lain 1 gram, 2 gram, 3 gram, 4 gram, dan 5 gram yang menggunakan reaktor batch yaitu reaktor magnetic strirer sebanyak 2 buah dengan variasi kontrol antara lain konsentrasi limbah timbal (Pb) yang digunakan masing – masing sebesar 20 ppm, dan diaduk dengan kecepatan 100 rpm selama 2 jam. Kemampuan adsorben serbuk gergaji kayu jati mengurangi kandungan logam berat timbal (Pb) dapat dilihat dari hasil proses pengolahan adsorpsi berdasarkan hasil pengamatan fisik pada sampel dan hasil analisa konsentrasi pada sampel untuk mengetahui nilai pengurangan kandungan logam berat timbal dan nilai kapasitas adsorpsi yang dijelaskan pada subbab berikut

IV.6.1 Analisis Data Hasil Pengamatan Fisik Sampel Limbah Logam Berat Timbal (Pb)

Kemampuan adsoben dalam mengurangi kandungan logam berat timbal (Pb) dengan variasi metode aktivasi dan variasi massa adsorben dapat dilihat pada proses pengolahan limbah secara yang dilakukan pada penelitian ini. Pada penelitian ini proses adsorpsi limbah dilakukan pengulangan sebanyak 2 kali dengan tujuan agar dapat menghasilkan data yang valid. Pada pengulangan percobaan 1 pada proses adsorpsi limbah artifisial timbal (Pb) dilakukan pada tanggal 17 April 2020 sedangkan untuk pengulangan percobaan 2 pada proses adsorpsi limbah artifisial timbal (Pb) dilakukan pada tanggal 18 April 2020. Pada percobaan ini hasil dari proses pengolahan secara adsorpsi dilihat dari hasil pengamatan bentuk fisik sampel. Pada hasil pengamatan bentuk fisik sampel dibagi menjadi 3 pengamatan antara lain

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

pengamatan pada sebelum pengolahan, pengamatan pada saat proses pengolahan, dan pengamatan pada sesudah pengolahan. Pada hasil pengamatan fisik dilihat dari bentuk sampel, warna sampel, dan karakteristik bau sampel limbah. Hasil pengamatan fisik sampel dicantumkan pada tabel 4.3 sedangkan pada hasil dokumentasi pengamatan fisik dilampirkan pada laporan penelitian ini pada lampiran 1, berikut ini hasil pengamatan fisik sampel.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 4.3 Hasil Pengamatan Fisik Sampel Limbah Timbal Menggunakan Adsorben Serbuk Gergaji Kayu Jati

No	Nama Sampel	Hasil Pengamatan Fisik		
		Sebelum Pengolahan	Saat Proses Pengolahan	Sesudah Pengolahan
Percobaan 1 (17 April 2020)				
1	Sampel Kontrol dengan Variasi Tanpa Aktivasi	A. Berbentuk Cairan B. Bening C. Belum terdapat Adsorben D. Memiliki Bau Khas Logam Timbal	A. Berbentuk Cairan B. Bening C. Belum terdapat Adsorben D. Memiliki Bau Khas Logam Timbal	A. Berbentuk Cairan B. Bening C. Belum terdapat Adsorben D. Memiliki Bau Khas Logam Timbal
2	Sampel Kontrol dengan Variasi Aktivasi NaOH 2%	A. Berbentuk Cairan B. Bening C. Belum terdapat Adsorben D. Memiliki Bau Khas Logam Timbal	A. Berbentuk Cairan B. Bening C. Belum terdapat Adsorben D. Memiliki Bau Khas Logam Timbal	A. Berbentuk Cairan B. Bening C. Belum terdapat Adsorben D. Memiliki Bau Khas Logam Timbal
3	Sampel Variasi Massa 1 gr dan Variasi Tanpa Aktivasi	A. Berbentuk Cairan B. Bening C. Adsorben Tidak Mudah Larut (Masih Mengambang di Permukaan Air) D. Memiliki Bau Khas Logam Timbal	A. Berbentuk Cairan B. Sedikit Keruh dan Sedikit Berwarna Cokelat C. Adsorben Sudah Larut D. Tidak Memiliki Bau	A. Berbentuk Cairan B. Bening C. Tidak Memiliki Bau
4	Sampel Variasi Massa 1 gr dan Variasi Aktivasi NaOH 2%	A. Berbentuk Cairan B. Berwarna Kekuningan C. Adsorben Mudah Larut D. Memiliki Bau Khas Logam Timbal	A. Berbentuk Cairan B. Berwarna Cokelat Muda C. Adsorben Sudah Larut D. Tidak Memiliki Bau	A. Berbentuk Cairan B. Berwarna Sedikit Kuning Cerah C. Tidak Memiliki Bau
5	Sampel Variasi Massa 2 gr dan Variasi Tanpa Aktivasi	A. Berbentuk Cairan B. Bening C. Adsorben Tidak Mudah Larut (Masih Mengambang di Permukaan Air) D. Memiliki Bau Khas Logam Timbal	A. Berbentuk Cairan B. Sedikit Keruh C. Adsorben Sudah Larut D. Tidak Memiliki Bau	A. Berbentuk Cairan B. Bening C. Tidak Memiliki Bau

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

No	Nama Sampel	Hasil Pengamatan Fisik		
		Sebelum Pengolahan	Saat Proses Pengolahan	Sesudah Pengolahan
6	Sampel Variasi Massa 2 gr dan Variasi Aktivasi NaOH 2%	A. Berbentuk Cairan B. Berwarna Kecokelatan C. Adsorben Mudah Larut D. Memiliki Bau Khas Logam Timbal	A. Berbentuk Cairan B. Berwarna Kecokelatan C. Adsorben Sudah Larut D. Tidak Memiliki Bau	A. Berbentuk Cairan B. Berwarna Kuning C. Tidak Memiliki Bau
7	Sampel Variasi Massa 3 gr dan Variasi Tanpa Aktivasi	A. Berbentuk Cairan B. Bening C. Adsorben Tidak Mudah Larut (Masih Mengambang di Permukaan Air) D. Memiliki Bau Khas Logam Timbal	A. Berbentuk Cairan B. Keruh dan Sedikit Berwarna Cokelat C. Adsorben Sudah Larut D. Tidak Memiliki Bau	A. Berbentuk Cairan B. Bening C. Tidak Memiliki Bau
8	Sampel Variasi Massa 3 gr dan Variasi Aktivasi NaOH 2%	A. Berbentuk Cairan B. Berwarna Kecokelatan C. Adsorben Mudah Larut D. Memiliki Bau Khas Logam Timbal	A. Berbentuk Cairan B. Berwarna Cokelat Pekat C. Adsorben Sudah Larut D. Tidak Memiliki Bau	A. Berbentuk Cairan B. Berwarna Cokelat C. Tidak Memiliki Bau
9	Sampel Variasi Massa 4 gr dan Variasi Tanpa Aktivasi	A. Berbentuk Cairan B. Bening C. Adsorben Tidak Mudah Larut (Masih Mengambang di Permukaan Air) D. Memiliki Bau Khas Logam Timbal	A. Berbentuk Cairan B. Sangat Keruh dan Berwarna Kecokelatan C. Adsorben Sudah Larut D. Tidak Memiliki Bau	A. Berbentuk Cairan B. Sedikit Keruh C. Tidak Memiliki Bau
10	Sampel Variasi Massa 4 gr dan Variasi Aktivasi NaOH 2%	A. Berbentuk Cairan B. Berwarna Cokelat C. Adsorben Mudah Larut D. Memiliki Bau Khas Logam Timbal	A. Berbentuk Cairan B. Berwarna Cokelat Pekat C. Adsorben Sudah Larut D. Tidak Memiliki Bau	A. Berbentuk Cairan B. Berwarna Cokelat Kemerahan C. Tidak Memiliki Bau

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

No	Nama Sampel	Hasil Pengamatan Fisik		
		Sebelum Pengolahan	Saat Proses Pengolahan	Sesudah Pengolahan
11	Sampel Variasi Massa 5 gr dan Variasi Tanpa Aktivasi	A. Berbentuk Cairan B. Bening C. Adsorben Tidak Mudah Larut (Masih Mengambang di Permukaan Air) D. Memiliki Bau Khas Logam Timbal	A. Berbentuk Cairan B. Sangat Keruh dan Berwarna CokelatTua C. Adsorben Sudah Larut D. Tidak Memiliki Bau	A. Berbentuk Cairan B. Sedikit Keruh C. Tidak Memiliki Bau
12	Sampel Variasi Massa 5 gr dan Variasi Aktivasi NaOH 2%	A. Berbentuk Cairan B. Berwarna Cokelat Tua C. Adsorben Mudah Larut D. Memiliki Bau Khas Logam Timbal	A. Berbentuk Cairan B. Berwarna Cokelat Tua Pekat C. Adsorben Sudah Larut D. Tidak Memiliki Bau	A. Berbentuk Cairan B. Berwarna Cokelat Tua Kemerahan - Merahan C. Memiliki Bau Khas Kayu Jati
Percobaan 2 (18 April 2020)				
1	Sampel Kontrol dengan Variasi Tanpa Aktivasi	A. Berbentuk Cairan B. Bening C. Belum terdapat Adsorben D. Memiliki Bau Khas Logam Timbal	A. Berbentuk Cairan B. Bening C. Belum terdapat Adsorben D. Memiliki Bau Khas Logam Timbal	A. Berbentuk Cairan B. Bening C. Belum terdapat Adsorben D. Memiliki Bau Khas Logam Timbal
2	Sampel Kontrol dengan Variasi Aktivasi NaOH 2%	A. Berbentuk Cairan B. Bening C. Belum terdapat Adsorben D. Memiliki Bau Khas Logam Timbal	A. Berbentuk Cairan B. Bening C. Belum terdapat Adsorben D. Memiliki Bau Khas Logam Timbal	A. Berbentuk Cairan B. Bening C. Belum terdapat Adsorben D. Memiliki Bau Khas Logam Timbal
3	Sampel Variasi Massa 1 gr dan Variasi Tanpa Aktivasi	A. Berbentuk Cairan B. Bening C. Adsorben Tidak Mudah Larut (Masih Mengambang di Permukaan Air) D. Memiliki Bau Khas Logam Timbal	A. Berbentuk Cairan B. Sedikit Keruh C. Adsorben Sudah Larut D. Tidak Memiliki Bau	A. Berbentuk Cairan B. Bening C. Tidak Memiliki Bau

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

No	Nama Sampel	Hasil Pengamatan Fisik		
		Sebelum Pengolahan	Saat Proses Pengolahan	Sesudah Pengolahan
4	Sampel Variasi Massa 1 gr dan Variasi Aktivasi NaOH 2%	A. Berbentuk Cairan B. Berwarna Sedikit Kekuningan C. Adsorben Mudah Larut D. Memiliki Bau Khas Logam Timbal	A. Berbentuk Cairan B. Berwarna Kekuningan C. Adsorben Sudah Larut D. Tidak Memiliki Bau	A. Berbentuk Cairan B. Berwarna Kuning C. Tidak Memiliki Bau
5	Sampel Variasi Massa 2 gr dan Variasi Tanpa Aktivasi	A. Berbentuk Cairan B. Bening C. Adsorben Tidak Mudah Larut (Masih Mengambang di Permukaan Air) D. Memiliki Bau Khas Logam Timbal	A. Berbentuk Cairan B. Sedikit Keruh dan Sedikit Berwarna Kecokelatan C. Adsorben Sudah Larut D. Tidak Memiliki Bau	A. Berbentuk Cairan B. Bening C. Tidak Memiliki Bau
6	Sampel Variasi Massa 2 gr dan Variasi Aktivasi NaOH 2%	A. Berbentuk Cairan B. Berwarna Kecokelatan C. Adsorben Mudah Larut D. Memiliki Bau Khas Logam Timbal	A. Berbentuk Cairan B. Berwarna Kecokelatan C. Adsorben Sudah Larut D. Tidak Memiliki Bau	A. Berbentuk Cairan B. Berwarna Jingga C. Sedikit Mengeluarkan Bau Khas Kayu Jati
7	Sampel Variasi Massa 3 gr dan Variasi Tanpa Aktivasi	A. Berbentuk Cairan B. Bening C. Adsorben Tidak Mudah Larut (Masih Mengambang di Permukaan Air) D. Memiliki Bau Khas Logam Timbal	A. Berbentuk Cairan B. Keruh dan Sedikit Berwarna Kecokelatan C. Adsorben Sudah Larut D. Tidak Memiliki Bau	A. Berbentuk Cairan B. Berwarna Kekuningan C. Tidak Memiliki Bau
8	Sampel Variasi Massa 3 gr dan Variasi Aktivasi NaOH 2%	A. Berbentuk Cairan B. Berwarna Kuning Kecokelatan C. Adsorben Mudah Larut D. Memiliki Bau Khas Logam Timbal	A. Berbentuk Cairan B. Berwarna Cokelat Pekat C. Adsorben Sudah Larut D. Tidak Memiliki Bau	A. Berbentuk Cairan B. Berwarna Cokelat C. Memiliki Bau Khas Kayu Jati

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

No	Nama Sampel	Hasil Pengamatan Fisik		
		Sebelum Pengolahan	Saat Proses Pengolahan	Sesudah Pengolahan
9	Sampel Variasi Massa 4 gr dan Variasi Tanpa Aktivasi	A. Berbentuk Cairan B. Bening C. Adsorben Tidak Mudah Larut (Masih Mengambang di Permukaan Air) D. Memiliki Bau Khas Logam Timbal	A. Berbentuk Cairan B. Sangat Keruh dan Sedikit Berwarna Kecokelatan C. Adsorben Sudah Larut D. Tidak Memiliki Bau	A. Berbentuk Cairan B. Sedikit Keruh C. Tidak Memiliki Bau
10	Sampel Variasi Massa 4 gr dan Variasi Aktivasi NaOH 2%	A. Berbentuk Cairan B. Berwarna Cokelat C. Adsorben Mudah Larut D. Memiliki Bau Khas Logam Timbal	A. Berbentuk Cairan B. Berwarna Cokelat Pekat C. Adsorben Sudah Larut D. Tidak Memiliki Bau	A. Berbentuk Cairan B. Berwarna Cokelat Kemerahan C. Memiliki Bau Khas Kayu Jati
11	Sampel Variasi Massa 5 gr dan Variasi Tanpa Aktivasi	A. Berbentuk Cairan B. Bening C. Adsorben Tidak Mudah Larut (Masih Mengambang di Permukaan Air) D. Memiliki Bau Khas Logam Timbal	A. Berbentuk Cairan B. Sangat Keruh dan Berwarna Kecokelatan C. Adsorben Sudah Larut D. Tidak Memiliki Bau	A. Berbentuk Cairan B. Sedikit Keruh C. Tidak Memiliki Bau
12	Sampel Variasi Massa 5 gr dan Variasi Aktivasi NaOH 2%	A. Berbentuk Cairan B. Berwarna Cokelat Tua C. Adsorben Mudah Larut D. Memiliki Bau Khas Logam Timbal	A. Berbentuk Cairan B. Berwarna Cokelat Tua Pekat C. Adsorben Sudah Larut D. Tidak Memiliki Bau	A. Berbentuk Cairan B. Berwarna Cokelat Kemerahan C. Memiliki Bau Khas Kayu Jati

Sumber : Data Primer

Berdasarkan Tabel 4.3 diatas dapat dijelaskan bahwa adsorben serbuk gergaji kayu jati dengan dilakukan pemberian perlakuan variasi aktivasi dan massa adsorben pada bentuk fisik sampel limbah artifisial timbal (Pb) yang dilihat dari pengamatan fisik limbah pada 3 pengamatan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

yaitu pengamatan pada sebelum pengolahan, pengamatan pada saat proses pengolahan, dan pengamatan pada sesudah pengolahan yang dijelaskan sebagai berikut :

A. Membuat adsorben mudah larut kedalam larutan sampel pada adsorben yang diberi aktivasi NaOH sedangkan untuk adsorben tanpa pemberian aktivasi lebih sulit larut didalam larutan sampel limbah
B. Membuat perubahan warna pada larutan sampel pada adsorben yang diberi aktivasi NaOH dengan semakin besar massa adsorben maka warna yang dihasilkan semakin berubah sedangkan untuk adsorben yang tanpa diberi aktivasi dengan semakin besar massa adsorben yang diberikan maka warna yang dihasilkan akan tetap sama
C. Membuat hampir seluruh sampel limbah mengeluarkan aroma bau khas dari pohon jati pada adsorben yang diberi aktivasi NaOH dengan semakin besar massa adsorben yang diberikan maka aroma yang dihasilkan akan semakin kuat sedangkan untuk adsorben tanpa aktivasi tidak menghasilkan bau apapun pada seluruh sampel limbah

IV.6.2 Analisis Data Hasil Analisa Konsentrasi Limbah Logam Berat Timbal (Pb)

Kemampuan adsoben dalam mengurangi kandungan logam berat timbal (Pb) dengan variasi metode aktivasi dan variasi massa adsorben dapat dilihat pada proses pengolahan limbah secara yang dilakukan pada penelitian ini. Pada penelitian ini proses adsorpsi limbah dilakukan pengulangan sebanyak 2 kali dengan tujuan agar dapat menghasilkan data yang valid. Pada pengulangan percobaan 1 pada proses adsorpsi limbah artifisial timbal (Pb) dilakukan pada tanggal 17 April 2020 sedangkan untuk pengulangan percobaan 2

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

pada proses adsorpsi limbah artifisial timbal (Pb) dilakukan pada tanggal 18 April 2020. Pada percobaan ini hasil dari proses pengolahan secara adsorpsi dilihat dari hasil dari uji analisa kandungan logam berat timbal (Pb) menggunakan spektrofotometer AAS (*Atomic Adsorption Spectrofotometer*) yang dilakukan di Laboratorium PT. Envilab Indonesia yang terletak di Manyar Mas Karimun Industrial Business Park No B-35, Jalan Raya Manyar KM 11, Manyar, Kabupaten Gresik, Jawa Timur 61151. Hasil dari pengujian sampel kontrol limbah artifisial timbal (Pb) sebesar 2,360 mg/L untuk variasi adsorben dengan pemberian aktivasi NaOH 2%, sedangkan hasil dari pengujian sampel kontrol limbah artifisial timbal (Pb) sebesar 1,625 mg/L untuk variasi adsorben tanpa pemberian aktivasi NaOH 2%. Hasil pengamatan fisik sampel dicantumkan pada tabel 4.4 sedangkan pada hasil dokumentasi pengamatan fisik dilampirkan pada laporan penelitian ini pada lampiran 2. Hasil dari sampel kontrol tersebut dapat dijadikan sampel C0 yang merupakan sampel sebelum diberi variasi perlakuan, sedangkan hasil dari sampel yang diberi variasi perlakuan dijelaskan pada reaktor A untuk sampel dengan variasi adsorben tanpa pemberian aktivasi NaOH 2% kemudian untuk sampel dengan variasi adsorben dengan pemberian aktivasi NaOH 2% dijelaskan pada reaktor B yang dijelaskan pada tabel 4.4 berikut ini.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 4.4 Data Hasil Pengukuran Konsentrasi Limbah Artifisial Timbal (Pb)

Sampel	Satuan	Hasil Pengukuran Konsentrasi Limbah Timbal (Pb)	
		Reaktor A	Reaktor B
C0	mg/L	1,625	2,360
C1	mg/L	0,57	0,615
C2	mg/L	0,145	0,615
C3	mg/L	0,11	0,7
C4	mg/L	0,095	0,445
C5	mg/L	0,125	0,57

Sumber : Data Primer

Keterangan:

Reaktor A = Variasi adsorben tanpa pemberian aktivasi NaOH 2%

Reaktor B = Variasi adsorben dengan pemberian aktivasi NaOH 2%

C0 = Konsentrasi awal limbah timbal (Pb)

C1 = Konsetrasi akhir limbah hasil penyerapan pada variasi massa adsorben sebesar 1 Gram

C2 = Konsetrasi akhir limbah hasil penyerapan pada variasi massa adsorben sebesar 2 Gram

C3 = Konsetrasi akhir limbah hasil penyerapan pada variasi massa adsorben sebesar 3 Gram

C4 = Konsetrasi akhir limbah hasil penyerapan pada variasi massa adsorben sebesar 4 Gram

C5 = Konsetrasi akhir limbah hasil penyerapan pada variasi massa adsorben sebesar 5 Gram

Berdasarkan hasil pengujian kadar timbal (Pb) pada air limbah diketahui bahwa konsentrasi akhir limbah (efluen)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

hasil penyerapan (adsorpsi) pada reaktor A lebih besar daripada reaktor B dengan hasil antara 2,36 mg/L – 0,095 mg/L. Kedua reaktor sama-sama memiliki hasil konsentrasi akhir limbah (efluen) dengan kadar timbal tertinggi pada C4 yaitu pada variasi massa adsorben sebesar 4 gram dari hasil konsentrasi selanjutnya hasil tersebut dilakukan perhitungan nilai efisiensi pengurangan limbah timbal (Pb) berdasarkan rumus 3.1 yang hasil perhitungan tersebut dijelaskan pada tabel 4.5

Tabel 4.5 Data Hasil Efisiensi Pengurangan Konsentrasi Limbah Artifisial Timbal (Pb)

Sampel	Satuan	Hasil Efisiensi Pengurangan Limbah Timbal (Pb)	
		Reaktor A	Reaktor B
C1	%	64,92	73,94
C2	%	91,08	73,94
C3	%	93,23	70,34
C4	%	94,15	81,14
C5	%	92,31	75,85
Rata - Rata	%	87,14	75,04

Sumber : Data Primer

Keterangan:

Reaktor A = Variasi adsorben tanpa pemberian aktivasi NaOH 2%

Reaktor B = Variasi adsorben dengan pemberian aktivasi NaOH 2%

C1 = Efisiensi Pengurangan hasil penyerapan pada variasi massa adsorben sebesar 1 Gram (%)

C2 = Efisiensi Pengurangan hasil penyerapan pada variasi massa adsorben sebesar 2 Gram (%)

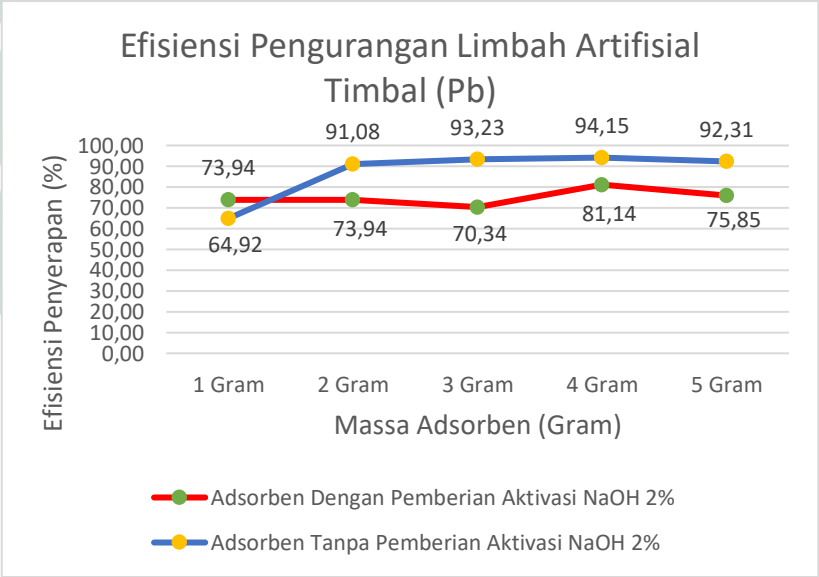
C3 = Efisiensi Pengurangan hasil penyerapan pada variasi massa adsorben sebesar 3 Gram (%)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

C4 = Efisiensi Pengurangan hasil penyerapan pada variasi massa adsorben sebesar 4 Gram (%)

C5 = Efisiensi Pengurangan hasil penyerapan pada variasi massa adsorben sebesar 5 Gram (%)

Berdasarkan Tabel 4.5 menunjukkan bahwa efisiensi pengurangan limbah timbal (Pb) oleh reaktor A memiliki rata-rata penyerapan sebesar 87,14% dengan estimasi pengurangan timbal (Pb) pada reaktor A berkisar antara 64,92 – 94,15 %. Sedangkan efisiensi pengurangan timbal (Pb) oleh reaktor B memiliki rata-rata penyerapan sebesar 75,04 % dengan estimasi pengurangan timbal (Pb) berkisar antara 70,34 – 81,14 %. Berikut ini Gambar 4.35 grafik efisiensi penyerapan timbal (Pb) pada reaktor A dan B.



Gambar 4.35 Grafik Efisiensi Pengurangan Limbah Artifisial Timbal (Pb)

(Sumber : *Data Primer*)

Berdasarkan hasil konsentrasi yang dijelaskan pada tabel 4.4 dan hasil efisiensi pengurangan limbah yang

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

dijelaskan pada tabel 4.5 selanjutnya hasil tersebut dilakukan perhitungan nilai kapasitas adsorpsi pada adsorben serbuk gergaji kayu jati dalam pengurangan konsentrasi limbah artifisial timbal (Pb) berdasarkan rumus 3.2 yang hasil perhitungan tersebut dijelaskan pada tabel 4.6

Tabel 4.6 Data Hasil Kapasitas Adsorpsi Pada Adsorben Serbuk Gergaji Kayu Jati Dalam Pengurangan Konsentrasi Limbah Artifisial Timbal (Pb)

Sampel	Satuan	Hasil Kapasitas Adsorpsi Pengurangan Limbah Timbal (Pb)	
		Reaktor A	Reaktor B
C1	mg/g	1,055	1,745
C2	mg/g	0,740	0,873
C3	mg/g	0,505	0,553
C4	mg/g	0,383	0,479
C5	mg/g	0,300	0,358
Rata - Rata	mg/g	0,597	0,802

Sumber : Data Primer

Keterangan:

Reaktor A = Variasi adsorben tanpa pemberian aktivasi NaOH 2%

Reaktor B = Variasi adsorben dengan pemberian aktivasi NaOH 2%

C1 = Kapasitas Adsorpsi hasil penyerapan pada adsorben dengan variasi massa adsorben sebesar 1 Gram

C2 = Kapasitas Adsorpsi hasil penyerapan pada adsorben dengan variasi massa adsorben sebesar 2 Gram

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

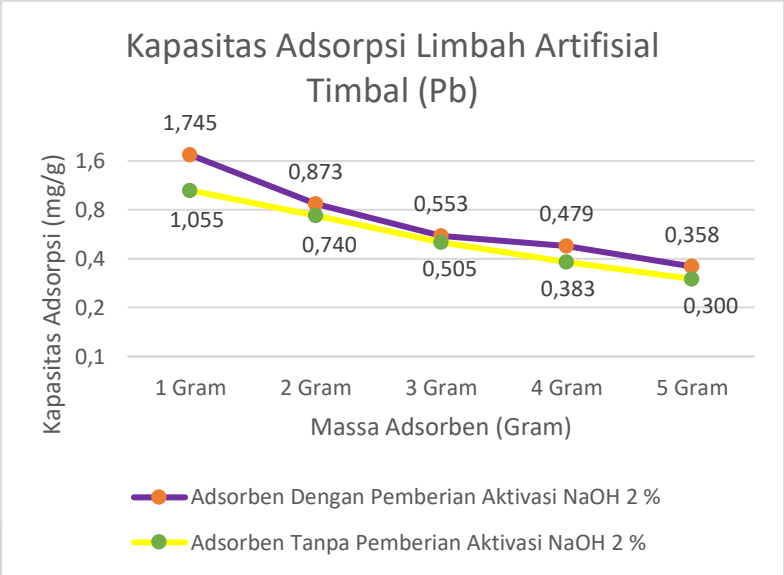
C3 = Kapasitas Adsorpsi hasil penyerapan pada adsorben dengan variasi massa adsorben sebesar 3 Gram

C4 = Kapasitas Adsorpsi hasil penyerapan pada adsorben dengan variasi massa adsorben sebesar 4 Gram

C5 = Kapasitas Adsorpsi hasil penyerapan pada adsorben dengan variasi massa adsorben sebesar 5 Gram

Berdasarkan Tabel 4.6 menunjukkan bahwa nilai kapasitas adsorpsi pada adsorben serbuk gergaji kayu jati dalam penyerapan kandungan limbah artifisial timbal (Pb) oleh reaktor A memiliki rata-rata kapasitas adsorpsi sebesar 0,597 mg/g dengan estimasi kapasitas adsorpsi pada reaktor A berkisar antara 0,3 – 1,055 mg/g, Sedangkan nilai kapasitas adsorpsi pada adsorben serbuk gergaji kayu jati dalam pengurangan konsentrasi limbah artifisial timbal (Pb) oleh reaktor B memiliki rata-rata kapasitas adsorpsi sebesar 0,802 mg/g dengan estimasi kapasitas adsorpsi berkisar antara 0,358 – 1,745 mg/g. Berikut ini Gambar 4.36 grafik efisiensi kapasitas adsorpsi pada adsorben serbuk gergaji kayu jati pada reaktor A dan B.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 4.36 Grafik Kapasitas Adsorpsi Limbah Artifisial Timbal (Pb)

(Sumber : *Data Primer*)

Berdasarkan hasil penelitian diatas dapat dijelaskan bahwa adsorben serbuk gergaji kayu jati dengan pengaruh variasi metode aktivasi dan massa adsorben pada hasil analisa konsentrasi sampel limbah artifisial timbal (Pb) yang dilihat dari hasil pengukuran analisa konsentrasi akhir, hasil nilai efisiensi pengurangan konsentrasi limbah timbal, dan hasil nilai kapasitas adsorpsi.

Berdasarkan hasil pengukuran analisa konsentrasi akhir yang dijelaskan pada tabel 4.4 bahwa konsentrasi efluen hasil penyerapan pada reaktor A lebih besar daripada reaktor B dengan hasil antara 0,57 – 0,095 mg/L. Kedua reaktor sama-sama memiliki efluen dengan kadar timbal tertinggi pada C4 yaitu pada variasi massa adsorben sebesar 4 gram

Berdasarkan hasil efisiensi pengurangan yang dijelaskan pada tabel 4.5 dan pada gambar 4.35 bahwa

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

efisiensi pengurangan limbah timbal (Pb) oleh reaktor A memiliki rata-rata penyerapan sebesar 87,14% dengan estimasi pengurangan timbal (Pb) pada reaktor A berkisar antara 64,92 – 94,15 %. Sedangkan efisiensi pengurangan timbal (Pb) oleh reaktor B memiliki rata-rata penyerapan sebesar 75,04 % dengan estimasi pengurangan timbal (Pb) berkisar antara 70,34 – 81,14 %. Berdasarkan analisa data pada hasil tersebut dapat diasumsikan bahwa penggunaan variasi massa adsorben memiliki pengaruh pada peningkatan nilai pengurangan atau penyisihan logam berat (nilai efisiensi removal). Berdasarkan hasil analisis data tersebut dapat diasumsikan bahwa semakin besar pemberian massa adsorben maka pengurangan kandungan logam berat akan semakin besar, Hal ini diperkuat oleh menurut Barros et al., (2003) dalam dalam Siregar (2019) yang mengatakan bahwa ketika terjadi peningkatan dosis atau massa pada adsorben maka akan terjadi peningkatan persentase efisiensi penyerapan dan penurunan kapasitas adsorpsi pada adsorben tersebut. Sedangkan untuk penggunaan variasi metode aktivasi tidak memiliki pengaruh dari adsorben yang diberi variasi pemberian aktivasi terhadap pengurangan kandungan logam berat timbal dikarenakan dari hasil data nilai pengurangan kandungan logam timbal pada adsorben dengan pemberian aktivasi memiliki nilai pengurangan kandungan logam berat timbal tidak sebesar dengan nilai pengurangan kandungan logam berat timbal dari adsorben tanpa pemberian aktivasi. Pada hasil nilai pengurangan kandungan logam berat timbal dari variasi adsorben dengan penambahan aktivasi yang tidak sebesar dengan variasi adsorben tanpa penambahan aktivasi dikarenakan terdapat beberapa kemungkinan diantaranya kurang maksimalnya kinerja dari zat aktivator dalam membantu adsorben menyerap

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

kandungan logam berat timbal pada air limbah akibat dari pengambilan waktu yang terlalu cepat pada proses perendaman adsorben kedalam larutan aktivator NaOH sehingga proses pembentukan pori – pori pada adsorben menjadi kurang maksimal. Menurut Arif (2014) mengatakan bahwa waktu perendaman adsorben kedalam larutan aktivasi memegang peranan penting dalam proses aktivasi. Jika waktu yang dibutuhkan terlalu sebentar, dikhawatirkan bahan aktivator tidak akan terlepas sempurna dari adsorben sedangkan apabila terlalu lama melakukan perendaman maka struktur adsorben yang terkandung didalamnya akan rusak.

Berdasarkan hasil kapasitas yang dijelaskan pada tabel 4.6 dan pada gambar 4.36 menunjukkan bahwa nilai kapasitas adsorpsi pada adsorben serbuk gergaji kayu jati dalam penyerapan kandungan limbah artifisial timbal (Pb) oleh reaktor A memiliki rata-rata kapasitas adsorpsi sebesar 0,597 mg/g dengan estimasi kapasitas adsorpsi pada reaktor A berkisar antara 0,3 – 1,055 mg/g, Sedangkan nilai kapasitas adsorpsi pada adsorben serbuk gergaji kayu jati dalam pengurangan konsentrasi limbah artifisial timbal (Pb) oleh reaktor B memiliki rata-rata kapasitas adsorpsi sebesar 0,802 mg/g dengan estimasi kapasitas adsorpsi berkisar antara 0,358 – 1,745 mg/g. Dari hasil tersebut dapat dijelaskan bahwa pengaruh massa adsorben terhadap kapasitas adsorpsi limbah logam berat timbal yaitu semakin besar pemberian massa adsorben maka kapasitas adsorpsi akan semakin menurun. Menurut Reyra, dkk (2017) mengatakan bahwa penurunan kapasitas adsorpsi disebabkan oleh adanya sisi aktif pada permukaan adsorben yang belum semuanya berikatan dengan adsorbat yang diserap. Kemudian untuk bahwa pengaruh pemberian aktivasi pada adsorben terhadap kapasitas adsorpsi limbah logam berat

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

timbal yaitu meningkatnya nilai kapasitas adsorpsi yang dipengaruhi oleh penggunaan aktivasi pada adsorben hal ini berdasarkan data penelitian yang menunjukan adsorben dengan pemberian aktivasi memiliki nilai kapasitas adsorpsi lebih besar daripada adsorben tanpa pemberian aktivasi hal ini menunjukan bahwa pengaruh pemberian aktivasi dapat meningkatkan pori – pori pada permukaan adsorben yang digunakan untuk mengikat adsorbat dalam proses adsorpsi.

Berdasarkan hasil penelitian diatas dapat dijelaskan bahwa kemampuan adsorben dari limbah serbuk gergaji kayu jati dalam mengurangi kandungan logam berat timbal (Pb) pada air limbah menggunakan sistem batch dengan variasi penambahan massa adsorben dan variasi metode aktivasi yaitu adsorben dari limbah serbuk gergaji kayu jati dapat mengurangi kandungan logam berat timbal (Pb) hingga mencapai 94,15 % dengan nilai kapasitas adsorpsi mencapai 1,745 mg/g.

IV.7 Model Isoterm Adsorpsi

Model isoterm adsorpsi merupakan sebuah persamaan ketimbangan dalam proses adsorpsi yang berfungsi untuk mempelajari mekanisme adsorpsi dalam fase cair-padat pada umumnya mengikuti tipe isoterm Model Langmuir dan Model Freundlich (Halimah, 2016).

Tujuan penggunaan kesetimbangan model persamaan adsorpsi isoterm Freundlich dan Langmuir adalah untuk mendapatkan persamaan kesetimbangan pada proses adsorpsi yang dapat digunakan untuk mengetahui seberapa besar massa adsorbat yang dapat di adsorpsi oleh adsorben. persamaan isoterm yang akan digunakan dalam penentuan konstanta kapasitas adsorpsi adsorben terhadap kandungan logam berat timbal (Pb), maka dapat dilakukan perhitungan dan pemasukan data dengan menggunakan masing-

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

masing persamaan isoterm adsorpsi. Kemudian akan dipilih persamaan yang akan menghasilkan garis regresi yang paling linear dengan nilai konstanta regresi linear (R^2) yang terbesar atau yang mendekati nilai 1 (Arif, 2014).

Pada penelitian ini untuk penentuan model isoterm adsorpsi yang sesuai pada proses adsorpsi yang dilakukan oleh adsorben serbuk gergaji kayu jati dalam mengurangi kandungan logam berat timbal (Pb) dijelaskan berdasarkan masing – masing model isoterm adsorpsi yang digunakan dalam penelitian yaitu model isoterm adsorpsi langmuir dan model isoterm adsorpsi freundlich yang dijelaskan pada subbab berikut

IV.7.1 Model Isoterm Adsorpsi Langmuir

Pada penentuan persamaan model isoterm adsorpsi langmuir berdasarkan dari pengolahan data dari data nilai konsentrasi akhir limbah yang dinyatakan sebagai nilai C dan data nilai kapasitas adsorpsi yang dinyatakan sebagai nilai qe. Penentuan isoterm adsorpsi pada adsorben serbuk gergaji kayu jati dengan konsentrasi awal masing – masing variasi pemberian massa adsorben dan variasi metode aktivasi adsorben yang dijelaskan pada tabel 4.7 berikut ini

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 4.7 Data Tabel Hasil Pengaruh Variasi Pemberian Massa Dan Variasi Metode Aktivasi Pada Adsorben Serbuk Gergaji Kayu Jati Berdasarkan Model Isoterm Adsorpsi Langmuir

Sampel (g)	Nilai C0 (Mg/L)	Nilai C0 – C (Mg/L)	Nilai C (Mg/L)	Nilai qe (Mg/g)	Nilai C/qe (g/L)
Variasi Pemberian Aktivasi NaOH 2%					
Massa Adsorben 1 gr	2,360	1,745	0,615	1,745	0,352
Massa Adsorben 2 gr	2,360	1,745	0,615	0,873	0,705
Massa Adsorben 3 gr	2,360	1,660	0,700	0,553	1,265
Massa Adsorben 4 gr	2,360	1,915	0,445	0,479	0,930
Massa Adsorben 5 gr	2,360	1,790	0,570	0,358	1,592
Variasi Tanpa Pemberian Aktivasi NaOH 2%					
Massa Adsorben 1 gr	1,625	1,055	0,570	1,055	0,540
Massa Adsorben 2 gr	1,625	1,480	0,145	0,740	0,196
Massa Adsorben 3 gr	1,625	1,515	0,110	0,505	0,218
Massa Adsorben 4 gr	1,625	1,530	0,095	0,383	0,248
Massa Adsorben 5 gr	1,625	1,500	0,125	0,300	0,417

Sumber : Data Primer

Keterangan :

C0 = Konsentrasi Awal Limbah (influen)

C0 – C = Konsentrasi Limbah yang Terserap

C = Konsentrasi Akhir Limbah

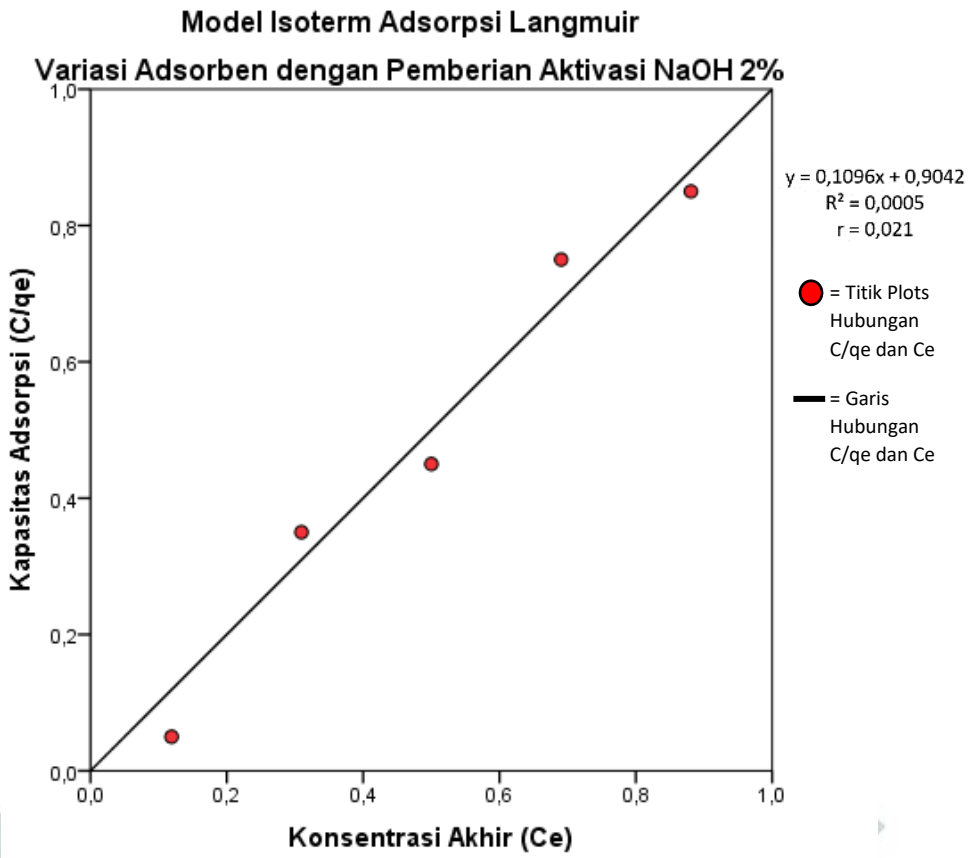
qe = Nilai Kapasitas Adsorpsi

Berdasarkan tabel 4.7 maka diperoleh grafik uji regresi linear sederhana yang berasal dari kurva grafik persamaan model isoterm adsorpsi langmuir yang terdapat pada gambar 2.3 yang dimana merupakan kurva hubungan dari sumbu x berasal dari nilai C (nilai konsentrasi akhir

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

limbah timbal) yang dipengaruhi oleh nilai C/qe yang terdapat pada sumbu y untuk menghasilkan garis regresi linear sederhana yang dimana dari nilai regresi tersebut untuk menentukan permodelan yang sesuai pada adsorben serta menentukan nilai konstanta kapasitas adsorpsi maksimum dari adsorben serbuk gergaji kayu jati pada masing – masing model isoterm adsorpsi. Hasil pembuatan grafik uji regresi linear sederhana berdasarkan analisis data yang telah ada dilampirkan pada laporan penelitian ini pada lampiran 3 dan lampiran 4, sedangkan untuk hasil grafik uji regresi linear sederhana berdasarkan model isoterm langmuir untuk variasi adsorben dengan pemberian aktivasi dijelaskan pada gambar 4.37 sedangkan untuk grafik uji regresi linear sederhana berdasarkan model isoterm langmuir untuk variasi adsorben tanpa pemberian aktivasi dijelaskan pada gambar 4.38 yang dijelaskan berikut ini

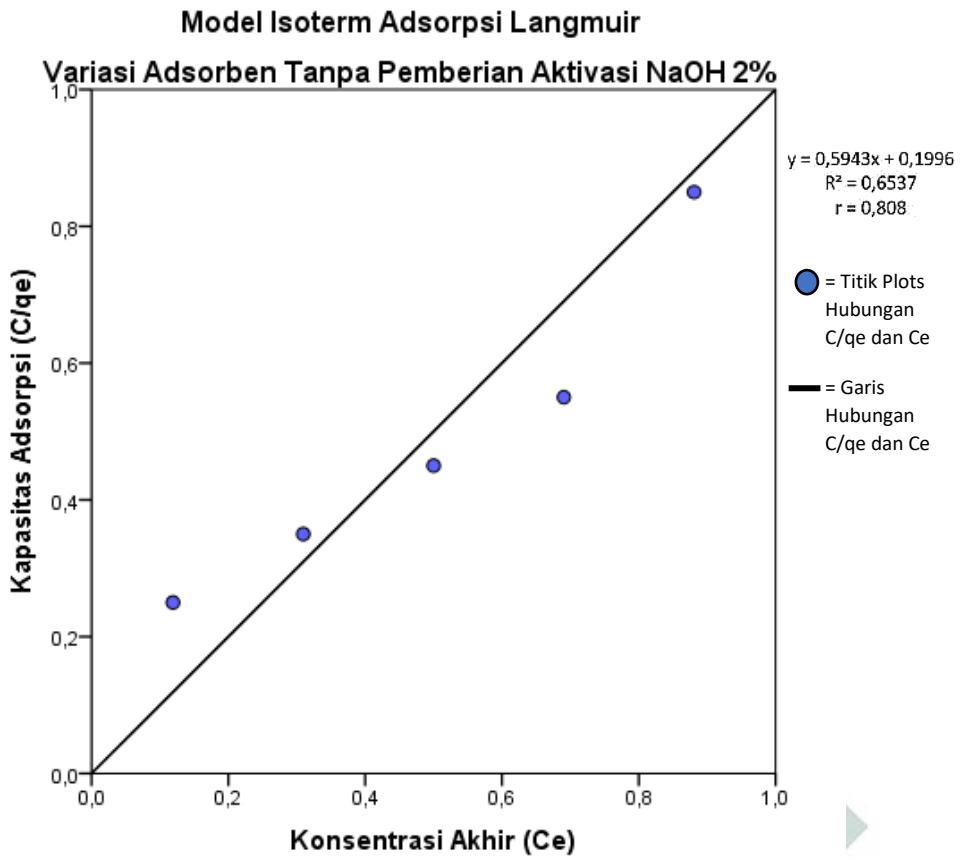
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 4.37 Kurva Grafik Model Isoterm Adsorpsi Langmuir Pada Adsorben Dengan Pemberian Aktivasi

(Sumber : *Data Primer*)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 4.38 Kurva Grafik Model Isoterm Adsorpsi Langmuir Pada Adsorben Tanpa Pemberian Aktivasi (Sumber : *Data Primer*)

Berdasarkan gambar 4.37 dan gambar 4.38 tentang kurva grafik uji regresi linear sederhana berdasarkan model isoterm langmuir untuk variasi adsorben dengan pemberian aktivasi dan untuk variasi adsorben tanpa pemberian aktivasi dari hasil tersebut menunjukan persamaan pada model isoterm adsorpsi langmuir memiliki nilai konstanta regresi linear (R^2) tertinggi pada angka 0,6537 pada variasi adsorben tanpa pemberian aktivasi. Nilai konstanta regresi linear (R^2) sebesar 0,6537 tersebut selanjutnya dilakukan perhitungan nilai konstanta kesetimbangan adsorpsi maksimum yang dinyatakan sebagai nilai b yang berasal dari persamaan garis regresi berdasarkan rumus 3.3 yang hasil perhitungan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

tersebut telah dilampirkan pada laporan penelitian ini pada lampiran 5.

Berdasarkan hasil perhitungan persamaan model isoterm adsorpsi langmuir yang telah dijelaskan dan dilampirkan pada laporan telah mendapatkan hasil berupa nilai konstanta kapasitas adsorpsi maksimum sebesar 1,6827 mg/g, sedangkan untuk nilai konstanta kesetimbangan adsorpsi langmuir sebesar 8,4301 L/mg.

Permodelan Isotherm Adsorpsi Langmuir pada dasarnya terjadi interaksi mekanisme adsorpsi secara kimia. Adsorpsi kimia merupakan mekanisme adsorpsi yang melalui proses interaksi yang lebih kuat antara adsorben dan adsorbat atau partikel terjerap yang menyebabkan adsorbat tidak bebas bergerak dari satu bagian ke bagian yang lain (Parker, 1993 dalam Siregar, 2019).

IV.7.2 Model Isoterm Adsorpsi Freundlich

Pada penentuan persamaan model isoterm adsorpsi freundlich berdasarkan dari pengolahan data dari nilai log data konsentrasi akhir limbah yang dinyatakan sebagai nilai Log Ce dan nilai log data kapasitas adsorpsi yang dinyatakan sebagai nilai Log qe. Penentuan isoterm adsorpsi pada adsorben serbuk gergaji kayu jati dengan konsentrasi awal masing – masing variasi pemberian massa adsorben dan variasi metode aktivasi adsorben yang dijelaskan pada tabel 4.8 berikut ini

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Tabel 4.8 Data Tabel Hasil Pengaruh Variasi Pemberian Massa Dan Variasi Metode Aktivasi Pada Adsorben Serbuk Gergaji Kayu Jati Berdasarkan Model Isoterm Adsorpsi Freundlich

Sampel (g)	Nilai C0 (Mg/L)	Nilai C0 – C (Mg/L)	Nilai C (Mg/L)	Nilai qe (Mg/g)	Nilai C/qe (g/L)	Sampel (g)
Variasi Pemberian Aktivasi NaOH 2%						
Massa Adsorben 1 gr	2,360	1,745	0,615	1,745	-0,211	0,242
Massa Adsorben 2 gr	2,360	1,745	0,615	0,873	-0,211	-0,059
Massa Adsorben 3 gr	2,360	1,660	0,700	0,553	-0,155	-0,257
Massa Adsorben 4 gr	2,360	1,915	0,445	0,479	-0,352	-0,320
Massa Adsorben 5 gr	2,360	1,790	0,570	0,358	-0,244	-0,446
Variasi Tanpa Pemberian Aktivasi NaOH 2%						
Massa Adsorben 1 gr	1,625	1,055	0,570	1,055	-0,244	0,023
Massa Adsorben 2 gr	1,625	1,480	0,145	0,740	-0,839	-0,131
Massa Adsorben 3 gr	1,625	1,515	0,110	0,505	-0,959	-0,297
Massa Adsorben 4 gr	1,625	1,530	0,095	0,383	-1,022	-0,417
Massa Adsorben 5 gr	1,625	1,500	0,125	0,300	-0,903	-0,523

Sumber : Data Primer

Keterangan :

C0 = Konsentrasi Awal Limbah (influen)

C0 – C = Konsentrasi Limbah yang Terserap

C = Konsentrasi Akhir Limbah

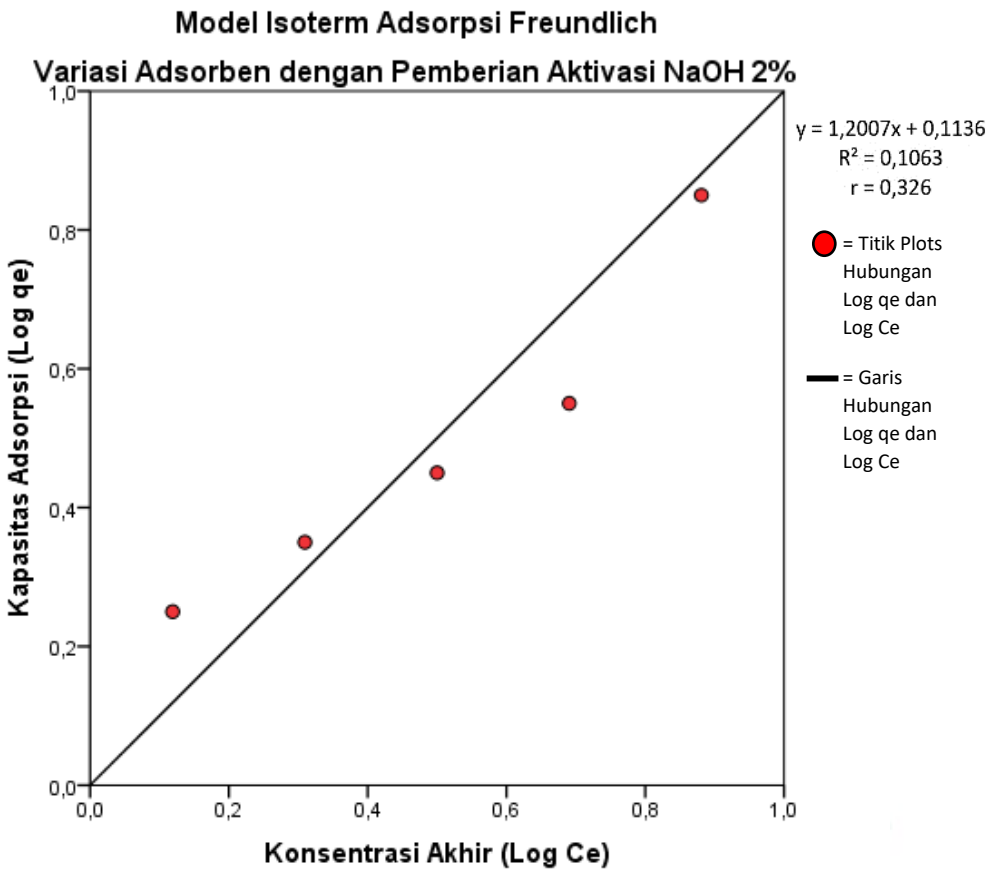
qe = Nilai Kapasitas Adsorpsi

Berdasarkan tabel 4.8 maka diperoleh grafik uji regresi linear sederhana yang berasal dari kurva grafik persamaan model isoterm adsorpsi freundlich yang terdapat pada gambar 2.4 yang dimana merupakan kurva hubungan dari sumbu x berasal dari nilai Log ce (nilai konsentrasi akhir

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

limbah timbal) yang dipengaruhi oleh nilai Log qe (Kapasitas Adsorpsi) yang terdapat pada sumbu y untuk menghasilkan garis regresi linear sederhana yang dimana dari nilai regresi tersebut untuk menentukan permodelan yang sesuai pada adsorben serta menentukan nilai konstanta kapasitas adsorpsi maksimum dari adsorben serbuk gergaji kayu jati pada masing – masing model isoterm adsorpsi. Hasil pembuatan grafik uji regresi linear sederhana berdasarkan analisis data yang telah ada dilampirkan pada laporan penelitian ini pada lampiran 3 dan lampiran 4, sedangkan untuk hasil grafik uji regresi linear sederhana berdasarkan model isoterm freundlich untuk variasi adsorben dengan pemberian aktivasi dijelaskan pada gambar 4.39 sedangkan untuk grafik uji regresi linear sederhana berdasarkan model isoterm freundlich untuk variasi adsorben tanpa pemberian aktivasi dijelaskan pada gambar 4.40 yang dijelaskan berikut ini

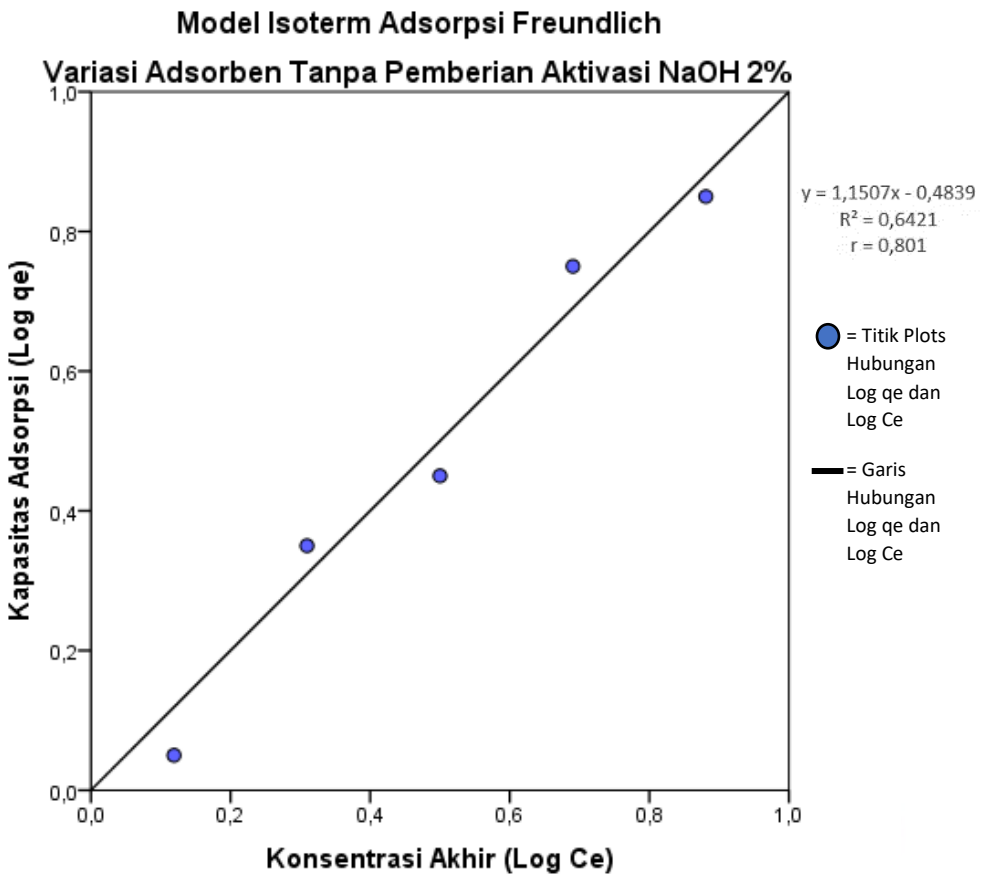
digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 4.39 Kurva Grafik Model Isoterm Adsorpsi Freundlich Pada Adsorben Dengan Pemberian Aktivasi

(Sumber : *Data Primer*)

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 4.40 Kurva Grafik Model Isoterm Adsorpsi Freundlich Pada Adsorben Tanpa Pemberian Aktivasi (Sumber : *Data Primer*)

Berdasarkan gambar 4.39 dan gambar 4.40 tentang kurva grafik uji regresi linear sederhana berdasarkan model isoterm langmuir untuk variasi adsorben dengan pemberian aktivasi dan untuk variasi adsorben tanpa pemberian aktivasi dari hasil tersebut menunjukan persamaan pada model isoterm adsorpsi langmuir memiliki nilai konstanta regresi linear (R^2) tertinggi pada angka 0,6421 pada variasi adsorben tanpa pemberian aktivasi. Nilai konstanta regresi linear (R^2) sebesar 0,6421 tersebut selanjutnya dilakukan perhitungan nilai konstanta kesetimbangan adsorpsi maksimum yang dinyatakan sebagai nilai Kf yang berasal dari persamaan garis regresi berdasarkan rumus 3.4 yang hasil perhitungan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

tersebut telah dilampirkan pada laporan penelitian ini pada lampiran 6.

Berdasarkan hasil perhitungan persamaan model isoterm adsorpsi langmuir yang telah dijelaskan dan dilampirkan pada laporan telah mendapatkan hasil berupa nilai n (konstanta faktor intensitas freundlich) sebesar 0,8690 sedangkan untuk nilai Kf (konstanta kapasitas adsorpsi maksimum freundlich) sebesar 0,3282 mg/g,. Hasil dari perhitungan diatas menunjukan bahwa berdasarkan permodelan isoterm adsorpsi freundlich mengatakan bahwa adsorben serbuk dalam melakukan proses adsorpsi melalui proses mekanisme fisik yang dikenal sebagai gaya van der waals. Hal ini dapat dilihat dari nilai n pada penelitian ini lebih kecil dari 1 (satu) dan diasumsikan bahwa adsorben menghasilkan energi adsorpsi yang kecil.

Menurut Sulfikar dan Ramlawati (2015) mengatakan bahwa Permodelan Isotherm Adsorpsi Freundlich mengasumsikan bahwa proses adsorpsi yang terjadi secara fisik. Pada proses adsorpsi secara fisik memiliki arti bahwa proses penyerapan adsorbat terjadi pada permukaan adsorben akibat adanya ikatan gaya Van Der Waals, gaya tersebut merupakan proses tarik menarik yang memiliki daya ikat lemah antara adsorbat dengan permukaan adsorben. Adsorpsi secara fisik memiliki ikatan yang tidak kuat antara adsorbat pada permukaan adsorben yang menyebabkan adsorbat dapat bergerak bebas dari suatu bagian permukaan ke permukaan adsorben lainnya, kemudian untuk permukaan adsorben yang ditinggalkan dapat digantikan oleh adsorbat yang lainnya.

Menurut Siregar (2019) mengatakan bahwa nilai intensitas adsorpsi (n) berada diantara 0 sampai 10. Pada

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

nilai intensitas adsorpsi (n) apabila lebih besar dari 1 (satu), maka proses adsorpsi berlangsung dengan mekanisme kimia, dan apabila nilai intensitas adsorpsi (n) lebih kecil dari 1 (satu), maka proses adsorpsi berlangsung melalui proses mekanisme fisik.

IV.7.3 Penentuan Persamaan Model Isoterm Adsorpsi

Pada hasil dari permodelan isoterm adsorpsi yang dijelaskan pada subbab IV.7.1 dan IV.7.2 menghasilkan data perbandingan hasil dari masing – masing permodelan isoterm adsorpsi yang tercantum pada tabel 4.9

Tabel 4.9 Persamaan Regresi dan Nilai Konstanta Pemodelan Isoterm Adsorpsi

Variasi Adsorben	Model Isoterm Adsorpsi							
	Model Langmuir				Model Freundlich			
	Persamaan Regresi	Nilai α	Nilai b	Nilai R^2	Persamaan Regresi	Nilai n	Nilai Kf	Nilai R^2
Adsorpsi Limbah Artifisial Timbal (Pb)								
Variasi Adsorben Dengan pemberian Aktivasi NaOH 2%	y = 0,1096x + 0,9042	9,124	10,091	0,0005	y = 1,2007x + 0,1136	0,833	1,298	0,1063
Variasi Adsorben Tanpa Pemberian Aktivasi NaOH 2%	y = 0,5943x + 0,1996	1,683	8,430	0,6537	y = 1,1507x - 0,4839	0,869	0,328	0,6421

Sumber : Data Primer

Berdasarkan tabel 4.9 diatas mendapatkan hasil bahwa variasi adsorben tanpa pemberian aktivasi NaOH 2% untuk penyisihan limbah artifisial logam berat timbal (Pb) pada kurva pola permodelan isotherm adsorpsi Langmuir diperoleh persamaan dengan garis linear regresi y = 0,5943x + 0,1996 dengan nilai R^2 sebesar 0,6537. Hasil nilai R^2

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

sebesar 0,6537 merupakan nilai regresi yang paling mendekati konstanta nilai regresi sebesar 1 sehingga dapat diasumsikan bahwa persamaan model isoterm adsorpsi langmuir yang paling sesuai untuk adsorben serbuk gergaji kayu jati sehingga bisa diasumsikan bahwa proses adsorpsi pada adsorben serbuk gergaji kayu jati yang terjadi yaitu adsorpsi kimia dengan proses adsorpsi terjadi pada permukaan adsorben sehingga molekul senyawa limbah logam berat timbal (Pb) sudah dapat teradsorpsi semua hanya dengan membentuk satu lapisan (*monolayer*) di permukaan adsorben serbuk gergaji kayu jati dan proses mekanisme adsorpsi yang terjadi pada interaksi adsorben dengan adsorben berlangsung secara proses adsorpsi kimia

Menurut Siregar (2019) mengatakan bahwa persamaan model isoterm langmuir diasumsikan mempunyai permukaan yang homogen dan hanya dapat mengadsorpsi satu molekul adsorbat untuk setiap molekul adsorbennya dan terbentuk satu lapisan tunggal (monolayer) saat adsorpsi maksimum.

Adsorpsi dengan satu lapisan (*monolayer*) dapat terjadi karena empat ikatan kimia biasanya bersifat spesifik, sehingga permukaan adsorben dapat dengan mudah mengikat adsorbat melalui ikatan kimia (Halimah, 2016).

Permodelan Isotherm Adsorpsi Langmuir pada dasarnya terjadi interaksi mekanisme adsorpsi secara kimia. Adsorpsi kimia merupakan mekanisme adsorpsi yang melalui proses interaksi yang lebih kuat antara adsorben dan adsorbat atau partikel terjerap yang menyebabkan adsorbat tidak bebas bergerak dari satu bagian ke bagian yang lain (Parker, 1993 dalam Siregar, 2019).

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Berdasarkan hasil penentuan persamaan model isoterm adsorpsi menggunakan adsorben serbuk gergaji kayu jati yang mendapatkan hasil permodelan adsorpsi langmuir dengan asumsi proses mekanisme adsorpsi yang terjadi pada interaksi adsorben dengan adsorben berlangsung pada proses adsorpsi kimia untuk membuktikan asumsi tersebut maka akan dilakukan perhitungan energi ikatan kimia ketika proses adsorpsi berlangsung beserta mekanisme reaksi kimia pada proses kimia yang akan dijelaskan pada subbab IV.8 berikut ini.

IV.8 Mekanisme Adsorpsi Senyawa Logam Berat Timbal dengan Adsorben Serbuk Gergaji Kayu Jati

Adsorben merupakan padatan zat penjerap yang memiliki kemampuan dalam menyerap adsorbat ataupun suatu senyawa pada bagian permukaan adsorben. Adsobat yang diserap oleh adsorben dapat berupa senyawa organik, zat warna, serta ion logam pada sebuah larutan (Dehghani, *et.al*.,2016). Serbuk kayu merupakan hasil sisa dari proses penggergajian kayu dari industri ataupun usaha. Selama ini limbah serbuk kayu menimbulkan banyak masalah dikarenakan dibiarkan membusuk, ditumpuk dan dibakar yang berasal dari penanggulangan yang buruk dan berdampak terhadap lingkungan sehingga penanggulangannya perlu dipikirkan (Siregar, 2019). Adsorben yang digunakan dalam penelitian ini yaitu serbuk gergaji dari kayu jati. Adsorben serbuk gergaji kayu jati memiliki keunggulan salah satunya merupakan jenis biosorben dikarenakan adsorben serbuk gergaji kayu jati hanya membutuhkan sedikit pengolahan dalam proses pembuatannya, serta berasal dari produk sampingan atau limbah industri.

Menurut Utama (2015) mengatakan biosorben merupakan materi adsorben yang digunakan pada proses adsorpsi. Biosorben kategori murah merupakan biosorben yang hanya butuh sedikit

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

pengolahan dalam pembuatannya, melimpah di alam atau kandungannya merupakan produk sampingan atau limbah industri.

Serbuk kayu jati memiliki komposisi yang sama dengan kayu jati. Unsur-unsur penyusun kayu jati yang terkandung dalam sejumlah senyawa organik seperti selulosa, hemiselulosa dan lignin (Mutmainnah, 2017). Menurut Erawati dan Helmy (2018) mengatakan bahwa komposisi serbuk kayu jati mengandung selulosa 40,26-43,12%; hemiselulosa 27,07-31,97%, holoselulosa 70,19-72,24%; dan lignin 24,74-28,07%.

Menurut Jin, *et.al*. (2015) mengatakan bahwa selulosa $(C_6H_{10}O_5)_n$ merupakan gugus polimer organik yang memiliki polimer berantai panjang polisakarida karbohidrat dari glukosa seperti yang dijelaskan pada gambar 2.5. Kandungan selulosa dapat ditemukan pada kayu, jerami, rumput – rumputan, limbah pertanian/kehutanan, dan limbah industri kayu.

Pada penelitian ini terdapat variasi metode aktivasi yang dimana pada pembuatan adsorben dilakukan sebanyak 2 jenis yaitu adsorben dengan penambahan proses aktivasi dan adsorben tanpa penambahan proses aktivasi. Pada penelitian ini aktivator yang digunakan yaitu natrium hidroksida (NaOH)

Proses adsorpsi dari adsorben dapat ditingkatkan dengan proses aktivasi. Aktivasi bertujuan untuk melarutkan beberapa senyawa yang terkandung pada adsorben dan juga fungsi dari proses aktivasi yaitu menambahkan gugus fungsi seperti –OH dan –COOH agar dapat lebih banyak menghilangkan logam yang akan diadsorpi oleh adsorben. (Fengel and Gerd, 1995)

Pada penelitian ini dalam proses aktivasi adsorben terjadi proses penambahan gugus fungsi -OH dan proses penghilangan senyawa lignin pada senyawa selulosa. Pada proses pemberian aktivator NaOH 2% yang dilakukan pada pembuatan adsorben

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

kedua telah terjadi peningkatan kadar air dan penurunan massa adsorben yang dikarenakan beberapa zat pengotor dan lignin yang pada serbuk gergaji kayu jati ini menghilang bersama larutan aktivator (NaOH). Proses penghilangan senyawa lignin telah dijelaskan berikut ini

Reaksi Penghilangan Senyawa Lignin dan Penambahan Gugus -OH pada Selulosa

$$R + Na^{+} + OH^{-} \rightarrow F\text{-}OH + K\text{-}Na + H_2$$

Tanda R merepresentasikan senyawa kompleks lignoselusa, sedangkan tanda F merepresentasikan senyawa selulosa ($(C_6H_{10}O_5)_n$) kemudian untuk tanda K merepresentasikan senyawa lignin. Pada proses aktivasi, senyawa lignin yang menempel pada permukaan adsorben diubah oleh aktivator NaOH yang menghasil ion Na^+ menjadi garam natrium fenolat (C_6H_5NaO) dan air sebagai produknya. Pada senyawa lignin tersebut akan larut bersama garam natrium fenolat dan air pada setelah proses aktivasi, sedangkan gugus -OH menempel pada adsorben yang mengandung senyawa selulosa ketika proses penyaringan hasil proses aktivasi.

Menurut Harni, dkk (2015) mengatakan bahwa penggunaan NaOH dapat menghilangkan lignin karena keberadaan kandungan lignin akan menurunkan proses adsorpsi. Hal ini karena keberadaan lignin akan menghalangi proses transfer ion, pada pengaktifan adsorben. Proses penghilangan senyawa lignin dalam kandungan selulosa disebut dengan proses delignifikasi yang dimana larutan NaOH juga dapat menyerang dan merusak struktur lignin serta memisahkan sebagian senyawa kompleks lignoselulosa dengan selulosa dan senyawa NaOH berfungsi untuk memutus ikatan kimia dari struktur senyawa lignin, sedangkan ion Na^+ akan mengikat dengan lignin membentuk senyawa natrium fenolat (C_6H_5NaO) yang dijelaskan pada gambar 4.19 yang merupakan proses

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

pemisahan senyawa lignoselulosa menjadi senyawa selulosa dan senyawa lignin.

Pada penelitian ini juga terdapat adsorben yang tanpa proses aktivasi adsorben tidak terjadi proses penambahan gugus fungsi -OH dan proses penghilangan senyawa lignin pada senyawa selulosa. Sehingga tidak terjadi proses reaksi kimia yang cukup signifikan karena tidak terdapat penambahan senyawa apapun, namun hanya terjadi penghilangan zat pengotor pada saat proses pencucian bahan baku adsorben dari limbah serbuk gergaji kayu jati.

Menurut Wahyuni (2014) mengatakan bahwa gugus aktif yang terkandung dalam adsorben serbuk gergaji kayu jati yang memiliki sifat polar yaitu gugus C-O dan gugus –OH. Pada gugus C-O dan –OH banyak memiliki elektron bebas yang berfungsi menjerap ion logam Pb. Ion logam Pb pada dasarnya juga bersifat polar sehingga adsorben serbuk gergaji kayu jati dapat menjerap ion logam Pb secara maksimal karena adsorbat dan adsorben serbuk gergaji kayu jati masing - masing bersifat polar.

Pada penelitian ini adsorben dari limbah serbuk gergaji kayu jati terdapat variasi metode aktivasi yaitu variasi dengan menggunakan proses aktivasi larutan NaOH 2% dan variasi tanpa menggunakan proses aktivasi yang telah terjadi beberapa mekanisme proses adsorpsi yang telah terjadi pada penelitian ini antara lain

A. Mekanisme Adsorpsi Senyawa Timbal dalam Adsorben dengan Variasi Penambahan Aktivasi

Pada penelitian ini adsorben dari limbah serbuk gergaji kayu jati pada variasi menggunakan proses aktivasi dengan larutan NaOH 2% telah terjadi beberapa mekanisme proses adsorpsi yang telah terjadi pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Reaksi Pengikatan Senyawa Timbal dengan Adsorben

1. $2R - COH + Pb^{2+} + 2NO_3^- \leftrightarrow 2R - CO - Pb + 2H^+ + 2NO_3^-$

2. $2R - OH + Pb^{2+} + 2NO_3^- \leftrightarrow 2R - O - Pb + 2H^+ + 2NO_3^-$

3. $R - COOH + Pb^{2+} \leftrightarrow R - COO^- - Pb^{2+} + H^+ + NO_3^-$

Tanda R merepresentasikan permukaan adsorben serbuk gergaji kayu jati yang mengandung senyawa selulosa ($(C_6H_{10}O_5)_n$) Mekanisme adsorpsi pada adsorben dengan variasi penambahan aktivasi yaitu ketika proses aktivasi adsorben terdapat penambahan gugus fungsi -OH yang berfungsi mengikat senyawa Pb^{2+} pada limbah artifisial timbal yaitu timbal (II) nitrat ($Pb(NO_3)_2$) yang dimana senyawa selulosa yang terkandung didalam adsorben serbuk gergaji kayu jati yang awalnya telah memiliki gugus -OH didalamnya dilakukan proses aktivasi dengan tujuan untuk menambahkan gugus -OH didalam adsorben agar dapat maksimal dalam menyerap senyawa timbal yang terdapat pada limbah artifisial. Pada adsorben serbuk gergaji kayu jati umumnya memiliki kandungan gugus fungsional yaitu gugus -COH yang termasuk kedalam gugus karbonil dan gugus -COOH yang termasuk kedalam gugus karboksil yang berasal dari senyawa kompleks lignoselulosa, sehingga penambahan gugus -OH yang termasuk kedalam gugus hidroksil berfungsi membantu proses penyerapan logam berat timbal pada penelitian ini yang berikatan kedalam senyawa selulosa akibat dari proses delignifikasi. Proses aktivasi adsorben dengan larutan NaOH selain untuk menambahkan gugus fungsi tertentu pada adsorben, larutan NaOH juga dapat memisahkan senyawa lignin dalam kandungan selulosa disebut dengan proses delignifikasi yang dimana ketika senyawa lignin tersebut menghilang pada kandungan adsorben maka akan memaksimalkan pori – pori permukaan adsorben atau bisa dikatakan memaksimalkan rantai ikatan kimia pada senyawa

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

selulosa dalam menyerap logam berat timbal (Pb). Pada proses mekanisme adsorpsi logam timbal diatas dimana limbah artifisial timbal yang digunakan yaitu timbal nitrat ($Pb(NO_3)_2$) yang dimana interaksi antara gugus -OH dengan ion logam timbal juga dengan mekanisme pembentukan kompleks koordinasi antara 2 rantai masing – masing atom O yang bertindak sebagai anion mengikat senyawa Pb^{2+} sebagai kation pada gugus -OH,sedangkan untuk rantai atom H berikatan dengan senyawa nitrat (NO_3^-) membentuk asam nitrat yang larut bersama sisa senyawa logam timbal. Pada interaksi antara gugus -COH dengan ion logam timbal juga dengan mekanisme pembentukan kompleks koordinasi antara 2 rantai atom O dan atom C yang bertindak sebagai anion mengikat senyawa Pb^{2+} sebagai kation pada masing – masing gugus -COH, sedangkan interaksi gugus -COOH dengan ion logam timbal juga dengan mekanisme pembentukan kompleks koordinasi antara 2 rantai atom O dan 1 rantai atom C yang bertindak sebagai anion mengikat senyawa Pb^{2+} sebagai kation pada gugus -COOH. Pada rantai atom H yang terlepas pada gugus masing – masing gugus -COH dan -COOH melakukan ikatan kimia dengan senyawa nitrat (NO_3^-) yang tidak bisa terserap oleh adsorben yang membuat sampel larutan tersebut dalam kondisi asam dan semua dari sampel tersebut merupakan hasil produk dari sampel outlet hasil pengolahan proses adsorpsi. Hasil produk sampel yang menghasilkan asam nitrat (HNO_3) juga bisa dijadikan salah satu senyawa untuk proses pengawetan sampel limbah logam berat pada penelitian ini yang sesuai dengan SNI 6989.57:2008. Mekanisme adsorpsi yang terjadi antara senyawa selulosa dengan senyawa logam berat timbal (Pb) dengan perhitungan energi yang dilepaskan pada masing – masing ketika proses adsorpsi berlangsung sebagai berikut

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Reaksi Pengikatan Senyawa Timbal dengan Selulosa pada Adsorben

$2(C_6H_{10}O_5)_n - OH + Pb^{2+} + 2NO_3^- \leftrightarrow 2C_6H_{10}O_5 - (OPb_2)_n + 2H^+ + 2NO_3^- + 2H_2O$

Pada reaksi diatas menghasilkan energi entalpi yang berasal dari mekanisme reaksi dari reaktan yang menghasilkan produk berupa senyawa diatas, pada proses mekanisme reaksi diatas menghasilkan ikatan kimia diantaranya O-Pb, C=O, O-H, C-H, dan N-O kemudian dilakukan perhitungan energi dari ikatan kimia tersebut pada hasil perhitungan energi tersebut telah dilampirkan pada laporan penelitian ini pada lampiran 7

Berdasarkan hasil perhitungan energi entalpi yang dihasilkan dari mekanisme proses adsorpsi dengan adsorben serbuk gergaji kayu jati yang telah dilampirkan pada laporan yang mendapatkan hasil – 1.803,2 kJ/mol sehingga bisa diasumsikan bahwa mekanisme reaksi kimia pada proses adsorpsi berlangsung secara spontan atau dapat dikatakan bahwa reaksi berlangsung secara kimiawi tanpa bantuan atau pengaruh dari luar sistem reaksi diantaranya temperatur dan tekanan. Menurut Smith, *et.al.* (2005) mengatakan bahwa apabila nilai energi entalpi (ΔH) bernilai negatif maka reaksi kimia tersebut berlangsung secara spontan artinya adalah reaksi akan berlangsung ke arah produk yang tanpa dipengaruhi oleh luar sistem reaksi (temperatur dan tekanan), Sebaliknya ketika nilai energi entalpi (ΔH) bernilai positif maka reaksi kimia tersebut berlangsung secara tidak spontan artinya reaksi akan berlangsung ke arah reaktan yang dipengaruhi oleh luar sistem reaksi (temperatur dan tekanan).

B. Mekanisme Adsorpsi Senyawa Timbal dalam Adsorben dengan Variasi Tanpa Penambahan Aktivasi

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Pada penelitian ini adsorben dari limbah serbuk gergaji kayu jati pada variasi juga salah satunya tanpa menggunakan proses aktivasi dengan larutan NaOH 2% telah terjadi beberapa mekanisme proses adsorpsi yang telah terjadi pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

Reaksi Pengikatan Senyawa Timbal dengan Adsorben

1. $2R - COH + Pb^{2+} + 2NO_3^- \leftrightarrow 2R - CO - Pb + 2H^+ + 2NO_3^-$
2. $R - COOH + Pb^{2+} \leftrightarrow R - COO^- - Pb^{2+} + H^+ + NO_3^-$

Tanda R merepresentasikan permukaan adsorben serbuk gergaji kayu jati yang mengandung senyawa selulosa ($(C_6H_{10}O_5)_n$) Mekanisme adsorpsi pada adsorben variasi tanpa variasi penambahan aktivasi yaitu ketika proses mekanisme pada adsorben serbuk gergaji kayu jati umumnya memiliki kandungan gugus fungsional yaitu gugus -COH yang termasuk kedalam gugus karbonil dan gugus -COOH yang termasuk kedalam gugus karboksil yang berasal dari senyawa kompleks lignoselulosa, sehingga proses mekanisme adsorpsi logam timbal diatas dimana limbah artifisial timbal yang digunakan yaitu timbal nitrat ($Pb(NO_3)_2$) yang dimana interaksi antara gugus -COH dengan ion logam timbal juga dengan mekanisme pembentukan kompleks koordinasi antara 2 rantai atom O dan atom C yang bertindak sebagai anion mengikat senyawa Pb^{2+} sebagai kation pada masing – masing gugus -COH sedangkan interaksi gugus -COOH dengan ion logam timbal juga dengan mekanisme pembentukan kompleks koordinasi antara 2 rantai atom O dan 1 rantai atom C yang bertindak sebagai anion mengikat senyawa Pb^{2+} sebagai kation pada gugus -COOH. Pada rantai atom H yang terlepas pada gugus masing – masing gugus -COH dan -COOH melakukan ikatan kimia dengan senyawa nitrat (NO_3^-) membentuk asam nitrat yang larut bersama sisa senyawa logam timbal yang tidak bisa terserap oleh adsorben

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

serta air yang membuat sampel larutan tersebut dalam kondisi asam dan semua dari sampel tersebut merupakan hasil produk dari sampel outlet hasil pengolahan proses adsorpsi. Hasil produk sampel yang menghasilkan asam nitrat (HNO_3) juga bisa dijadikan salah satu senyawa untuk proses pengawetan sampel limbah logam berat pada penelitian ini yang sesuai dengan SNI 6989.57:2008. Mekanisme adsorpsi yang terjadi antara senyawa selulosa dengan senyawa logam berat timbal (Pb) dengan perhitungan energi yang dilepaskan pada masing – masing ketika proses adsorpsi berlangsung sebagai berikut

<u>Reaksi Pengikatan Senyawa Timbal dengan Senyawa Selulosa Kompleks pada Adsorben</u>

$$2C_{15}H_{20}O_7(OCH_3)_n + Pb^{2+} + 2NO_3^- \leftrightarrow 2C_{15}H_{20}O_7 - (COPb)_2 + 2H^+ + 2NO_3^- + 2H_2O$$

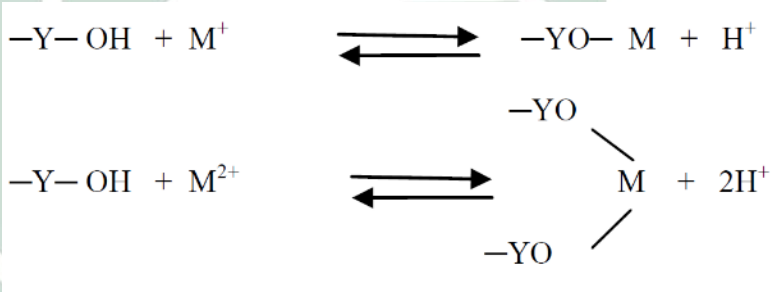
Pada reaksi diatas menghasilkan energi entalpi yang berasal dari mekanisme reaksi dari reaktan yang menghasilkan produk berupa senyawa diatas, pada proses mekanisme reaksi diatas menghasilkan ikatan kimia diantaranya O-Pb, C=O, O-H, C-H, dan N-O kemudian dilakukan perhitungan energi dari ikatan kimia tersebut pada hasil perhitungan energi tersebut telah dilampirkan pada laporan penelitian ini pada lampiran 7

Berdasarkan hasil perhitungan energi entalpi yang dihasilkan dari mekanisme proses adsorpsi dengan adsorben serbuk gergaji kayu jati yang telah dilampirkan pada laporan yang mendapatkan hasil – 1.820,8 kJ/mol sehingga bisa diasumsikan bahwa mekanisme reaksi kimia pada proses adsorpsi berlangsung secara spontan atau dapat dikatakan bahwa reaksi berlangsung secara kimiawi tanpa bantuan atau pengaruh dari temperatur dan tekanan. Menurut Smith, *et.al.* (2005) mengatakan bahwa apabila nilai energi entalpi (ΔH) bernilai negatif maka reaksi kimia tersebut berlangsung secara spontan

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

artinya adalah reaksi akan berlangsung ke arah produk yang tanpa dipengaruhi oleh luar sistem reaksi (temperatur dan tekanan), Sebaliknya ketika nilai energi entalpi (ΔH) bernilai positif maka reaksi kimia tersebut berlangsung secara tidak spontan artinya reaksi akan berlangsung ke arah reaktan yang dipengaruhi oleh luar sistem reaksi (temperatur dan tekanan).

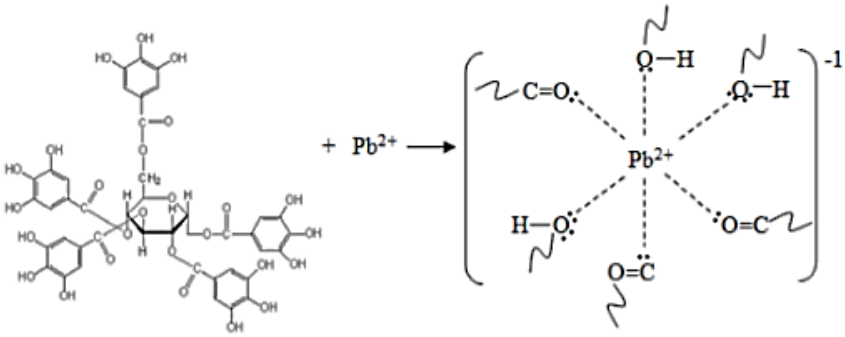
Menurut Harni, dkk (2015) mengatakan bahwa mekanisme adsorpsi yang terjadi antara gugus –OH yang terikat di permukaan adsorben mengikat ion logam berat yang bermuatan positif (kation) pada sisi aktif adsorben melalui proses pertukaran ion yang dijelaskan pada gambar 4.41 berikut ini



Gambar 4.41 Mekanisme Adsorpsi Logam Berat dengan Interaksi Gugus -OH
(Sumber : Harni, dkk. 2015)

Menurut Lestari (2010) mengatakan bahwa proses pembentukan senyawa kompleks antara Pb(II) dengan sisi aktif gugus C=O dan gugus -OH yang terdapat dalam adsorben bertindak sebagai donor pasangan elektron (basa Lewis) yang mengikat logam berat timbal (Pb) secara kovalen koordinasi dengan cara mendonorkan pasangan elektronnya kepada logam timbal sehingga peningkatan kadar Pb(II) yang teradsorpsi terjadi karena semakin banyak adsorben yang digunakan maka semakin banyak juga sisi aktif yang berupa gugus C=O dan gugus -OH yang terdapat dalam adsorben yang dijelaskan pada gambar 4.42 berikut ini.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id



Gambar 4.42 Mekanisme Adsorpsi Logam Berat Timbal dengan Sisi Aktif Adsorben (Gugus C=O dan Gugus -OH)
(Sumber : Lestari, 2010)

Menurut Maghfirana (2019) mengatakan bahwa proses interaksi yang terjadi antara adsorben dan ion logam berat sangat kompleks. mekanisme adsorpsi logam timbal (Pb) oleh karbon aktif yang mengontrol laju adsorpsi terbagi menjadi dua yaitu adsorpsi secara fisik dan adsorpsi secara kimiawi yang diawali dengan adanya proses pertukaran ion gugus –COOH menjadi –COO– sehingga terjadi pertukaran antara atom H dari gugus hidroksil larutan aktivator pada permukaan karbon aktif dengan ion timbal (Pb) mengalami pertukaran ion yang menyebabkan ion-ion timbal (Pb) melekat di permukaan bagian luar karbon aktif secara cepat dan sesaat yang dijelaskan rumus mekanisme interaksi kimia berikut ini.

<u>Mekanisme Proses Adsorpsi dengan Karbon Aktif</u>

$R - NH_2 + H^+ \leftrightarrow R - NH^{3+}$

$R - NH_2 + Pb^{2+} \leftrightarrow R - NH_2\text{-}Pb^{2+}$

$R - COOH \leftrightarrow R - COO^- + H^+$

$R - COO^- + Pb^{2+} \leftrightarrow R - COO^- - Pb^{2+}$

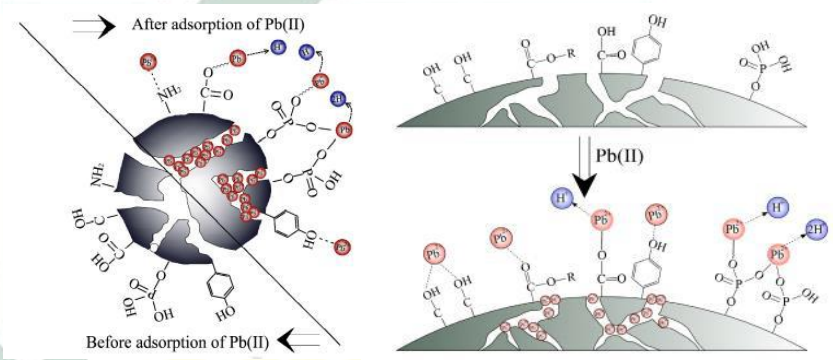
$R - COOH + Pb^{2+} \leftrightarrow R - COO^- - Pb^{2+} + H^+$

$2R - OH + Pb^{2+} \leftrightarrow (R - O -)_2 - Pb^{2+} + 2H^+$

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

$R - Na^{+} + Pb^{2+} \leftrightarrow R - Pb^{2+} + Na^{+}$

Dimana R merepresentasikan adsorben dengan gugus fungsi – NH_2,– COOH dan – OH menunjukkan kelompok permukaan adsorben yang terbentuk dari unsur C, H, O dan N, Sedangkan logam Pb^{2+} merupakan logam berat yang terkandung dalam air limbah yang digunakan dalam penelitian ini. Sedangkan Na^{+} merupakan logam alkali dari aktivator NaOH yang berada pada permukaan adsorben. Proses mekanisme adsorpsi limbah timbal dalam karbon aktif dijelaskan pada gambar 4.43 berikut ini



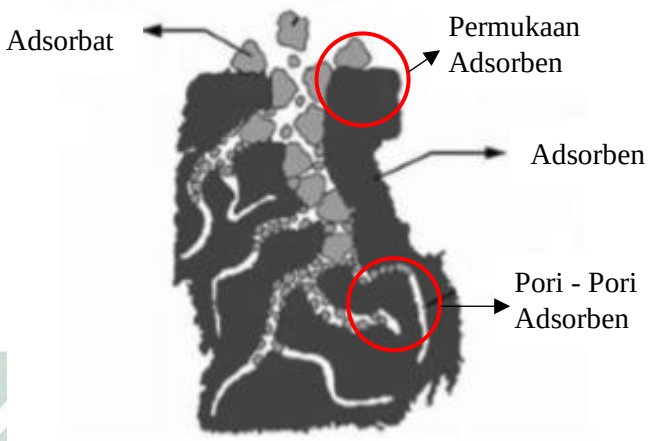
Gambar 4.43 Mekanisme Adsorpsi Limbah Timbal dalam Karbon Aktif

(Sumber : Huang *et al*., 2014 dalam Maghfirana, 2019)

Berdasarkan analisa mekanisme reaksi kimia dan mekanisme pengolahan logam berat menggambarkan bahwa adsorben dari limbah serbuk gergaji kayu jati dalam mengikat logam berat timbal terjadi pada permukaan padatan pengikat atau yang dikenal dengan adsorben sehingga proses pengikatan senyawa adsorbat logam berat timbal (Pb) dapat diasumsikan bahwa proses pengolahan logam berat timbal yang terjadi dengan proses adsorpsi yang dijelaskan pada gambar 4.43 dan 4.44, hal ini diperkuat dengan menurut Zaini dan Sami (2017) yang mengatakan bahwa proses sorpsi adalah proses penyerapan ion oleh partikel penyerap (sorban). Proses sorpsi dibedakan menjadi dua yaitu adsorpsi dan absorpsi. Proses adsorpsi jika ion tersebut tertahan dipermukaan partikel

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

penyerap (adsorban), sedangkan absorpsi jika proses pengikatan ini berlangsung sampai di dalam partikel penyerap (absorben).



Gambar 4.44 Proses Adsorpsi Logam Berat Pb(II) yang terjadi Pada Permukaan dan Pori-Pori Adsorben
(Sumber : Lestari, 2010)

IV.9 Hasil Penelitian dan Prespektif Islam

Adsorben serbuk gergaji kayu jati yang berdasarkan penelitian ini memiliki potensi dalam proses penyerapan ion logam timbal (Pb) dalam limbah cair artifisial timbal (Pb) yang berkisar antara 64,92 % - 94,15 %. Adsorben serbuk gergaji kayu jati dalam hal ini menunjukkan bahwa segala sesuatu yang diciptakan oleh Allah SWT di muka bumi ini memiliki manfaat bagi hambanya. Sebagaimana dijelaskan Q.S Shaad ayat 27 yang berbunyi : "*Dan kami tidak menciptakan langit dan bumi dan apa yang ada di antara keduanya tanpa hikmah. Yang demikian itu adalah anggapan orang-orang kafir; maka celakalah orang-orang kafir itu, karena mereka akan masuk neraka*".

Berdasarkan tafsir kontemporer Q.S Shaad ayat 27 mengatakan bahwa ayat tersebut menjelaskan bahwasannya Allah tidak menciptakan langit dan bumi dan apa yang ada diantara keduanya dengan tanpa terdapat hikmah didalamnya. Segala sesuatu yang diciptakan oleh Allah SWT banyak memiliki manfaat yang

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

dapat digunakan oleh manusia, termasuk juga limbah masih bisa dimanfaatkan selagi manusia masih mau berfikir sebagai contohnya yaitu pemanfaatan limbah dari serbuk gergaji kayu jati dari industri meubel kayu yang dapat dimanfaatkan sebagai adsorben untuk mengurangi kadar timbal (Pb) dalam limbah cair.

Pemanfaatan limbah serbuk gergaji kayu jati tersebut tidak lepas sebagai kewajiban manusia sebagai khalifah di muka bumi untuk melakukan upaya pengelolaan lingkungan karena penyebab terjadinya berbagai macam bencana dan pencemaran juga karena ulah manusia yang mengeksploitasi dan merusak alam tanpa diimbangi dengan upaya pengelolaan lingkungan. Pada perusakan alam yang disebabkan oleh manusia yang dijelaskan dalam Q.S Ar-Ruum ayat 41 yang berbunyi "Telah tampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia; Allah menghendaki agar mereka merasakan sebagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (kejalan yang benar)".

Penelitian ini menunjukan bahwa Allah SWT menciptakan segala sesuatu yang terdapat di muka bumi ini memiliki manfaat masing-masing dan manfaat tersebut tidak akan sia – sia bagi manusia. Oleh karena itu kita manusia sebagai hamba Allah SWT hendaknya kita bersyukur atas segala manfaat yang telah diberikan oleh Allah SWT dan terus menjaga dan mengamalkan manfaat tersebut dengan cara upaya menjaga lingkungan di muka bumi ini dan terus berupaya untuk memperbaiki segala sesuatu yang ada agar menjadi lebih baik.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

BAB V

PENUTUP

V.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian ini, maka dapat diambil sebuah kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil analisis data penelitian diatas dapat dijelaskan bahwa kemampuan adsorben dari limbah serbuk gergaji kayu jati dalam mengurangi kandungan logam berat timbal (Pb) pada air limbah menggunakan sistem batch dengan variasi penambahan massa adsorben dan variasi metode aktivasi yaitu adsorben dari limbah serbuk gergaji kayu jati dapat mengurangi kandungan logam berat timbal (Pb) hingga mencapai 94,15 % dengan nilai kapasitas adsorpsi mencapai 1,745 mg/g.
2. Berdasarkan hasil analisis data penelitian pada permodelan isoterm adsorpsi yang sesuai digunakan dalam pengolahan limbah logam berat timbal (Pb) menggunakan adsorben dari limbah serbuk gergaji kayu jati ini adalah Model Isotherm Adsorpsi Langmuir dengan nilai regresi (R^2) sebesar 0,6537.

V.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, adapun saran yang dapat diberikan oleh penulis sebagai pengembangan dari penelitian ini antara lain :

1. Perlu dilakukan penambahan variasi konsentrasi limbah, variasi waktu kontak, dan variasi aktivator agar dapat diketahui lebih banyak kemampuan adsorpsi dari adsorben serbuk gergaji kayu jati.
2. Perlu dilakukan pengembangan proses adsorpsi dengan menggunakan sistem kontinyu agar dapat diketahui lebih banyak kemampuan adsorpsi dari adsorben serbuk gergaji kayu jati.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

3. Perlu dilakukan percobaan dengan logam berat lainnya seperti merkuri (Hg), seng (Zn), mangan (Mn) dan logam lainnya untuk mengetahui potensi adsorben serbuk gergaji kayu jati dalam menyerap logam berat lainnya.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

DAFTAR PUSTAKA

Abram, P. K., dkk. (2016). Pemanfaatan Biomassa Serbuk Gergaji Sebagai Penyerap Logam Timbal. *Jurnal Akademik Kimia Universitas Tadulako 5(4) ISSN 2302-6030*, 166-171.

Arif, A. R. (2014). Adsorpsi Karbon Aktif Dari Tempurung Kluwak (Pangium Edule) Terhadap Penurunan Fenol. *Skripsi Universitas Islam Negeri (Uin) Alauddin Makassar*, 1-77.

Astuti, W. dan Kurniawan, B. (2015). Adsorpsi Pb^{2+} Dalam Limbah Cair Artifisial Menggunakan Sistem Adsorpsi Kolom Dengan Bahan Isian Abu Layang Batubara Serbuk dan Granular. *Jurnal Bahan Alam Terbarukan 4 (1)* , 27-33.

Busyairi, dkk. (2019). Pemanfaatan Serbuk Kayu Meranti Menjadi Karbon Aktif Untuk Penurunan Kadar Besi (Fe), Mangan (Mn) Dan Kondisi pH Pada Air Asam Tambang. Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan Volume 11, Nomor 2, ISSN:2085-1227, 87-101.

Darmono. (1995). *Logam Berat dalam Sistem Biologi*. Jakarta: Universitas Indonesia Press.

Dehghani, *et. al.* (2016). Removal of chromium (VI) from aqueous solution using treated waste newspaper as a low-cost adsorbent: Kinetic modeling and isotherm studies. *Journal of Molecular Liquids*, 671-679.

Erawati, E dan Helmy, E. R. (2018). Pembuatan Karbon Aktif Dari Serbuk Gergaji Kayu Jati (*Tectona Grandis L.f.*) (Suhu Dan Waktu Karbonasi). *Jurnal University Research Colloquium (URECOL)*, 105-113.

Fengel, D. and Gerd, W. (1995). *Kayu, Kimia, Ultrastruktur, dan Reaksi-reaksi*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Fibrianti, L. dan Azizah, R. (2015). Karakteristik, Kadar Timbal (Pb) Dalam Darah, Dan Hipertensi Pekerja *Home Industry* Aki Bekas Di Desa Talun

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Kecamatan Sukodadi Kabupaten Lamongan. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Vol. 8, No. 1*, 92–102.

Fitriana, D. dan Saputro, S. (2016). Aplikasi Karbon Aktif Dari Serbuk Gergaji Kayu Jati (*Tectona Grandis L.F*.) Sebagai Adsorben Ion Logam Pb(II) Dan Analisisnya Menggunakan *Solid-Phase Spectrophotometry* (SPS). *Jurnal Kimia Dan Pendidikan Kimia (JKPK), Vol.1, No.2*, 23-32.

Halimah, S. N. (2016). Pembuatan Dan Karakterisasi Serta Uji Adsorpsi Karbon Aktif Tempurung Kemiri (*Aleurites Moluccana*) Terhadap Metilen Biru. *Skripsi*, Universitas Lampung.

Husaini dan Adhani, R. (2017). *Logam Berat Sekitar Manusia.* Banjarmasin: Lambung Mangkurat University Press.

Janabi and Kilic, M. (2017). Investigation of Dyes Adsorption with Activated Carbon Obtained from Cordia myxa. *Bilge International Journal of Science and Technology Research* , 87-104.

Jin, *et. al*. (2015). Fabrication of cellulose-based aerogels from waste newspaper without any pretreatment and their use for absorbent. *Carbohydrate Polymers of journal vol 123*, 150-156.

Kurniawan, B. (2015). Adsorpsi Pb(II) dalam Limbah Cair Artifisial Menggunakan Sistem Adsorpsi Kolom dengan Bahan Isian Abu Layang Batubara. *Skripsi*, Universitas Negeri Semarang.

Lestari, S. (2010). Pengaruh Berat Dan Waktu Kontak Untuk Adsorpsi Timbal(II) Oleh Adsorben Dari Kulit Batang Jambu Biji (Psidium guajava L.). *Jurnal Kimia Mulawarman Volume 8 Nomor 1, ISSN 1693-5616* , 7-11.

Levenspiel, O. (1999). *Chemical Reaction Engineering.* New York United States of America : John Wiley & Sons Inc press.

Maghfirana, C. A. (2019). Kemampuan Adsorpsi Karbon Aktif Dari Limbah Kulit Singkong Terhadap Logam Timbal (Pb) Menggunakan Sistem Kontinyu. *Tugas Akhir*, Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Mardiah, dkk. (2017). Pembuatan Adsorben Dari Koran Bekas Untuk Mengurangi Kadar Fe Dan Cu Dalam Air Limbah. *Journal Of Chemical Process Engineering Vol.02, No.01, ISSN 2303-3401*, 16 - 23.

Harni, M. R., dkk. (2015). Pemanfaatan Serbuk Gergaji Kayu Jati (*Tectona Grandis L.F.*) Sebagai Adsorben Logam Timbal (Pb). *Jurnal FMIPA Universitas Pakuan*, 1-9.

Mandasari, I. dan Purnomo, A. (2016). Penurunan Ion Besi (Fe) dan Mangan (Mn) dalam Air dengan Serbuk Gergaji Kayu Kamper. Jurnal Teknik ITS Vol. 5, No. 1, ISSN: 2337-3539, 1-6.

Muslim, dkk. (2019). Konsentrasi Logam Berat Timbal (Pb) Dan Besi (Fe) Dalam Sedimen Dasar Dan Keterkaitannya Dengan Karbon Organik & Ukuran Butir Di Muara Wiso, Jepara. *Maspari Journal 11(2)*, 79-86.

Mutmainnah, I. R. (2017). Pemanfaatan Limbah Gergaji Kayu Jati (*Tectona Grandits L.F*) Sebagai Energi Alternatif Dengan Metode Pirolisis. *Skripsi Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar*, 1-82.

Olivera, S., *et.al*. (2018). Alpha-Cellulose Derived from Teakwood Sawdust for Cationic Dyes Removal. *American Scientific Publishers International Journals Vol. 7*, 1-8.

Permadi, M. I. (2019). Pemanfaatan Bambu Air (*Equisetum Sp.*) Untuk Menurunkan Kadar Timbal (Pb) Menggunakan Fitoremediasi Sistem Batch. *Tugas Akhir*, UIN Sunan Ampel Surabaya.

Reyra, A. S., dkk. (2017). Pengaruh Massa dan Ukuran Partikel Adsorben Daun Nanas Terhadap Efisiensi Penyisihan Fe Pada Air Gambut. *Jurnal Jom FTEKNIK Volume 4 No. 2*, 1-9.

Rinaldy, *et.al*. (2018). Reuse of Newspaper As An Adsorbent For Cu (II) Removal By Citric Acid Modification. *MATEC journal Web of Conferences vol 156*, 1-5.

Saputro, S., *et.al*. (2018). Combination of sawdust from teak wood and rice husk activated carbon as adsorbent of Pb(II) ion and its analysis using *solid-phase*

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

spectrophotometry. *International Conference journal Materials Science and Engineering vol 333*, 1-6.

Saputro, S., *et.al*. (2017). The usage of activated carbon from teak sawdust (*tectona grandis l.f.*) and zeolite for the adsorption of Cr(VI) and its analysis using *solid-phase spectrophotometry* (SPS). *International journal of Conference Materials Science and Engineering vol 176*, 1-6.

Saputro, S. dan Retnaningrum, A. (2016). Penggunaan Serbuk Gergaji Kayu Jati (*Tectona Grandis L.F.*) Sebagai Adsorben Ion Logam Cd(II) Dan Analisisnya Menggunakan *Solid-Phase Spectrophotometry* (SPS). *Jurnal Seminar Nasional Pendidikan Sains (SPNS)* , 479-487.

Siregar, K. N. (2019). Penyisihan Logam Berat Pb (II) Dan Cd (II) Dengan Adsorben Yang Dibuat Dari Serbuk Kayu Yang Diaktivasi Dengan H_3PO_4. *Tugas Akhir Universitas Sumatera Utara*, 1-94.

Shivayogimath, C. B. and Bhandari, N. B. (2014). Adsorption studies of paper mill effluent on teakwood sawdust activated carbon. *International Journal of Applied Sciences and Engineering Research, Vol. 3, Issue 5*, 1-11.

Smith, J. M., *et.al*. (2005). *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics.* New York: McGraw-Hill Companies.

Song, *et. al.* (2017). Study On Adsorption Properties And Mechanism Of Pb2+ With Different Carbon Based Adsorbents. *Science of the Total Environment*, 1 - 7.

Sulfikar, J. dan Ramlawati. (2015). Kapasitas Adsorpsi Arang Aktif Ijuk Pohon Aren (*Arenga pinnata*) terhadap Pb^{2+}. *Jurnal Sainsmat Vol. IV, No. 1*, 57-66.

Sutamihardja. (2006). *Toksikologi Lingkungan.* Jakarta: Buku Ajar Program Studi Ilmu Lingkungan Universitas Indonesia.

Sumaryono, dkk. (2018). Kandungan Logam Berat Besi (Fe), Timbal (Pb) Dan Mangan (Mn) Pada Air Sungai Santan. *Jurnal Penelitian Ekosistem Dipterokarpa Vol.4 No.1*, 49 - 56.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id

Swathanthra, P. A., *et.al*. (2011). Removal of Cr (VI) from Aqueous Solution using Teak Wood Saw Dust. *International journal of Conference on Recent Trends in Transportation, Environmental and Civil Engineering*, 1-3.

Tang, J., *et.al*. (2019). Study On Adsorption Properties And Mechanism Of Thallium Onto Titanium Iron Magnetic Adsorbent. *Science of the Total Environment*, 1- 8.

Utama, T. T. (2015). Biosorpsi Krom Heksavalen Menggunakan Mikroalga Amobil dalam Sistem Kontinyu. *Tesis*, Institut Teknologi Bandung.

Wahyuni, A. T. (2014). Sintesis Biosorben Dari Limbah Kayu Jati Dan Aplikasinya Untuk Menjerap Logam Pb Dalam Limbah Cair Artifisial. *Tugas Akhir Universitas Negeri Semarang*, 1-50.

Zaini, H. dan Sami, M. (2017). Penyisihan Pb (II) Dalam Air Limbah Laboratorium Kimia Sistem Kolom Dengan Bioadsorben Kulit Kacang Tanah. *Jurnal Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Vol 5, No.1, ISSN 1693-699X* , 8-14.

digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id digilib.uinsby.ac.id