

**TUGAS AKHIR**

**APLIKASI SABUT KELAPA SEBAGAI BIOADSORBEN  
LOGAM TIMBAL (Pb) DALAM MEDIA AIR**

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



**ALFINA NABILA**

**18513129**

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA**

**2022**

## TUGAS AKHIR

### APLIKASI SABUT KELAPA SEBAGAI BIOADSORBEN LOGAM TIMBAL (Pb) DALAM MEDIA AIR

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



Disusun Oleh :  
**ALFINA NABILA**  
18513129

Disetujui,

Dosen Pembimbing I

**Lutfia Isna Ardhayanti, S.Si., M.Sc.**

NIP 155130111

Tanggal :

Mengetahui,  
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII

**Dr.Eng. Awaluddin Nurmiyanto, S.T., M.Eng.**

NIP 095130403

Tanggal :

## HALAMAN PENGESAHAN

### APLIKASI SABUT KELAPA SEBAGAI BIOADSORBEN LOGAM TIMBAL (Pb) DALAM MEDIA AIR

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari: Selasa

Tanggal: 18 Oktober 2022

Disusun Oleh:

ALFINA NABILA

18513129

Tim Penguji:

Lutfia Isna Ardhayanti, S.Si., M.Sc.

Noviani Ima Wantoputri, S.T., M.T.

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

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama penulis dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Program software komputer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggungjawab saya, bukan tanggungjawab Universitas Islam Indonesia.
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 15 Agustus 2022

Yang membuat pernyataan



**Alfina Nabila**

NIM: 18513129



## KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan berjudul “Aplikasi Sabut Kelapa Sebagai Bioadsorben Logam Timbal (Pb) Dalam Media Air”.

Penulisan tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat kelulusan penulis dalam menempuh Program Pendidikan Strata-I pada Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Penulis ingin mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Ali Mashduqi dan Ibu Ainah Suroya selaku orang tua penulis yang selalu memberikan kasih sayang, dukungan, dan bantuan kepada penulis baik berupa perbuatan, moril, materil, maupun doa sehingga penulis dapat mencapai titik pencapaian saat ini. Serta Aflachatussalma selaku adik penulis yang selalu menghibur penulis selama pengerjaan Tugas Akhir ini;
2. Ibu Lutfia Isna Ardhayanti, S.Si., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, saran, dan juga penilaian kepada penulis mulai dari penyusunan proposal hingga penyelesaian Tugas Akhir ini;
3. Ibu Noviani Ima Wantoputri, S.T., M.T. dan Bapak Eko Siswoyo S.T., M.Sc.ES., Ph.D. selaku Dosen Penguji yang telah memberikan masukan dan arahan pada penelitian Tugas Akhir ini;
4. Seluruh dosen, laboran, dan staf pengajar yang selama ini telah memberikan bantuan dan ilmu yang bermanfaat selama menempuh pendidikan dan penelitian tugas akhir di Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia;
5. Sahabat dan partner terbaik penulis, Dian Andamari yang selalu menemani dan telah berjuang bersama-sama melewati semester demi semester hingga kini perjuangan kita akan berakhir;

6. Sahabat - sahabat seperjuangan penulis Laily, Wardah, dan Cyntya yang sudah memberikan bantuan, dukungan, dan menyumbang pikiran positif kepada penulis selama ini sehingga terselesaikannya Tugas Akhir ini;
7. *Bestie* penulis sedari SMP yang juga berkuliah di Yogyakarta, Zulfa Andriansyah yang sudah memberikan dukungan dan menemani penulis saat menyusun laporan Tugas Akhir bersama.
8. Teman - teman Teknik Lingkungan angkatan 2018 khususnya kelas C yang telah membantu penulis selama masa perkuliahan di Teknik Lingkungan UII;
9. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu penulis.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran dari pembaca yang bersifat membangun untuk menjadikan Tugas Akhir ini lebih baik.

Penulis juga meminta maaf kepada pihak-pihak yang secara langsung maupun tidak langsung yang terlibat apabila terdapat ucapan maupun tindakan yang kurang berkenan.

Yogyakarta, 15 Agustus 2022

Alfina Nabila



*"Halaman ini sengaja dikosongkan"*



## **ABSTRAK**

ALFINA NABILA. Aplikasi Sabut Kelapa Sebagai Bioadsorben Logam Timbal (Pb) Dalam Media Air. Dibimbing oleh Lutfia Isna Ardhayanti, S.Si., M.Sc.

Seiring berjalannya waktu, jumlah industri di Indonesia akan semakin meningkat. Peningkatan jumlah industri ini akan meningkatkan jumlah limbah yang dihasilkan. Salah satu jenis air limbah yang akan dihasilkan adalah air limbah yang mengandung logam berat timbal (Pb). Timbal digolongkan ke dalam bahan pencemar yang berbahaya. Oleh karena itu, diperlukan pengolahan sebelum dibuang ke badan air, salah satunya dengan adsorpsi. Bioadsorben yang digunakan adalah sabut kelapa. Tujuan penelitian ini antara lain untuk menganalisa karakteristik adsorben yang terbentuk, efektivitas penyisihan logam berat timbal, kinetika adsorpsi, dan isoterm adsorpsi yang terjadi. Hasil karakteristik bioadsorben sabut kelapa kadar air sebesar 11,5%, sedangkan kadar abu sebesar 2,25%. Dalam hasil uji SEM terlihat perbandingan setelah adsorpsi rongga pori-pori lebih kecil dibandingkan sebelum adsorpsi. Hasil uji FTIR menunjukkan adsorben sabut kelapa memiliki ikatan gugus fungsi O-H, C-O, dan C=O. Hasil penelitian diperoleh kondisi optimum pH 5 efisiensi penyisihan Pb sebesar 90%, waktu optimum 60 menit dengan efisiensi penyisihan sebesar 92% dan konsentrasi optimum 7 ppm efisiensi penyisihan sebesar 100%. Kinetika adsorpsi untuk proses adsorpsi yang terjadi mengikuti model pseudo orde pertama dengan model isoterm adsorpsi yang sesuai adalah isoterm Langmuir.

Kata Kunci: Adsorpsi, Bioadsorben, Sabut Kelapa, Timbal (Pb)

## **ABSTRACT**

*ALFINA NABILA. Application Of Coconut Fiber As Bioadsorben Of Metal Lead (Pb) In Water Media. Supervised by Lutfia Isna Ardhayanti, S.Si., M.Sc.*

*Over time, the number of industries in Indonesia will increase. This increase in the number of industries will increase the amount of waste generated. One type of wastewater that will be produced is wastewater containing lead (Pb) heavy metal. Lead is classified as a hazardous pollutant. Therefore, processing is required before being discharged into water bodies, one of which is by adsorption. The bioadsorbent used is coconut fiber. The aims of this study were to analyze the characteristics of the adsorbent formed, the effectiveness of the removal of lead heavy metals, adsorption kinetics, and the adsorption isotherm that occurred. The results of the characterization of coir bioadsorbent water content of 11.5%, while the ash content of 2.25%. The results of the SEM test show that the ratio after adsorption of the pores is smaller than before adsorption. The results of the FTIR test showed that the coco coir adsorbent had O-H, C-O, and C=O functional groups. The results showed that the optimum condition of pH 5 was 90% Pb removal efficiency, the optimum time was 60 minutes with 92% removal efficiency and the optimum concentration of 7 ppm was 100% removal efficiency. The adsorption kinetics for the adsorption process that occurs follows a pseudo first-order model with the appropriate adsorption isotherm model being the Langmuir isotherm.*

*Keywords: Adsorption, Bioadsorbent, Coconut Fiber, Lead (Pb)*



## DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>vi</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>ix</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xviii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xx</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan .....	3
1.4 Manfaat .....	3
1.5 Ruang Lingkup.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>4</b>
2.1 Air Limbah.....	4
2.2 Logam Berat Timbal (Pb) .....	4
2.3 Sabut Kelapa .....	5
2.4 Adsorpsi .....	6
2.5 Kinetika Adsorpsi .....	7
2.6 Isoterm Adsorpsi.....	8
2.6.1. Isoterm Langmuir .....	8

2.6.2. Isoterm Freundlich.....	9
2.7 Atomic Adsorption Spectrophotometry (AAS) .....	10
2.8 Scanning Electron Microscope (SEM) .....	10
2.9 Fourier Transform Infrared (FTIR).....	11
2.10 Penelitian Terdahulu .....	11
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>13</b>
3.1 Metode Penelitian .....	13
3.2 Alat dan Bahan.....	14
3.2.1 Alat.....	14
3.2.2 Bahan.....	14
3.3 Metode Pengumpulan Data.....	15
3.4 Langkah Penelitian.....	16
3.2.1 Preparasi Adsorben .....	17
3.2.2 Pembuatan Air Limbah Pb Sintetik.....	18
3.2.3 Pengujian Karakterisasi Adsorben .....	19
3.2.4 Pengujian Adsorpsi Pada Air Limbah Pb Sintetik .....	23
3.5 Analisis Data.....	27
3.5.1 Analisis Kadar Air.....	27
3.5.2 Analisis Kadar Abu .....	28
3.5.4 Analisis Adsorpsi Pada Air Pb Sintetik .....	29
3.5.5 Analisis Kinetika Adsorpsi.....	30
3.5.5 Analisis Isoterm Adsorpsi .....	31
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>32</b>
4.1 Karakterisasi Adsorben .....	32
4.1.1 Kadar Air .....	32

4.1.2	Kadar Abu .....	33
4.1.3	<i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM).....	34
4.1.4	<i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR) .....	36
4.2	Analisis Adsorpsi Pada Air Limbah Pb Sintetik.....	38
4.2.1	Pengaruh pH Terhadap Penyisihan Timbal (Pb) .....	38
4.2.2	Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Penyisihan Timbal (Pb) .....	40
4.2.3	Pengaruh Konsentrasi Timbal (Pb) Terhadap Penyisihan Timbal (Pb) .....	42
4.3	Analisis Kinetika Adsorpsi .....	44
4.4	Analisis Isoterm Adsorpsi.....	46
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>		<b>50</b>
5.1	Kesimpulan .....	50
5.2	Saran .....	50
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>51</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>		<b>54</b>



## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu.....	11
Tabel 3. 1 Alat Pengujian Sampel .....	14
Tabel 3. 2 Bahan Pengujian Sampel.....	14
Tabel 4. 1 Pengaruh pH Terhadap Penyisihan Timbal.....	38
Tabel 4. 2 Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Penyisihan Timbal .....	40
Tabel 4. 3 Pengaruh Konsentrasi Terhadap Penyisihan Timbal.....	42
Tabel 4. 4 Parameter Model Kinetika Adsorpsi .....	46
Tabel 4. 5 Parameter Model Isoterm Adsorpsi.....	48







## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Langkah Penelitian .....	16
Gambar 3. 2 Proses Preparasi Adsorben .....	17
Gambar 3. 3 Proses Pembuatan Air Limbah Pb Sintetik.....	18
Gambar 3. 4 Proses Uji Kadar Air.....	19
Gambar 3. 5 Proses Uji Kadar Abu .....	20
Gambar 3. 6 Proses Uji SEM.....	21
Gambar 3. 7 Proses FTIR .....	22
Gambar 3. 8 Proses Uji Adsorpsi Variasi pH.....	23
Gambar 3. 9 Proses Uji Variasi Waktu Kontak.....	24
Gambar 3. 10 Proses Uji Variasi Konsentrasi Pb.....	25
Gambar 3. 11 Pemanfaatan Kembali Adsorben Setelah Adsorpsi .....	26
Gambar 4. 1 Hasil Uji SEM Sabut Kelapa Sebelum Adsorpsi Perbesaran 500X (A) dan Perbesaran 5000X (B) .....	34
Gambar 4. 2 Hasil Uji SEM Sabut Kelapa Setelah Adsorpsi Perbesaran 500X (A) dan Perbesaran 5000X (B) .....	35
Gambar 4. 3 Hasil Uji FTIR Sabut Kelapa.....	36
Gambar 4. 4 Grafik Variasi pH Adsorpsi .....	39
Gambar 4. 5 Grafik Variasi Waktu.....	41
Gambar 4. 6 Grafik Variasi Konsentrasi .....	43
Gambar 4. 7 Grafik Kinetika Adsorpsi Pseudo Orde Pertama .....	45
Gambar 4. 8 Grafik Kinetika Adsorpsi Pseudo Orde Kedua.....	45
Gambar 4. 9 Grafik Isoterm Langmuir .....	47
Gambar 4. 10 Grafik Isoterm Freundlich .....	48



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Perhitungan Kadar Air .....	54
Lampiran 2 Perhitungan Kadar Abu.....	54
Lampiran 3 Perhitungan Kinetika Adsorpsi .....	55
Lampiran 4 Perhitungan Isoterm Adsorpsi.....	59
Lampiran 5 Dokumentasi Proses Adsorpsi .....	63
Lampiran 6 Dokumentasi Hasil Adsorpsi .....	65
Lampiran 7 Hasil Karakteristik FTIR.....	66
Lampiran 8 Hasil Pengukuran AAS .....	68
Lampiran 9 SNI 6989.8:2009 Air dan Air Limbah – Bagian 8: Cara Uji Timbal (Pb) secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) – Nyala.....	74



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Seiring berjalannya waktu, jumlah industri di Indonesia akan semakin meningkat. Peningkatan industri akan menyebabkan peningkatan jumlah limbah yang dihasilkan oleh masing-masing industri. Salah satu jenis air limbah yang akan dihasilkan oleh industri adalah air limbah yang mengandung logam berat. Logam berat merupakan salah satu karsinogen yang dapat merusak kesehatan manusia (Yadav et al., 2013). Salah satu logam berat berbahaya yang ditemukan dari limbah industri adalah logam Pb(II). Industri *pulp* dan kertas merupakan salah satu penghasil utama limbah cair yang mengandung timbal (Pb). Apabila kandungan timbal (Pb) dari limbah cair yang dibuang ke badan air melebihi nilai baku mutu yang telah ditentukan maka akan mencemari sumber air. Limbah cair yang diperoleh ini adalah air dari proses penyaringan limbah yang berupa ampas air (Gottsching et. al, 2000).

Pb(II) adalah timbal atau timah hitam yang digolongkan sebagai bahan pencemar berbahaya karena memiliki toksisitas yang tinggi. Berdasarkan keputusan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah menetapkan kadar maksimum timbal sebesar 0,1 mg/l. Tubuh manusia dapat menyerap timbal melalui makanan, air minum, dan juga udara yang dapat berakibat adanya gangguan pada organ tubuh seperti gangguan sistem reproduksi, sistem hemopoetik, neurologi (saraf), ginjal, dan juga sistem saraf pusat di otak (Nafi'ah, 2016).

Untuk menjaga kualitas air, terdapat teknik yang dapat digunakan untuk memurnikan dan mengurangi limbah industri sebelum dibuang ke badan air, salah satunya adalah adsorpsi. Adsorpsi merupakan metode yang umum digunakan untuk mengurangi kandungan logam berat. Ini merupakan proses

perpindahan massa pada permukaan pori-pori butiran bioadsorben. Metode adsorpsi memiliki beberapa keunggulan, seperti proses yang sangat sederhana, efisiensi dan efektivitas yang tinggi, serta tidak menimbulkan efek samping berupa zat toksik (Safrianti et al., 2012).

Limbah sabut kelapa dapat dimanfaatkan sebagai bahan adsorben untuk mengurangi beberapa kadar logam yang terkandung di dalam perairan. Beberapa penelitian terdahulu tentang adsorpsi logam timbal (Pb) menggunakan sabut kelapa teraktivasi NaOH yang dilakukan oleh Kardiman dkk (2019), menyatakan bahwa sabut kelapa dapat menyerap logam Pb(II) yang terkandung dalam air limbah sebanyak 39,69% dengan waktu kontak optimum selama 3 jam pada pH 3. Sedangkan penelitian oleh Ismiyati dkk (2021) tentang adsorpsi besi (Fe) menggunakan sabut dan tempurung kelapa memiliki nilai efisiensi sebesar 92% dengan massa 3,75 gram sabut kelapa dan waktu kontak optimum selama 45 menit.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui kemampuan adsorpsi bioadsorben dari sabut kelapa untuk menyisihkan logam timbal (Pb). Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan variasi waktu kontak, pH, dan konsentrasi timbal untuk mendapatkan nilai optimumnya. Kemudian dilakukan desorpsi untuk *reuse* sabut kelapa sebagai adsorben kembali.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik adsorben yang terbentuk dengan melakukan uji kadar air, kadar abu, *Scanning Electron Microscope* (SEM), dan *Fourier Transform Infrared* (FTIR)?
2. Bagaimana efektivitas penyisihan logam berat timbal (Pb) menggunakan sabut kelapa yang dioptimasi pengaruh waktu kontak, pH, dan konsentrasi timbal?
3. Bagaimana kinetika adsorpsi dan isoterm adsorpsi yang terjadi?

### 1.3 Tujuan

1. Untuk menganalisa karakterisasi adsorben yang terbentuk.
2. Untuk menentukan efektivitas penyisihan logam berat timbal (Pb) menggunakan sabut kelapa yang dioptimasi pengaruh waktu kontak, pH, dan konsentrasi timbal.
3. Untuk mengidentifikasi kinetika adsorpsi dan isoterm adsorpsi yang terjadi.

### 1.4 Manfaat

1. Dapat mengetahui apakah sabut kelapa mampu menurunkan konsentrasi timbal (Pb) secara maksimal.
2. Dapat memberikan informasi tentang potensi sabut kelapa sebagai salah satu bioadsorben yang dapat digunakan untuk mengurangi kandungan timbal (Pb).
3. Dapat digunakan sebagai referensi dan bahan kajian untuk penelitian selanjutnya terhadap penurunan konsentrasi timbal (Pb) yang terkandung dalam air limbah dengan menggunakan sabut kelapa sebagai adsorben.

### 1.5 Ruang Lingkup

1. Sampel air menggunakan air limbah Pb sintetik dengan melarutkan garam timbal  $Pb(NO_3)_2$ , dengan aquades.
2. Sampel air Pb sintetik dibuat di Laboratorium Kualitas Air FTSP UII.
3. Parameter pengujian adalah logam timbal (Pb).
4. Pada percobaan ini dilakukan dengan beberapa variasi variabel bebas yaitu pH, waktu kontak, dan konsentrasi timbal (Pb).
5. Pengujian karakterisasi adsorben dilakukan dengan uji kadar air, kadar abu, *Scanning Electron Microscope* (SEM), dan *Fourier Transform Infrared* (FTIR).
6. Pengujian adsorpsi diuji dengan menggunakan metode AAS (*Atomic Adsorption Spectroscopy*).

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Air Limbah**

Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah, air limbah adalah sisa atau sampah berupa cairan yang dihasilkan dari suatu kegiatan dan/atau perusahaan. Menurut Chandra (2006), air limbah merupakan air buangan yang dihasilkan dari kegiatan rumah tangga, industri, dan tempat umum lainnya. Sedangkan menurut Sugiharto (2008), sisa air limbah dan tentunya air limbah ini merupakan benda yang sudah tidak terpakai lagi. Namun bukan berarti sampah ini tidak perlu diolah kembali, karena dapat mengganggu baik lingkungan maupun kehidupan di sekitar aliran air limbah jika tidak dikelola dengan baik. Industri *pulp* dan kertas merupakan salah satu penghasil utama limbah cair yang mengandung timbal (Pb). Apabila kandungan timbal (Pb) dari limbah cair yang dibuang ke badan air melebihi nilai baku mutu yang telah ditentukan maka akan mencemari sumber air. Limbah cair yang diperoleh adalah air dari proses penyaringan limbah dari bubur kertas yang berupa ampas air (Gottsching et. al, 2000).

#### **2.2 Logam Berat Timbal (Pb)**

Salah satu bahan yang dapat mencemari perairan adalah logam berat. Kegiatan manusia juga dapat berpotensi menghasilkan limbah yang mengandung logam berat seperti kegiatan penambangan, industri penyamakan kulit, pelapisan dan pencampuran logam, pembuatan pestisida, dan industri minyak dan pigmen (Kaewsarn et al., 2008). Keberadaan logam berat dapat merusak habitat serta ekosistem perairan karena merupakan zat yang bersifat racun dan karsinogenik. Yang termasuk ke dalam kelompok logam berat



diantaranya adalah tembaga, timah hitam, perak, chromium, merkuri, cadmium, dan seng (Kurniasari, 2010).

Logam Timbal (Pb) memiliki nama ilmiah plumbum termasuk dalam kategori sebagai bahan beracun dan berbahaya. Menurut lampiran VI PP No 22 Tahun 2021, konsentrasi Timbal (Pb) terlarut yang diperbolehkan dalam air adalah sebesar 0,03 mg/L pada air kelas 1 sampai kelas 3, sedangkan pada kelas 4 sebesar 0,5 mg/L. Menurut *World Health Organization* (WHO), timbal merupakan racun yang bersifat kumulatif sehingga akan mempengaruhi sistem tubuh manusia. Dalam hal ini termasuk sistem neurologis, hematologi, gastrointestinal, kardiovaskular, dan ginjal.

### 2.3 Sabut Kelapa

Sabut kelapa mengandung bahan lignoselulosa sehingga dapat dimanfaatkan sebagai salah satu alternatif bahan adsorben. Sabut kelapa tersusun kira-kira 35% dari berat total buah kelapa dewasa dari serat-serat yang terdapat diantara kulit dalam yang keras (batok). Sabut kelapa dapat dimanfaatkan sebagai biosorben karena mengandung selulosa di dalam struktur molekulnya, gugus karboksil, gugus hidroksil, serta lignin yang mengandung asam phenolat yang ikut ambil bagian dalam pengikatan logam (Herwanto, 2006).

Menurut Saleh (2009) ada beberapa komponen yang terkandung di dalam sabut kelapa antara lain sebagai berikut:

a. Selulosa

Selulosa yang memiliki formula  $(C_6H_{10}O_5)_n$  yang adalah senyawa organik yang tidak larut dalam air yang berfungsi sebagai komponen penyusun struktur serat tumbuhan dan berperan penting dalam menentukan sifat-sifat serat. Selulosa adalah polimer yang mengandung unit glukosa tipe anomer  $\beta$  yang memungkinkan selulosa membentuk rantai yang sangat panjang.

b. Hemiselulosa

Hemiselulosa terdiri dari rantai glukosa bercabang pendek. Hemiselulosa merupakan polisakarida yang dapat diekstraksi dengan larutan basa. Dibandingkan dengan selulosa, hemiselulosa lebih mudah terurai dan larut dalam air.

c. Lignin

Lignin merupakan jaringan tiga dimensi dari polimer fenolik yang mengikat dan mengeraskan serat selulosa. Lignin berfungsi untuk membentuk lamela perantara (*intermediate layer of fibres*), yaitu penghubung antar serat. Lignin merupakan salah satu komponen tumbuhan dan umumnya terbentuk dari selulosa, hemiselulosa dan lignin.

## 2.4 Adsorpsi

Adsorpsi merupakan proses menempelkan suatu zat ke permukaan suatu bahan, seperti kontak antara gas atau larutan dengan suatu logam. Interaksi yang terjadi akan mengubah sifat-sifat logam mengalami modifikasi (Mc Cash, 2001). Adsorben adalah suatu zat yang berkemampuan mengikat dan mempertahankan cairan atau gas di dalam zat tersebut. Salah satu alternatif dalam pengolahan limbah yang mengandung logam berat seperti timbal yaitu penggunaan bahan alami dalam proses adsorpsi sebagai adsorben. Pada proses ini menunjukkan besarnya kemampuan biomassa untuk mengikat logam berat dari larutan melalui proses metabolisme atau fisika-kimia. Keuntungan adsorpsi menggunakan bahan alami yaitu termasuk biaya yang dikeluarkan relatif rendah, efisiensi yang relatif tinggi dalam cairan, pembentukan lumpur yang rendah, dan juga kesederhanaan dalam proses regenerasinya (Ashraf et al., 2010).

Terdapat 2 jenis adsorpsi menurut kekuatan interaksinya yaitu adsorpsi fisik (*physisorption*) dan adsorpsi kimia (*chemisorption*). Di dalam adsorpsi fisik kekuatan ikatan antara molekul yang diadsorpsi dan permukaan bahan sangat lemah, interaksi ini sering disebut dengan gaya *Van der Waals*.

Sedangkan dalam adsorpsi kimia ikatan yang terjadi merupakan jumlah dari suatu penempatan elektron dalam reaksi antara adsorben dengan zat penyerapnya. Kekuatan ikatan *chemisorption* lebih penting daripada adsorpsi fisik karena keadaan molekul adsorben berbeda dari keadaan awalnya. Sifat elektron tak jenuh terdapat pada permukaan atom dengan adanya beberapa valensi bebas (Oudar J., 1973).

## 2.5 Kinetika Adsorpsi

Data kinetika akan memberikan informasi mengenai mekanisme adsorpsi untuk efisiensi proses adsorpsi tersebut. Mengetahui tingkat adsorpsi yang terjadi selama penyisihan kontaminan dari air limbah sangat penting untuk mengoptimalkan desain pada parameter yang akan digunakan, karena kinetik sistem mengontrol adsorbat waktu tinggal dan dimensi reaktor (Quintelas, et al., 2006).

Kinetika proses adsorpsi dapat mengikuti model persamaan orde tingkat satu atau persamaan orde tingkat dua (Kaewsarn et al., 2008). Model kinetika pseudo orde pertama dikemukakan oleh Lagergren pada tahun 1898, yang diperkenalkan persamaan untuk proses adsorpsi cair-padat berdasarkan volume padatan. Persamaan orde pertama dalam persamaan liniernya dapat dituliskan:

$$\text{Log}(q_e - q_t) = \text{Log}(q_e) - \frac{K_1}{2,303}(t)$$

Dimana  $q_t$  adalah kapasitas logam teradsorpsi maksimal pada waktu  $t$  (mg N/g) dan  $q_e$  adalah kapasitas logam teradsorpsi pada waktu kesetimbangan (mg N/g) sedangkan  $K_1$  adalah konstanta laju reaksi pada orde pertama (1/menit).

Sedangkan model kinetika pseudo orde kedua mengasumsikan bahwa kapasitas adsorpsi sebanding dengan jumlah situs aktif pada adsorben. Persamaan orde kedua dapat dituliskan dengan persamaan:

$$\frac{t}{qt} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{1}{q_e}(t)$$

Dimana  $q_t$  merupakan jumlah gram padatan yang teradsorpsi oleh adsorben pada waktu tertentu (mg N/g),  $q_e$  adalah jumlah gram padatan teradsorpsi oleh adsorben pada kesetimbangan (mg N/g), dan  $K_2$  adalah konstanta laju kesetimbangan reaksi pada orde kedua (1/menit).

## 2.6 Isoterm Adsorpsi

### 2.6.1. Isoterm Langmuir

Pada tahun 1918 Langmuir menggambarkan model isoterm untuk gas yang teradsorpsi pada padatan. Adsorbat akan terperangkap dalam lapisan molekul sebelum tekanan tercapai. Isoterm ini merupakan proses *chemisorption* atau ikatan kimia, di mana ikatan kimia tersebut terbentuk karena adanya ikatan antara adsorben dan adsorbat. Langmuir menurunkan teori isoterm adsorpsi menggunakan model sederhana gas teradsorpsi padat pada permukaan. Model ini mendefinisikan bahwa kapasitas adsorpsi maksimum terjadi karena adanya lapisan adsorpsi tunggal (*monolayer*) pada permukaan adsorben. Asumsi dasar pada isoterm Langmuir meliputi:

1. Gas yang teradsorpsi yang berperilaku ideal yaitu pada saat fase gas.
2. Gas yang teradsorpsi terbatas hanya pada satu lapisan (*monolayer*).
3. Permukaan adsorbat bersifat homogen. Artinya, afinitas setiap situs pengikatan untuk molekul gas adalah sama.
4. Tidak ada interaksi lateral antar molekul yang teradsorpsi.
5. Molekul gas yang teradsorpsi akan terlokalisasi karena tidak bergerak di permukaan (Lisa, 2015).

Isoterm Langmuir mengikuti persamaan berikut ini:

$$\frac{C_e}{q_t} = \frac{1}{K_L \cdot q_m} + \frac{1}{q_m} \times C_e$$

Dimana  $q_t$  merupakan besarnya adsorbat yang teradsorpsi oleh adsorben dengan satuan mg/g. Sedangkan  $q_m$  merupakan kapasitas adsorpsi (mg/g),  $K_l$  merupakan konstanta langmuir (l/mg), dan  $C_e$  merupakan konsentrasi adsorbat pada saat kesetimbangan dengan satuan mg/L (Miri dan Narimo, 2022).

Karakteristik dari isoterm Langmuir dapat diidentifikasi dengan parameter kesetimbangan (RL) dengan persamaan untuk parameter kesetimbangan adalah sebagai berikut:

$$RL = \frac{1}{1 + (K_l \cdot C_o)}$$

Dimana  $K_l$  merupakan konstanta Langmuir dan  $C_o$  merupakan konsentrasi awal ion Pb dalam air. Nilai RL menyatakan karakteristik jenis isoterm sesuai dengan kategori masing – masing.

Adapun kategorinya adalah sebagai berikut ini:

$RL > 1$	kurang baik
$RL = 1$	linier
$RL = 0$	Ireversibel
$0 < RL < 1$	baik

### 2.6.2. Isoterm Freundlich

Isoterm Freundlich telah digunakan untuk mempelajari hubungan yang menggambarkan adsorpsi reversibel hingga non-ideal dan pembentukan *multilayer*. Isoterm ini biasanya berasosiasi dengan sistem heterogen seperti interaksi spesies senyawa organik, saringan molekuler, dan karbon aktif. Namun, pilihan isoterm Freundlich terbatas karena kurangnya database termodinamika dasar pada konsentrasi tertentu (Miri dkk, 2022). Isoterm Freundlich menggunakan persamaan:

$$\log q_t = \log K_f + \frac{1}{n} \log C_e$$

Dimana  $qt$  adalah total logam yang terserap pada saat kesetimbangan (mg.N/g),  $C_e$  adalah konsentrasi logam pada saat kesetimbangan (mg.N/L), dan  $K_f$  adalah konstanta freundlich (l/mg).

### **2.7 Atomic Adsorption Spectrophotometry (AAS)**

*Atomic Adsorption Spectrophotometry (AAS)* merupakan suatu alat yang digunakan pada metode analisis untuk dapat menentukan kuantitatif unsur-unsur logam yang dalam pengukurannya didasarkan pada penyerapan cahaya dengan panjang gelombang tertentu (Skoog, 2000). Prinsip pada metode AAS yaitu dengan adanya proses absorpsi cahaya oleh suatu atom, pada panjang gelombang tertentu, atom-atom tersebut akan menyerap cahaya (Gupta and Roy, 2007). Cara kerja AAS adalah ketika larutan sampel menguap, logam yang terkandung di dalamnya diubah menjadi atom bebas. Atom akan menyerap radiasi dari sumber cahaya yang dipancarkan oleh lampu katoda berongga yang mengandung unsur yang akan diukur (Darmono, 1995).

### **2.8 Scanning Electron Microscope (SEM)**

Karakterisasi menggunakan alat *Scanning Electron Microscope* bertujuan untuk mengetahui gambaran bentuk permukaan dari material sabut kelapa. SEM (*Scanning Electron Microscope*) merupakan salah satu jenis mikroskop elektron yang proses analisis akan digambarkan dalam bentuk permukaan material tersebut yang menggunakan berkas elektron (Kharin, 2020). Prinsip kerja dari SEM adalah permukaan material yang disinari oleh elektron akan memantulkan kembali berkas elektron ke segala arah. Namun dari semua berkas elektron yang dipantulkan, ada satu yang dipantulkan dengan intensitas paling tinggi. Detektor yang termasuk dalam SEM mendeteksi sinar elektron intensitas paling tinggi yang dipantulkan dari objek atau material yang dianalisis (Ayu, 2013).

## 2.9 Fourier Transform Infrared (FTIR)

*Fourier Transform Infrared* atau yang disingkat FTIR adalah metode spektroskopi menggunakan sinar inframerah (Chatwal, 1985). Pada metode ini, intensitas cahaya diukur oleh detektor kemudian dibandingkan dengan intensitas tanpa sampel yang digunakan sebagai fungsi panjang gelombang. Spektrum inframerah yang dihasilkan diplot sebagai fungsi intensitas energi, panjang gelombang ( $\mu\text{m}$ ), maupun bilangan gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ ). FTIR digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi molekul yang terdapat pada sabut kelapa sebelum maupun setelah adsorpsi. Hasil pengujian FTIR dianalisis dengan melihat puncak spesifik yang terletak pada panjang gelombang tertentu. Puncak spesifik ini kemudian yang menunjukkan jenis gugus fungsional dalam senyawa dari serbuk sabut kelapa tersebut (Marcott, 1986).

## 2.10 Penelitian Terdahulu

Pemanfaatan sabut kelapa sebagai adsorben juga pernah dilakukan oleh beberapa peneliti terdahulu. Adapun penelitian yang telah dilakukan sebelumnya terangkum pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

No	Judul Penelitian	Pengarang	Tahun	Hasil Penelitian
1	Pembuatan Adsorben dari Sabut Kelapa Sebagai Penyerap Logam Berat Pb(II)	Kardiman, <i>et al.</i>	2019	Sabut kelapa diaktivasi dengan menggunakan NaOH 30% selama 24 jam, kemudian digunakan sebagai adsorben. Didapatkan hasil kondisi optimum adsorben dapat menyerap 39,69% logam Pb(II) dengan waktu kontak optimum selama 3 jam pada pH 3.
2	Pembuatan Bioadsorben dari Sabut Kelapa dan Tempurung Kelapa Untuk Menurunkan Kadar Besi (Fe)	Ma'rifatul Ismiyati, <i>et al.</i>	2021	Adsorpsi besi (Fe) menggunakan sabut dan tempurung kelapa memiliki nilai efisiensi sebesar 92% dengan perbandingan massa 1,25 gram tempurung kelapa : 3,75 gram sabut

				kelapa dan waktu kontak optimum selama 45 menit.
3	Adsorpsi Karbon Aktif dari Sabut Kelapa ( <i>Coco nucifera</i> ) Terhadap Penurunan Fenol	Astriaah Abdullah, <i>et al.</i>	2014	Sabut kelapa diaktivasi menggunakan tiga aktivator yaitu H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , NaOH, dan ZnCl <sub>2</sub> kemudian digunakan sebagai adsorben. Didapatkan hasil aktivator yang paling bagus dalam mengadsorpsi fenol adalah NaOH dengan efisiensi adsorpsi sebesar 93,01% pada massa 1,5 gram.
4	Kinetika Adsorpsi Timbal dengan Adsorben Sabut Siwalan Terxanthasi	Rohmatun Nafi'ah dan Bekt Nugraheni	2017	Dari hasil penelitian didapatkan adsorpsi menggunakan sabut siwalan terxanthasi terhadap Pb (II) memiliki waktu kontak optimum pada menit ke-30 dan kapasitas adsorpsi sebesar 0,083 mg/g.
5	Biosorpsi Kromium(VI) Pada Serat Sabut Kelapa Hijau ( <i>Cocos nucifera</i> )	Sudiarta dan Yulihastuti	2010	Dari hasil penelitian didapatkan serat sabut kelapa hijau dapat menurunkan logam Cr(VI) dengan kapasitas biosorpsi sebesar 12,6152 mg/g. Biosorpsi memiliki pH optimum pada pH 2 dan waktu kontak 120 menit.
6	Removal of Iron Content from Drinking Water by Using Coconut Coir and Sugar Bagasse	Iyshwarya, <i>et al.</i>	2016	Penggunaan sabut kelapa dan ampas tebu sebagai adsorben dalam menurunkan zat besi dilihat perbandingannya. Dari hasil penelitian didapatkan presentase penurunan besi menggunakan sabut kelapa sebesar 96%, sedangkan ampas tebu sebesar 93%. pH optimum yang didapatkan yaitu pada pH 5.
7	Removal of Fluoride from Treated Effluent Using Coco Fiber Ash	Edwin, <i>et al.</i>	2018	Adsorben yang digunakan dalam mengurangi fluoride adalah serat sabut kelapa. Kondisi optimum yang didapatkan pada larutan 50 ml adalah waktu optimum selama 60 menit, pH optimum pada pH 9, dengan dosis adsorben 50 mg/L, ukuran adsorben sebesar 75µ, dengan suhu optimum pada 28°C.



## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Metode Penelitian**

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kualitas Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Dimana waktu dalam pelaksanaan penelitian ini direncanakan berlangsung selama 6 bulan dimulai dari Maret 2022 hingga September 2022. Penelitian ini termasuk dalam jenis penelitian eksperimental yang dilaksanakan dalam skala laboratorium dengan pengujian sampel. Tujuan dari penelitian ini yang pertama yaitu untuk mengetahui efektivitas penyisihan logam berat timbal (Pb) menggunakan sabut kelapa, yang kedua yaitu untuk mengetahui karakterisasi adsorben yang terbentuk sebelum dan setelah proses adsorpsi. Adapun aspek yang digunakan sebagai penunjang pelaksanaan penelitian ini, maka ditetapkan beberapa variabel penelitian yang akan dicari atau diukur yaitu

a. Variabel bebas:

- pH : 3, 5, 7, dan 9
- Waktu Kontak : 15, 30, 45, 60, 90, 120, dan 180 menit
- Konsentrasi Timbal : 2, 3, 5, 7, 9, 10, 20, 40, 60, 80, 100, 160, dan 320 ppm

b. Variabel Terikat:

- Massa adsorben sabut kelapa sebesar 0,5 gram
- Kecepatan pengadukan 150 rpm
- Volume larutan timbal 30 ml

## 3.2 Alat dan Bahan

### 3.2.1 Alat

Alat-alat yang dibutuhkan dalam penelitian ini antara lain seperti pada Tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Alat Pengujian Sampel

No	Nama Alat
1	Oven
2	Blender
3	Ayakan 50 mesh
4	Desikator
5	Neraca analitik
6	Cawan porselin
7	Gelas beaker 500 ml
8	Gelas beaker 50 ml
9	Labu ukur 500 ml
10	Labu ukur 100 ml
11	pH meter
12	Erlenmeyer 100 ml
13	Corong kaca
14	Orbital shaker
15	Kertas whatman 42
16	AAS ( <i>Atomic Absorption Spectrophotometry</i> )
17	FT-IR ( <i>Fourier Transform Infrared</i> )
18	SEM ( <i>Scanning Electron Microscope</i> )

### 3.2.2 Bahan

Bahan-bahan yang dibutuhkan dalam penelitian ini antara lain tertera pada Tabel 3.2.

Tabel 3. 2 Bahan Pengujian Sampel

No	Nama Bahan
1	Sabut kelapa
2	Larutan standar Pb 100 ppm
3	Sampel Air

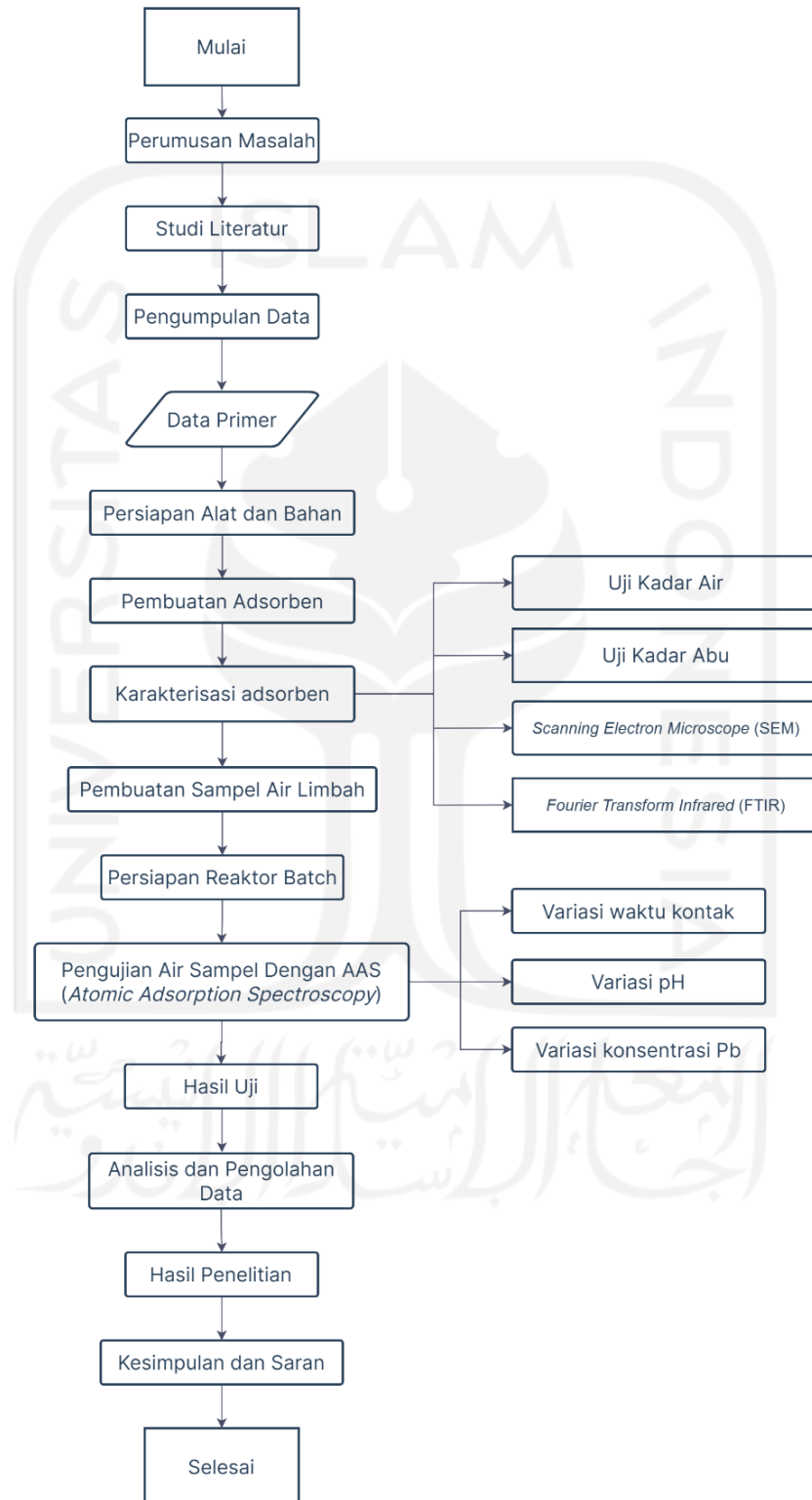
4	HCl
5	KHP
6	NaOH
7	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>
8	Aquades

### 3.3 Metode Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data primer. Data primer adalah data yang diperoleh melalui penelitian langsung yang dilakukan di laboratorium. Data primer didapatkan melalui hasil observasi secara langsung dan pengujian sampel di Laboratorium Kualitas Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Parameter yang akan diuji adalah logam berat timbal (Pb) dimana pengujian akan dilakukan dengan menggunakan alat *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS) yang diacu berdasarkan SNI 6989.8:2009. Selain itu pada pengujian ini juga menggunakan alat *Scanning Electron Microscope* (SEM) dan alat *Fourier Transform Infrared* (FTIR).

### 3.4 Langkah Penelitian

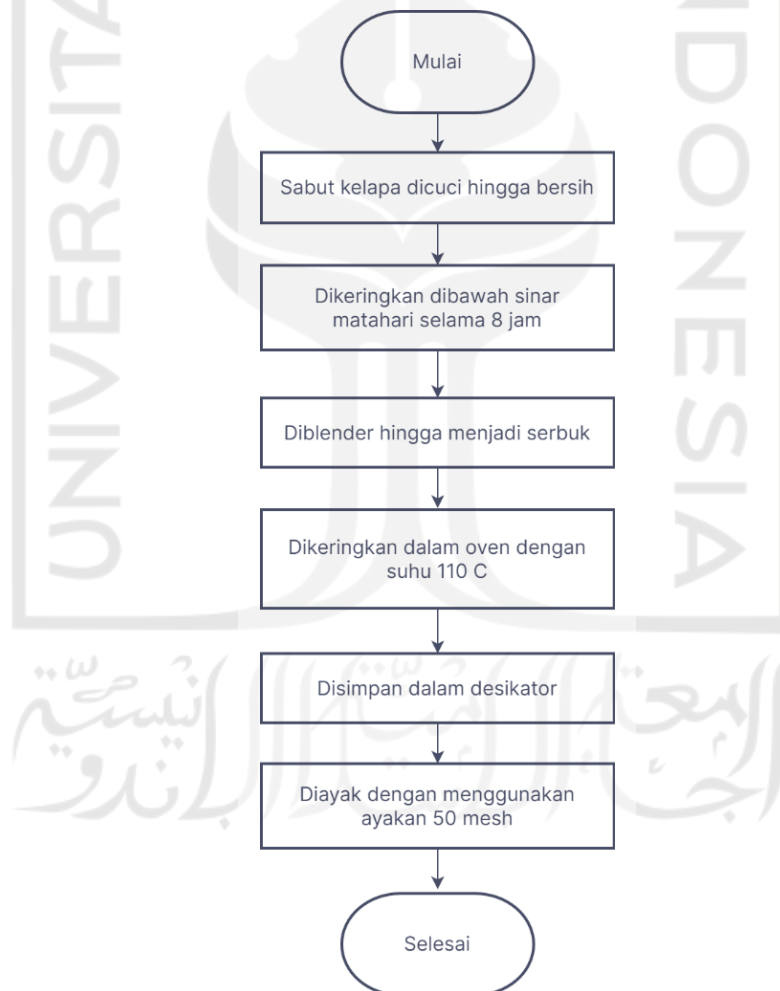
Adapun *flowchart* langkah dalam penelitian seperti pada Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Langkah Penelitian

### 3.2.1 Preparasi Adsorben

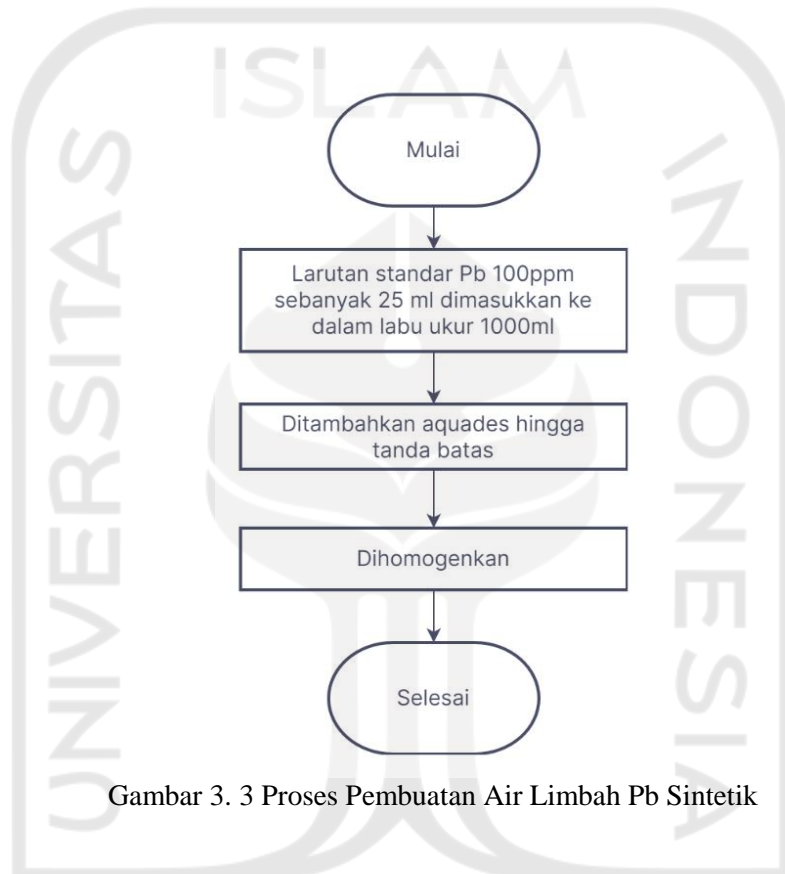
Pembuatan adsorben berasal dari limbah sabut kelapa yang diperoleh dari penjual kelapa parut dan es kelapa muda yang berlokasi di Jalan Kaliurang, Sleman, Yogyakarta. Pertama-tama sabut kelapa dikupas dan dicuci dengan air mengalir hingga bersih. Kemudian dikeringkan dibawah sinar matahari selama 8 jam. Setelah kering, sabut kelapa diblender hingga menjadi serbuk. Kemudian sabut kelapa di keringkan dalam oven pada suhu 110° C. Serbuk sabut kelapa kemudian disimpan dalam desikator dan siap digunakan sebagai bioadsorben yang dijelaskan pada Gambar 3.2.



Gambar 3. 2 Proses Preparasi Adsorben

### 3.2.2 Pembuatan Air Limbah Pb Sintetik

Pembuatan air limbah timbal (Pb) sintetik dilakukan dengan mengencerkan larutan standar Pb 100 ppm sebanyak 25 ml menggunakan aquadest 1000 ml. Sehingga akan didapatkan air limbah sintetik dengan konsentrasi 2,5 ppm. Langkah tersebut dijelaskan pada Gambar 3.3.

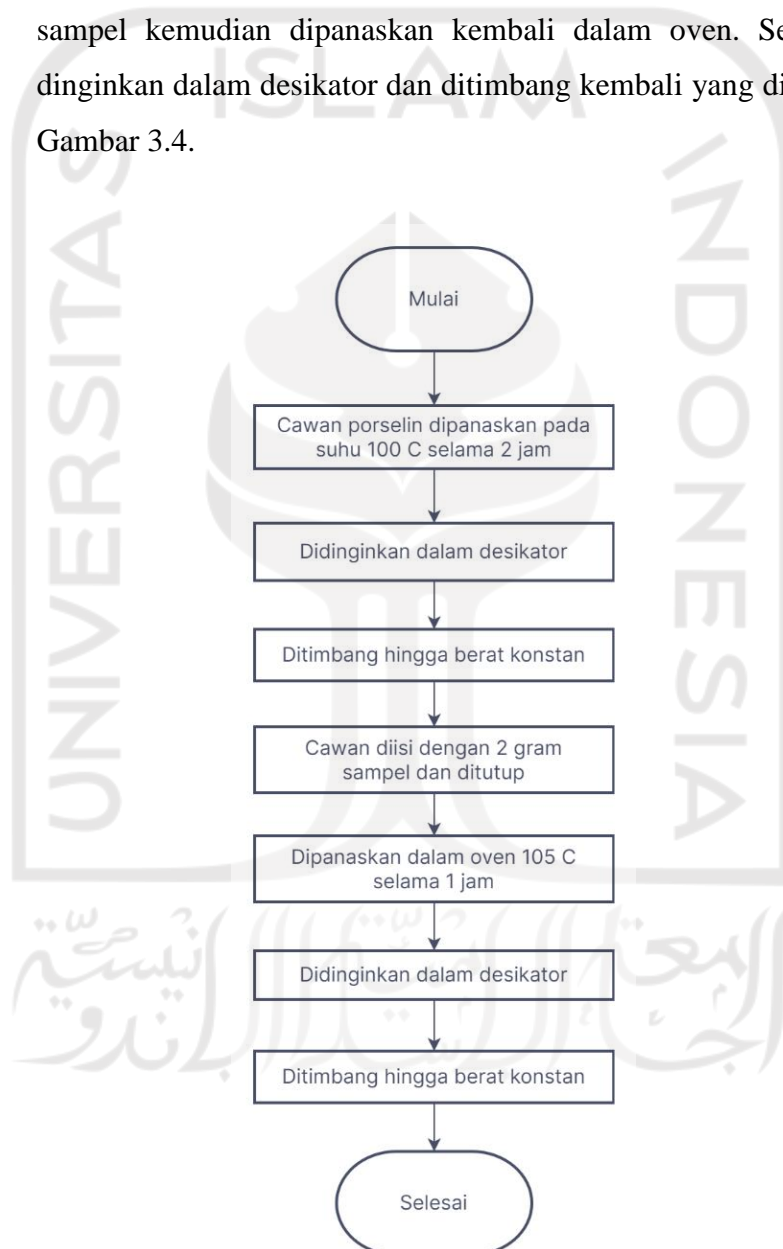


Gambar 3. 3 Proses Pembuatan Air Limbah Pb Sintetik

### 3.2.3 Pengujian Karakterisasi Adsorben

#### 3.2.3.1 Uji Kadar Air

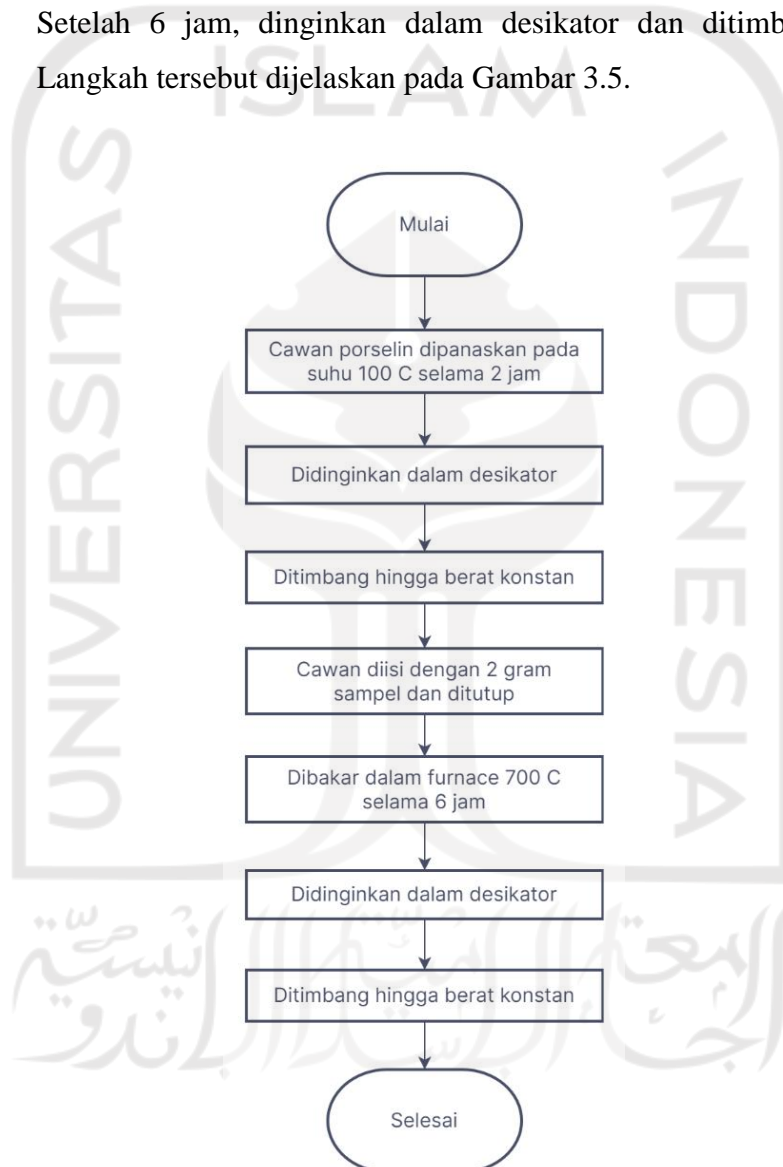
Pengujian kadar air pada adsorben dilakukan dengan memanaskan cawan porselin terlebih dahulu kemudian didinginkan dalam desikator dan ditimbang sampai berat konstan. Cawan porselin diisi dengan 2 gram sampel kemudian dipanaskan kembali dalam oven. Setelah 1 jam, dinginkan dalam desikator dan ditimbang kembali yang dijelaskan pada Gambar 3.4.



Gambar 3. 4 Proses Uji Kadar Air

### 3.2.3.2 Uji Kadar Abu

Pengujian kadar abu pada adsorben dilakukan dengan memanaskan cawan porselin terlebih dahulu kemudian didinginkan dalam desikator dan ditimbang sampai berat konstan. Cawan porselin diisi dengan 2 gram sampel dan ditutup kemudian dibakar dalam furnace dengan suhu 700°C. Setelah 6 jam, dinginkan dalam desikator dan ditimbang kembali. Langkah tersebut dijelaskan pada Gambar 3.5.

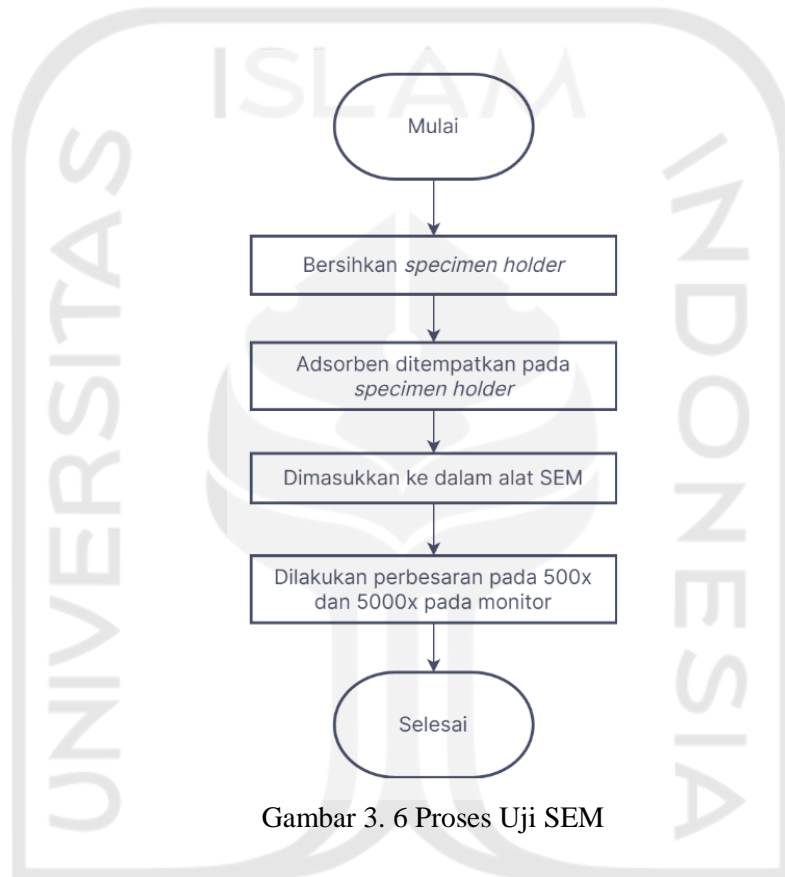


Gambar 3. 5 Proses Uji Kadar Abu



### 3.2.3.3 Scanning Electron Microscope (SEM)

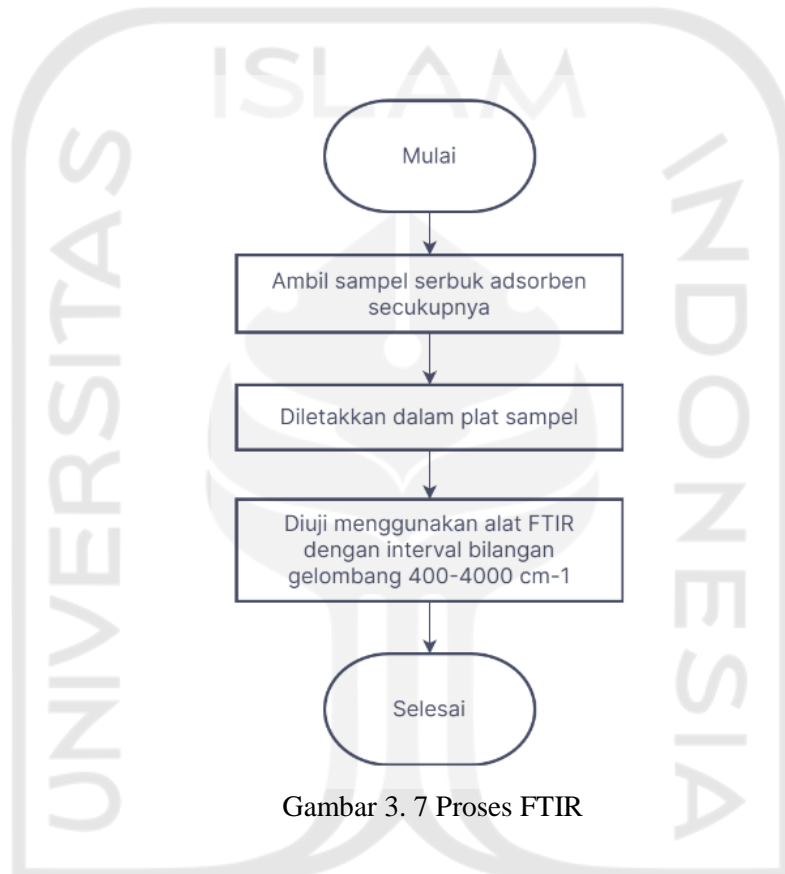
Karakterisasi adsorben dengan menggunakan alat *Scanning Electron Microscope* dilakukan dua kali perbesaran, yaitu perbesaran 500x dan 5000x. Adapun *flowchart* tahapan pengujian SEM (*Scanning Electron Microscope*) seperti pada Gambar 3.6.



Gambar 3. 6 Proses Uji SEM

### 3.2.3.4 *Fourier Transform Infrared (FTIR)*

Karakterisasi adsorben dengan menggunakan IRTracer-100 dilakukan dengan meletakkan serbuk kelapa di plat sampel, yang dibaca melalui perangkat monitor. Adapun *flowchart* tahapan pengujian FTIR (*Fourier Transform Infrared*) pada Gambar 3.7.



Gambar 3. 7 Proses FTIR

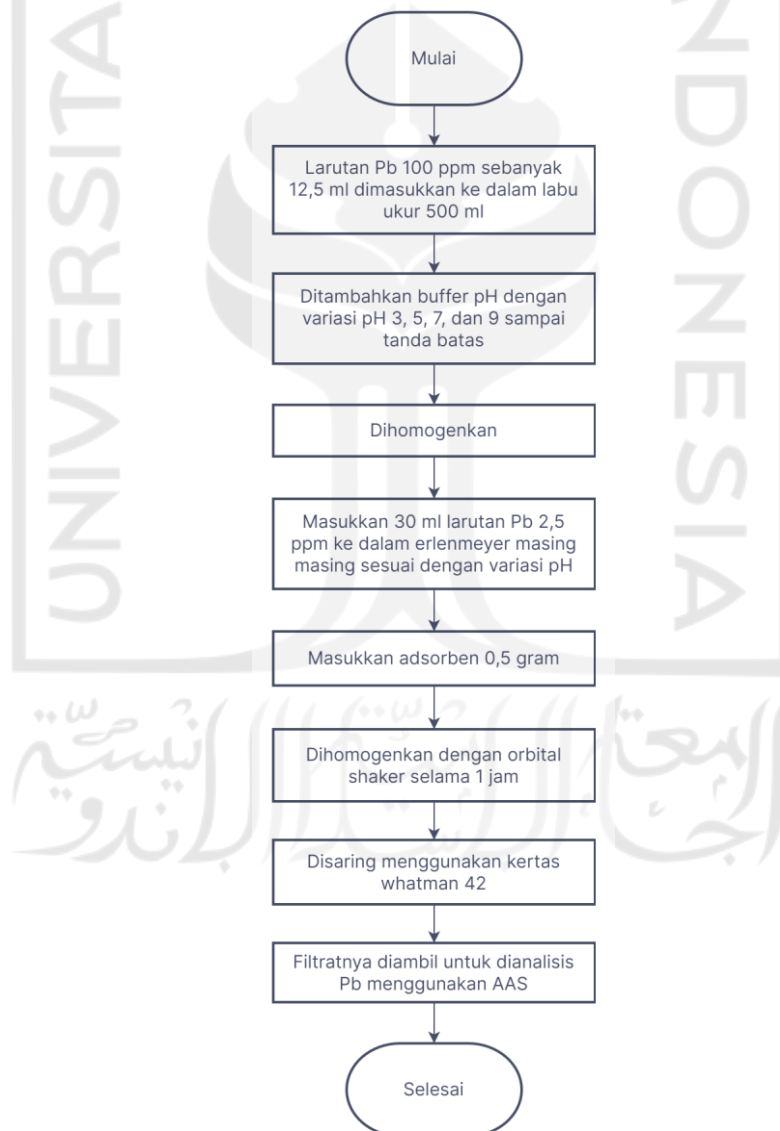
الجامعة الإسلامية  
الاستدراك الباندو

### 3.2.4 Pengujian Adsorpsi Pada Air Limbah Pb Sintetik

Pengujian adsorpsi pada air limbah Pb sintetik dilakukan dengan berbagai variasi yaitu variasi pH, waktu kontak, dan konsentrasi timbal (Pb).

#### 3.2.4.1 Uji Adsorpsi Variasi pH

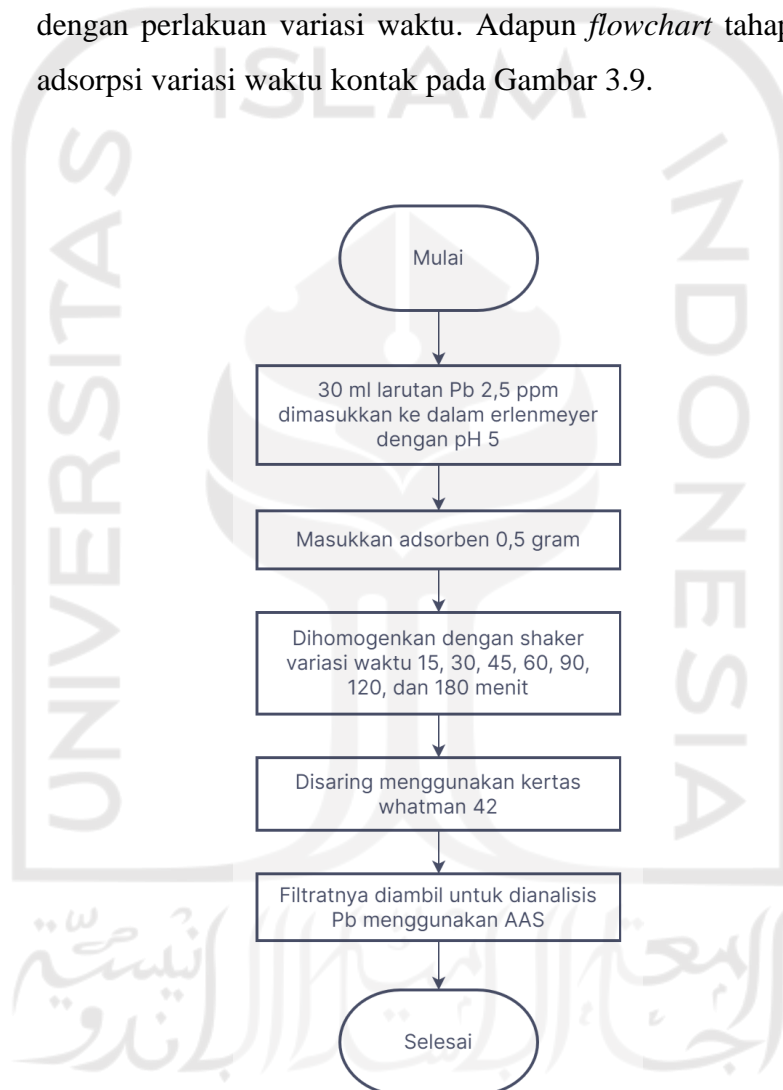
Pengujian ini dilakukan dengan menghomogenkan adsorben 0,5 gram dan larutan Pb 2,5 ppm ke shaker selama 1 jam. Uji adsorpsi dilakukan dengan variasi pH 3, 5, 7, dan 9. Adapun langkah pengujian adsorpsi variasi pH seperti pada Gambar 3.8.



Gambar 3. 8 Proses Uji Adsorpsi Variasi pH

### 3.2.4.2 Uji Adsorpsi Variasi Waktu Kontak

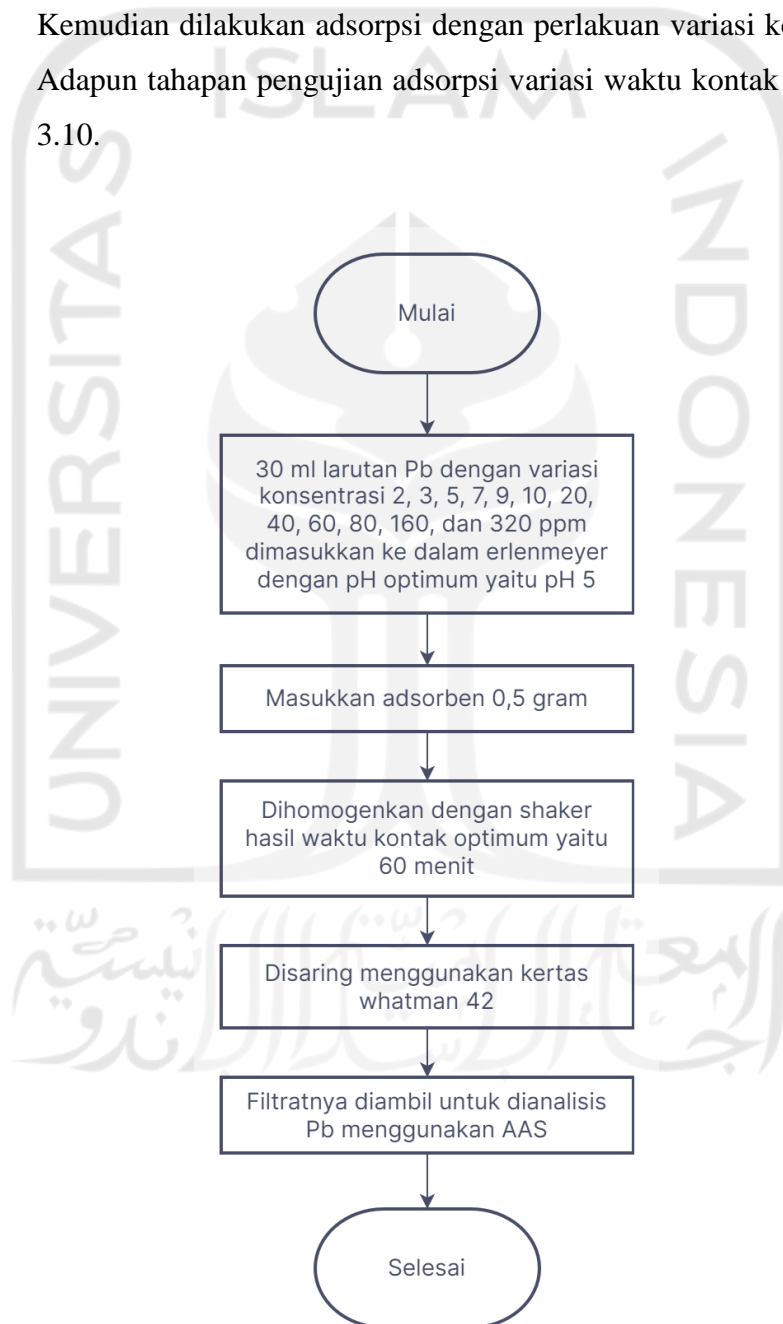
Setelah didapatkan pH optimumnya, kemudian melakukan pengujian variasi waktu kontak. Pengujian ini dilakukan dengan menghomogenkan adsorben sebanyak 0,5 gram dan larutan Pb 2,5 ppm sebanyak 30 ml dengan hasil pH optimum yaitu pH 5 ke magnetic shaker dengan perlakuan variasi waktu. Adapun *flowchart* tahapan pengujian adsorpsi variasi waktu kontak pada Gambar 3.9.



Gambar 3. 9 Proses Uji Variasi Waktu Kontak

### 3.2.4.3 Uji Adsorpsi Variasi Konsentrasi Pb

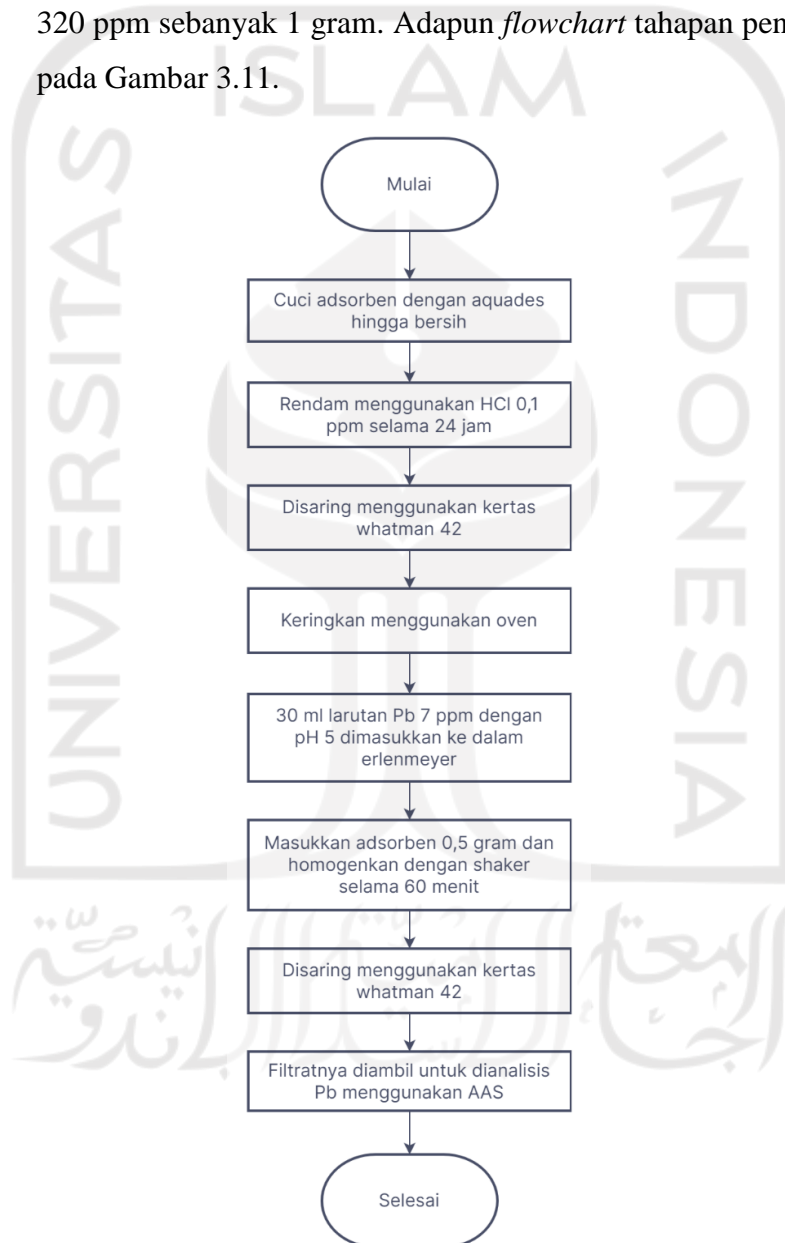
Setelah didapatkan waktu kontak optimum, kemudian melakukan pengujian variasi konsentrasi Pb. Pengujian ini dilakukan dengan menghomogenkan adsorben sebanyak 0,5 gram dan larutan Pb 5 ppm ke shaker dengan hasil pH 5 dan waktu kontak optimum yaitu 1 jam. Kemudian dilakukan adsorpsi dengan perlakuan variasi konsentrasi Pb. Adapun tahapan pengujian adsorpsi variasi waktu kontak pada Gambar 3.10.



Gambar 3. 10 Proses Uji Variasi Konsentrasi Pb

### 3.2.4.4 Pemanfaatan Kembali Adsorben Setelah Adsorpsi

Setelah didapatkan pH, waktu kontak, dan konsentrasi Pb optimum, kemudian melakukan pengujian pemanfaatan kembali adsorben yang telah digunakan. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan limbah adsorben pengujian variasi konsentrasi 160 dan 320 ppm sebanyak 1 gram. Adapun *flowchart* tahapan pengujian seperti pada Gambar 3.11.



Gambar 3. 11 Pemanfaatan Kembali Adsorben Setelah Adsorpsi

### 3.5 Analisis Data

#### 3.5.1 Analisis Kadar Air

Uji kadar air dilakukan dengan tujuan mengetahui sifat higroskopis atau kemampuan suatu zat untuk menyerap molekul air dari adsorben yang telah dibuat. Jika mengacu pada SNI 06-3730-1995 tentang arang aktif teknis, kadar air maksimal untuk adsorben yaitu sebesar 15%. Kadar air dalam sabut kelapa dapat diketahui dengan mengeringkannya di dalam oven terlebih dahulu. Setelah didinginkan dalam desikator dan ditimbang, hal yang dilakukan selanjutnya yaitu perhitungan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{M_o - M}{M_o} \times 100\%$$

Keterangan:

$M_o$  = berat sampel awal sebelum dikeringkan (g)

$M$  = berat sampel sesudah dikeringkan (g)

Nilai kadar air dalam suatu adsorben sangat dipengaruhi oleh total uap air di udara, lamanya proses pendinginan, dan kemampuan menyerap molekul air dari adsorben tersebut (Hendaway, 2003). Lamanya waktu dan suhu pada saat karbonisasi akan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kadar air yang dapat diserap. Kadar air akan menurun ketika suhu karbonisasi yang digunakan semakin meningkat.  $H_2O$  akan mengalami perubahan bentuk dari cair menjadi gas setelah mencapai titik didih  $100^\circ\text{C}$ . Sehingga semakin tinggi suhu pada saat karbonisasi, maka semakin tinggi pula air yang menguap dan kadar airnya menjadi rendah (Purbacaraka et al., 2017).

### 3.5.2 Analisis Kadar Abu

Kadar abu adalah jumlah oksida logam yang terdiri dari mineral yang terkandung dalam bahan yang tidak dapat diuapkan selama proses pembakaran. Pengujian kadar abu ini dilakukan dengan tujuan mengetahui kandungan bahan anorganik pada adsorben yang telah dibuat. Jika mengacu pada SNI 06-3730-1995 tentang arang aktif teknis, kadar abu maksimal untuk adsorben yaitu sebesar 10%. Kadar abu dalam sabut kelapa dapat diketahui dengan membakarnya dengan menggunakan furnace terlebih dahulu. Setelah didinginkan dalam desikator dan ditimbang, hal yang dilakukan selanjutnya yaitu perhitungan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kadar abu (\%)} = \frac{F-G}{B-G} \times 100\%$$

Keterangan:

F = berat cawan ditambah abu (g)

B = berat cawan ditambah sampel kering (g)

G = berat cawan kosong (g)

Kadar abu memiliki efek signifikan pada kualitas adsorben. Adanya abu yang berlebih dapat menyebabkan pori-pori adsorben menjadi tersumbat sehingga mengurangi luas permukaan dari adsorben tersebut. Kadar abu yang dihasilkan akan semakin meningkat seiring dengan semakin tingginya suhu saat karbonisasi. Tingginya kadar abu diakibatkan oleh kandungan bahan anorganik yang teroksidasi pada suhu tinggi berubah menjadi senyawa abu dan endapan unsur anorganik akan menempel pada permukaan adsorben (Purbacaraka et al., 2017).



### 3.5.4 Analisis Adsorpsi Pada Air Pb Sintetik

Data yang sebelumnya didapatkan melalui pengujian *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS) berupa angka (kuantitatif) yang kemudian dianalisis untuk mengetahui kapasitas adsorpsi. Kapasitas adsorpsi didefinisikan sebagai jumlah adsorbat yang dapat terakumulasi pada permukaan adsorben yang digunakan. Dari pengujian *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS) diketahui nilai dari konsentrasi logam timbal (Pb) pada air sebelum dan sesudah proses adsorpsi dengan variasi pH, waktu kontak, dan konsentrasi Pb. Menghitung konsentrasi timbal yang terserap oleh adsorben menggunakan rumus sebagai berikut:

$$C \text{ terserap} = C_o - C_t$$

Keterangan:

$C_o$  = konsentrasi awal air limbah (mg/L)

$C_t$  = konsentrasi akhir air limbah (mg/L)

Kemudian melakukan perhitungan kapasitas adsorpsi dari adsorben menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kapasitas Adsorpsi } (qt) = \frac{(C_o - C_t)}{m} \times V$$

Keterangan:

$C_o$  = konsentrasi awal air limbah (mg/L)

$C_t$  = konsentrasi akhir air limbah (mg/L)

$V$  = volume larutan (L)

$m$  = massa adsorben (g)

Setelah didapatkan kapasitas adsorpsinya, hal yang dilakukan selanjutnya yaitu perhitungan untuk menentukan efisiensi adsorpsi dari sabut kelapa dalam menyisihkan kadar logam timbal. Perhitungan efisiensi penyisihan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Efisiensi penyisihan (\%)} = \frac{(C_0 - C_t)}{C_0} \times 100\%$$

Keterangan:

$C_0$  = konsentrasi awal air limbah (mg/L)

$C_t$  = konsentrasi akhir air limbah (mg/L)

### 3.5.5 Analisis Kinetika Adsorpsi

Data yang sebelumnya telah didapatkan melalui analisis adsorpsi berupa nilai kapasitas adsorpsi dan efisiensi penyisihan, selanjutnya akan diolah menggunakan kinetika adsorpsi menggunakan model persamaan orde tingkat pertama dan persamaan orde tingkat kedua. Persamaan orde pertama dalam persamaan liniernya dapat dituliskan:

$$\text{Log}(q_e - q_t) = \text{Log}(q_e) - \frac{K_1}{2,303}(t)$$

Keterangan:

$q_t$  : kapasitas adsorpsi maksimal pada waktu  $t$  (mg N/g)

$q_e$  : kapasitas adsorpsi pada waktu kesetimbangan (mg N/g)

$K_1$  : konstanta laju reaksi pada orde pertama (1/menit)

Sedangkan persamaan orde kedua dapat dituliskan dengan persamaan:

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{1}{q_e}(t)$$

Keterangan:

$q_t$  : kapasitas adsorpsi maksimal pada waktu  $t$  (mg N/g)

$q_e$  : kapasitas adsorpsi pada waktu kesetimbangan (mg N/g)

$K_2$  : konstanta laju reaksi pada orde kedua (1/menit)

### 3.5.5 Analisis Isoterm Adsorpsi

Untuk menghitung Isoterm Langmuir mengikuti persamaan berikut ini:

$$\frac{C_e}{q_t} = \frac{1}{Kl \cdot q_m} + \frac{1}{q_m} \times C_e$$

Keterangan:

$q_t$  : kapasitas adsorpsi maksimal pada waktu  $t$  (mg/g)

$q_m$  : kapasitas adsorpsi (mg/g)

$Kl$  : konstanta langmuir (l/mg)

$C_e$  : konsentrasi adsorbat pada saat kesetimbangan (mg/L)

Kemudian untuk menghitung Isoterm Freundlich menggunakan persamaan:

$$\log q_t = \log K_f + \frac{1}{n} \log C_e$$

Keterangan:

$q_t$  : total logam yang terserap pada saat kesetimbangan (mg.N/g)

$C_e$  : konsentrasi logam pada saat kesetimbangan (mg.N/L)

$K_f$  : konstanta freundlich (l/mg).

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Karakterisasi Adsorben

##### 4.1.1 Kadar Air

Pengujian kadar air dilakukan untuk mengetahui sifat higroskopis atau kemampuan suatu zat untuk menyerap atau melepaskan molekul air dari adsorben yang telah dibuat. Hal ini menunjukkan bahwa kandungan air yang terkandung di bahan baku telah lebih dahulu keluar sebelum digunakan sebagai adsorben yang berkaitan dengan baik tidaknya adsorben yang akan digunakan untuk proses adsorpsi. Apabila adsorben memiliki kadar air yang tinggi, hal ini dapat mengurangi daya serap terhadap gas atau cairan karena pori-pori permukaan adsorben akan tertutupi oleh molekul-molekul air, sehingga menurunkan mutu dari adsorben tersebut dan sebaliknya apabila kadar air kecil maka daya serap adsorben akan meningkat. Berdasarkan pada SNI 06-3730-1995, kadar air maksimal untuk adsorben yaitu sebesar 15%.

$$\text{Kadar air (\%)} = 11,5 \%$$

*(perhitungan pada Lampiran 1)*

Kadar air yang didapatkan dari hasil perhitungan yang telah dilakukan yaitu sebesar 11,5%. Jika dibandingkan dengan SNI 06-3730-1995, maka nilai kadar air masih masuk kedalam batas nilai maksimal yang telah ditentukan. Dalam hal ini menunjukkan bahwa kadar air dalam adsorben sudah memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan. Besarnya kadar air dari adsorben yang dihasilkan akan mempengaruhi daya serap adsorben terhadap adsorbat. Semakin rendah kadar air, maka semakin banyak ruang yang dapat ditempati oleh adsorbat di dalam pori-

pori sehingga proses adsorpsi dapat terjadi secara optimal. Terlepasnya molekul air pada saat pengujian kadar air akan menyebabkan pori-pori adsorben semakin besar. Apabila pori-pori semakin besar maka luas permukaan adsorben juga akan semakin bertambah sehingga meningkatkan kemampuan adsorpsi.

#### 4.1.2 Kadar Abu

Pengujian kadar abu dilakukan untuk mengetahui kandungan bahan anorganik yang tersisa dalam adsorben yang telah dibuat. Pengujian kadar abu pada adsorben dilakukan dengan membakar adsorben ke dalam furnace dengan suhu 700°C selama 6 jam. Sisa bahan anorganik tersebut merupakan pengotor yang menutupi pori-pori pada adsorben sabut kelapa. Apabila bahan pengotor itu dihilangkan, maka pori-pori pada permukaan menjadi lebih luas dan proses adsorpsi terjadi dengan optimal. Jika mengacu pada SNI 06-3730-1995, kadar abu maksimal untuk adsorben yaitu sebesar 10%.

$$\text{Kadar abu (\%)} = 2,25\%$$

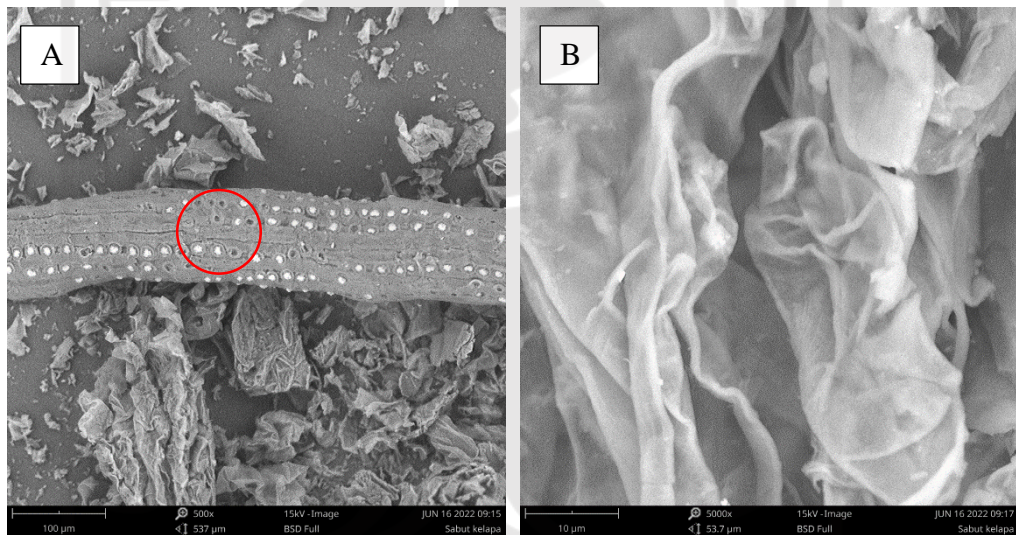
*(perhitungan pada Lampiran 2)*

Kadar abu yang didapatkan dari hasil perhitungan yang telah dilakukan yaitu sebesar 2,25%. Jika dibandingkan dengan SNI 06-3730-1995, maka nilai kadar abu pada adsorben sabut kelapa sebesar 2,25% masih masuk kedalam batas nilai maksimal yang telah ditentukan. Kadar abu yang terkandung dalam adsorben akan mempengaruhi daya serap dari adsorben tersebut. Menurut Wijayanti (2009), apabila pada adsorben mengandung terlalu banyak kadar abu, maka kualitas adsorben tersebut kurang baik karena dapat mengurangi kemampuannya dalam proses adsorpsi. Hal ini terjadi karena adanya penyumbatan pori-pori dari adsorben yang digunakan dan dapat menyebabkan luas permukaannya berkurang. Semakin rendah kadar abu, maka semakin banyak ruang yang dapat ditempati oleh adsorbat di dalam pori-pori adsorben. Apabila pori-

pori semakin besar maka luas permukaan adsorben juga akan semakin bertambah, hal ini akan meningkatkan kemampuan adsorpsi.

#### 4.1.3 Scanning Electron Microscope (SEM)

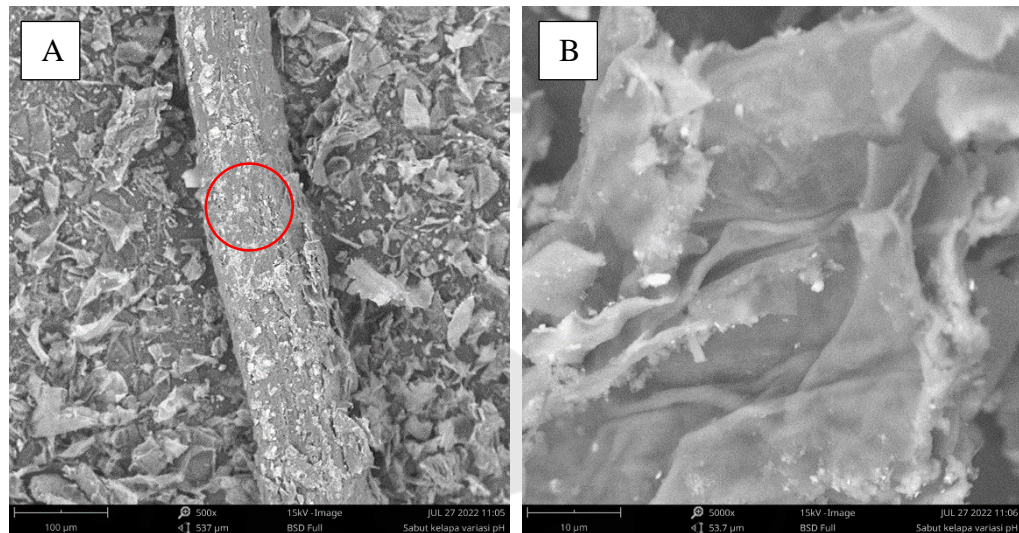
Pengujian *Scanning Electron Microscope* (SEM) dilakukan untuk mengetahui gambaran bentuk permukaan dari material sabut kelapa dan morfologi seratnya. Pemindaian sampel sabut kelapa yang belum digunakan untuk adsorpsi menggunakan SEM dilakukan pada perbesaran 500x dan 5000x. Pembacaan adsorben dilakukan menggunakan adsorben sabut kelapa dengan ukuran partikel 50 mesh.



Gambar 4. 1 Hasil Uji SEM Sabut Kelapa Sebelum Adsorpsi Perbesaran 500X (A) dan Perbesaran 5000X (B)

Berdasarkan Gambar 4.1 hasil uji SEM sabut kelapa sebelum adsorpsi pada perbesaran 500x (kiri), menunjukkan morfologi serat sabut kelapa yang memiliki permukaan kasar dan berbentuk silinder yang terdapat pori-pori berlubang di bagian permukaannya yang ditunjukkan pada lingkaran merah. Sedangkan hasil uji SEM sabut kelapa sebelum adsorpsi yang dilakukan pada perbesaran 5000x (kanan), menunjukkan morfologi serbuk sabut kelapa yang memiliki permukaan pori-pori yang

lebar, sehingga dapat mengikat zat logam timbal dalam proses adsorpsi dengan maksimal.

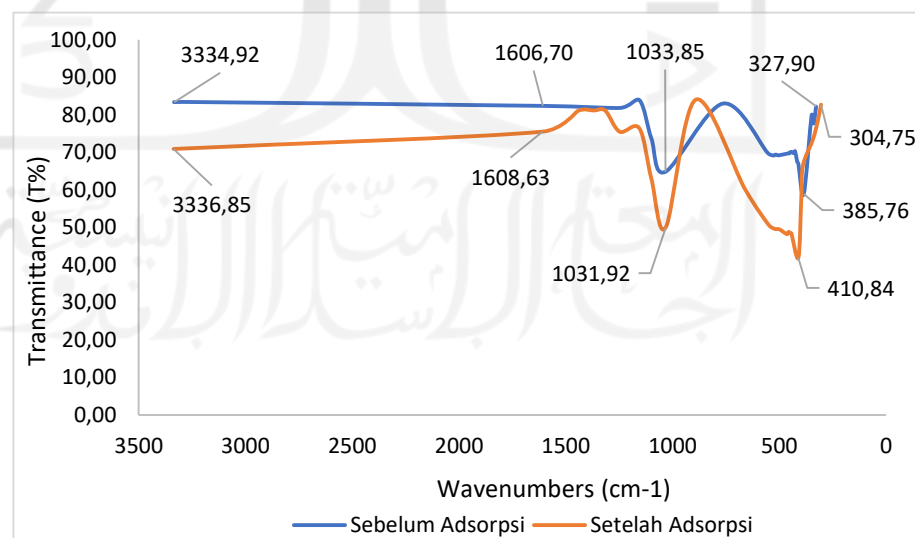


Gambar 4. 2 Hasil Uji SEM Sabut Kelapa Setelah Adsorpsi Perbesaran 500X (A) dan Perbesaran 5000X (B)

Pada Gambar 4.2 hasil uji SEM sabut kelapa setelah adsorpsi pada perbesaran 500x (A), menunjukkan morfologi sabut kelapa yang memiliki pori-pori tertutup oleh partikel yang telah diserap oleh sabut kelapa yang ditunjukkan pada lingkaran merah. Sedangkan hasil uji SEM sabut kelapa setelah adsorpsi yang dilakukan pada perbesaran 5000x (B), menunjukkan morfologi serbuk sabut kelapa yang memiliki permukaan pori-pori yang rapat. Jika hasil uji SEM Gambar 4.1 sebelum adsorpsi pada perbesaran 500X dibandingkan dengan hasil uji SEM Gambar 4.2 setelah adsorpsi dengan perbesaran yang sama, terlihat perbedaan pada pori-pori sabut kelapa sebelum adsorpsi terlihat berlubang sedangkan pada hasil uji setelah adsorpsi menjadi pori-pori tertutup. Serta hasil uji SEM Gambar 4.2 setelah adsorpsi pada perbesaran 5000X, rongga pori-pori terlihat lebih kecil jika dibandingkan dengan hasil uji SEM Gambar 4.1 sebelum adsorpsi dengan perbesaran yang sama. Hal ini dikarenakan terjadi penyerapan ion logam Pb pada adsorben pada saat proses adsorpsi.

#### 4.1.4 Fourier Transform Infrared (FTIR)

Pengujian *Fourier Transform Infrared* (FTIR) dilakukan untuk mengetahui karakterisasi gugus fungsi yang terkandung di dalam adsorben sabut kelapa. Karakterisasi menggunakan FTIR ini bertujuan untuk menganalisis perbedaan karakteristik gugus fungsi pada adsorben sabut kelapa pada saat sebelum dan sesudah adsorpsi. Spektra gelombang yang dihasilkan dari pembacaan FTIR selanjutnya diinterpretasi yang meliputi bilangan gelombang dan persen transmittansinya untuk menentukan gugus fungsi yang terdapat pada sampel adsorben sabut kelapa. Serbuk sabut kelapa yang belum digunakan untuk adsorpsi dikarakterisasi menggunakan alat IRTracer-100, yang dioperasikan dengan monitor sehingga muncul spektrum gelombang tertentu. Dari data hasil pembacaan FTIR yang dapat dilihat pada Lampiran 7, dilakukan analisis dengan mengidentifikasi puncak (*peak*) pita serapan spesifik pada panjang gelombang tertentu. Setiap puncak (*peak*) menunjukkan jenis gugus fungsi tertentu yang terkandung dalam adsorben. Pada Gambar 4.3 merupakan hasil uji FTIR yang menunjukkan struktur kimia yang terkandung di dalam adsorben sabut kelapa.



Gambar 4. 3 Hasil Uji FTIR Sabut Kelapa



Dari hasil spektra yang dihasilkan pada Gambar 4.3 sebelum adsorpsi, terdapat puncak pita serapan pada bilangan gelombang 3334,92  $\text{cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya vibrasi ulur pada ikatan O-H yang merupakan gugus fungsi hidroksil dengan kemungkinan mengandung senyawa asam karboksilat, jika dikonfirmasi pada daerah *finger print* terdapat serapan gelombang 1033,85  $\text{cm}^{-1}$  yang merupakan vibrasi dari ikatan C-O maka menunjukkan pada sampel sabut kelapa memiliki kandungan senyawa alcohol dan fenol. Terdapat pula pada bilangan gelombang 1606,70  $\text{cm}^{-1}$  terdapat vibrasi ikatan C=O yang menunjukkan adanya senyawa aldehid dan keton. Gugus-gugus fungsi yang muncul ini akan berinteraksi dengan ion logam pada saat berlangsungnya proses adsorpsi. Jumlah gugus fungsi yang dimiliki adsorben akan mempengaruhi daya serap pada saat proses adsorpsi karena pori-pori serbuk sabut kelapa akan tertutup oleh gugus fungsi tersebut sehingga mengurangi kemampuan penyerapan adsorben.

Jika pada Gambar 4.3 grafik sabut kelapa yang telah digunakan sebagai adsorben dibandingkan dengan grafik serbuk sabut kelapa sebelum adsorpsi, terlihat persen transmitansi (T%) yang merupakan puncak pita getaran cenderung menurun. Transmitansi pada ikatan O-H sebelum adsorpsi berada pada 83%, namun setelah adanya adsorpsi persen transmitansi (T%) turun menjadi 71%. Hal ini menunjukkan karena adanya interaksi yang terjadi antara gugus aktif hidroksil (-OH) dengan kation Pb(II). Adsorpsi Pb terjadi dikarenakan adanya reaksi antara ion logam Pb dengan adsorben sabut kelapa yang membentuk ikatan kimia. Ikatan kimia ini terjadi karena adanya selulosa yang terkandung dalam sabut kelapa. Mekanisme Adsorpsi yang terjadi adalah gugus O-H dan gugus C-O yang memiliki muatan negatif berikatan dengan ion logam Pb yang bermuatan positif maka akan terjadi tarik menarik dengan ini logam Pb yang terkandung dalam larutan akan terserap.

## 4.2 Analisis Adsorpsi Pada Air Limbah Pb Sintetik

### 4.2.1 Pengaruh pH Terhadap Penyisihan Timbal (Pb)

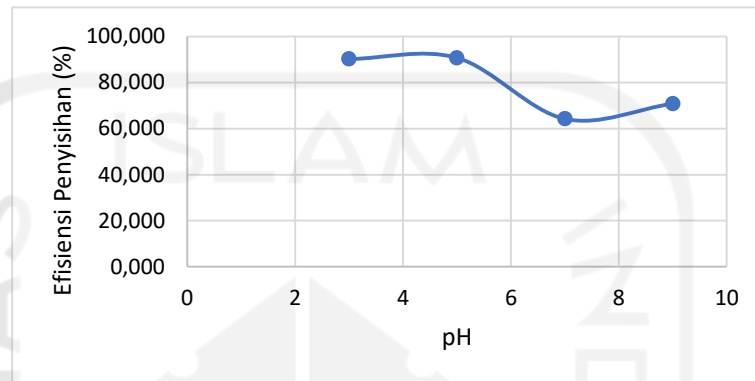
Adanya uji adsorpsi variasi pH atau derajat keasaman digunakan untuk mendapatkan nilai pH optimum yang terjadi selama proses adsorpsi. Konsentrasi awal Pb yang digunakan adalah 2,5 ppm sebanyak 30 ml dan menambahkan adsorben sebanyak 0,5 gram. Pada penelitian ini dilakukan variasi pH yaitu pada 3, 5, 7, dan 9. Hasil dari pengujian adsorpsi pada air limbah Pb sintetik dengan variasi pH didapatkan seperti dalam Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Pengaruh pH Terhadap Penyisihan Timbal

Variasi pH	Konsentrasi Awal Timbal (Co)	Konsentrasi Akhir Timbal (Ct)	Efisiensi Penyisihan	Kapasitas Adsorpsi (qt)
	ppm	ppm	%	mg/g
3	2,61	0,2552	90,222	0,1413
5		0,2416	90,743	0,1421
7		0,9334	64,238	0,1006
9		0,7610	70,843	0,1109

Hasil penelitian variasi pH didapatkan menurut perhitungan, pada pH 3 memiliki nilai efisiensi penyisihan sebesar 90,2% dengan kapasitas adsorpsi 0,141 mg/g, pH 5 memiliki nilai efisiensi penyisihan sebesar 90,7% dengan kapasitas adsorpsi 0,142 mg/g, pH 7 memiliki nilai efisiensi penyisihan sebesar 64,2% dengan kapasitas adsorpsi 0,10 mg/g, dan pada pH 9 memiliki nilai efisiensi penyisihan sebesar 70,8% dengan kapasitas adsorpsi 0,11 mg/g. Berdasarkan Tabel 4.1 menunjukkan bahwa nilai penyerapan optimum adsorben terhadap logam timbal terjadi pada pH 5 dengan konsentrasi awal timbal 2,61 ppm, kemudian setelah dilakukan adsorpsi konsentrasi turun menjadi 0,24 ppm. Dengan nilai efisiensi penyisihan sebesar 90,7% dan kapasitas adsorpsi sebesar 0,14 mg/g. Jika dibandingkan dengan variasi pH 3, 7, dan 9, adsorpsi menggunakan pH 5 mempunyai nilai efisiensi penyisihan dan kapasitas adsorpsi yang paling besar. Dari hasil uji yang telah didapat, yang

selanjutnya dilakukan adalah melakukan *plotting* pada grafik untuk menunjukkan hubungan antara efisiensi penyisihan terhadap variasi pH yang dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4. 4 Grafik Variasi pH Adsorpsi

Pada Gambar 4.4 terlihat titik pada adsorpsi menggunakan pH 3 memiliki efisiensi penyisihan 90,2% kemudian pada pH 5 meningkat menjadi 90,7% kemudian pada pH 7 menurun menjadi 64,2%, sehingga dapat dipastikan nilai pH optimum terdapat pada pH 5. Keadaan tingkat keasaman dari larutan timbal akan mempengaruhi proses adsorpsi dan terlihat pada grafik dimana pH semakin basa maka kapasitas adsorpsi pun juga akan semakin menurun.

Berdasarkan penelitian dari Romera dkk (2007), logam Pb berada paling banyak pada rentang pH 5–7 sebagai pH optimum untuk proses adsorpsi. Begitu pula penelitian yang dilakukan oleh Asnawati et al. (2017) yang menemukan bahwa hasil optimum berada pada pH 5. Efisiensi penyisihan Pb pada pH rendah tidak efektif untuk menghilangkan Pb dalam air. Pada pH asam, jumlah ion  $H^+$  pada larutan timbal cenderung lebih banyak sehingga akan terjadi persaingan antara ion  $H^+$  dengan logam timbal yang memiliki kondisi  $Pb^{2+}$  dalam membentuk ikatan dengan gugus aktif di dalam adsorben. Hal ini menyebabkan jumlah situs pengikatan adsorpsi yang tersedia akan berkurang dan dapat menghambat proses adsorpsi (Safriani et al., 2012).

Sedangkan pada pH basa, akan terjadi peningkatan  $\text{OH}^-$  dalam larutan dan ion  $\text{Pb}^{2+}$  akan mengendap menjadi  $\text{Pb}(\text{OH})_2$  yang sukar larut dalam air sehingga ion logam tidak dapat berikatan dengan gugus aktif dalam adsorben (Kardiman et al., 2019).

#### 4.2.2 Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Penyisihan Timbal (Pb)

Adanya variasi waktu pada penelitian adsorpsi digunakan untuk mendapatkan waktu paling minimal yang dibutuhkan adsorben pada saat proses adsorpsi untuk menyerap logam timbal secara maksimal. Variasi waktu dilakukan dengan menggunakan nilai optimum dari hasil variasi pH yaitu pada pH 5 dengan volume larutan sebanyak 30 ml dan menambahkan adsorben sebanyak 0,5 gram. Hasil dari pengujian adsorpsi pada air limbah Pb sintetis dengan variasi waktu disajikan dalam Tabel 4.2.

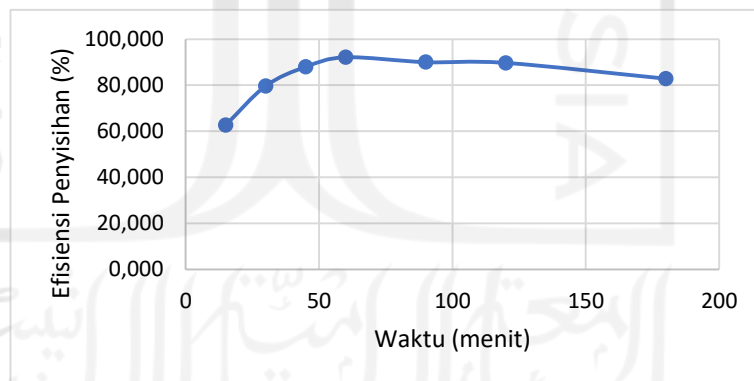
Tabel 4. 2 Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Penyisihan Timbal

Waktu	Konsentrasi Awal Timbal (Co)	Konsentrasi Akhir Timbal (Ct)	Efisiensi Penyisihan	Kapasitas Adsorpsi (qt)
menit	ppm	ppm	%	mg/g
15	2,7588	1,0298	62,672	0,1037
30		0,5616	79,643	0,1318
45		0,3325	87,948	0,1456
60		0,2177	92,109	0,1525
90		0,2848	89,677	0,1484
120		0,2761	89,992	0,1490
180		0,4736	82,833	0,1371

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, adsorpsi timbal oleh adsorben sabut kelapa pada menit ke 15 diperoleh efisiensi penyisihan sebesar 62,6% dengan kapasitas adsorpsi sebanyak 0,10 mg/g, kemudian menit ke 30 efisiensi penyisihan meningkat menjadi 79,6% dan kapasitas adsorpsi sebesar 0,13 mg/g, kemudian pada menit ke 45 efisiensi penyisihan meningkat menjadi 87,948%, kemudian di menit ke 60 efisiensi penyisihan mencapai nilai yang tertinggi sebesar

92,109%, dan pada menit-menit selanjutnya nilai efisiensi penyisihan mengalami penurunan. Hal ini dapat dijelaskan bahwa semakin lama waktu kontak yang dilakukan pada saat adsorpsi, maka semakin tinggi nilai efisiensi penyisihan hingga mencapai waktu tertentu dimana efisiensi penyisihan kembali menurun.

Pada Tabel 4.2 waktu optimal terdapat pada 60 menit dengan konsentrasi timbal awal sebesar 2,7588 ppm kemudian setelah dilakukan adsorpsi konsentrasi turun menjadi 0,2177 ppm. Jika dibandingkan dengan variasi waktu yang lainnya, pada waktu 60 menit memiliki nilai efisiensi penyisihan paling besar yaitu 92,109% dengan kapasitas adsorpsi sebesar 0,1525 mg/g. Keadaan jenuh sudah terlihat pada waktu 90 menit, keadaan ini terjadi apabila reaksi adsorben dengan logam timbal telah melewati waktu setimbangannya sehingga logam timbal tidak mampu diserap lagi oleh adsorben. Berdasarkan pada Tabel 4.2 dilakukan *plotting* pada grafik perbandingan antara kapasitas adsorpsi terhadap variasi waktu seperti pada Gambar 4.5.



Gambar 4. 5 Grafik Variasi Waktu

Berdasarkan Gambar 4.5 titik tertinggi waktu optimal terdapat pada 60 menit dengan efisiensi penyisihan sebesar 92,1%. Kemudian pada menit selanjutnya, efisiensi penyisihan mengalami penurunan. Dari hasil analisis tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin lama waktu kontak antara adsorben dengan air timbal maka kapasitas adsorpsi dan efisiensi penyisihannya semakin tinggi. Namun, kapasitas adsorpsi dan

efisiensi penyisihan dapat menurun setelah proses adsorpsi menemukan waktu setimbang. Hal ini dapat terjadi karena proses adsorpsi telah terjadi secara maksimal dan permukaan adsorben sudah tidak dapat menyerap adsorbat lagi karena ikatan antara molekul yang diadsorpsi dan permukaan adsorben akan semakin lemah.

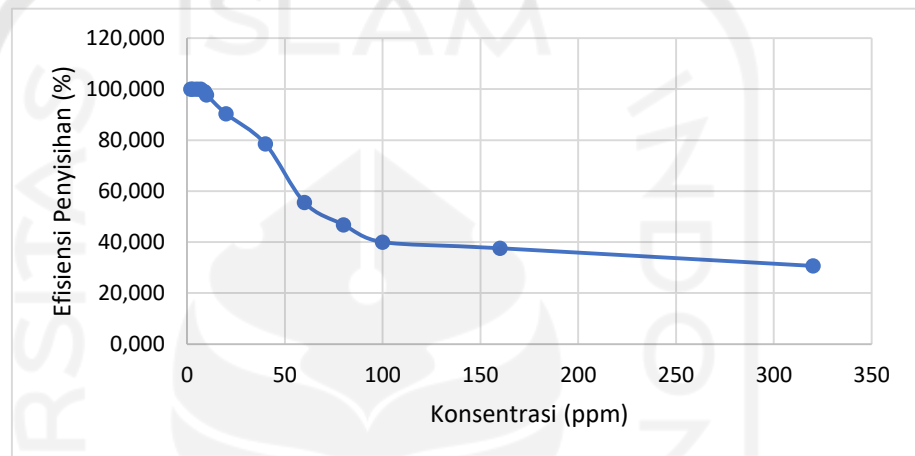
#### 4.2.3 Pengaruh Konsentrasi Timbal (Pb) Terhadap Penyisihan Timbal (Pb)

Setelah didapatkan pH optimum dan waktu kontak optimum, hal yang dilakukan selanjutnya adalah melakukan pengujian variasi konsentrasi Pb untuk mendapatkan konsentrasi optimum pada saat proses adsorpsi. Variasi konsentrasi dilakukan dengan menggunakan pH optimum yaitu pada pH 5 dengan volume larutan sebanyak 30 ml dan menambahkan adsorben sebanyak 0,5 gram. Kemudian dilakukan pengadukan pada *shaker* selama 60 menit. Hasil dari pengujian adsorpsi pada air limbah Pb sintetik dengan variasi konsentrasi didapatkan seperti dalam Tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Pengaruh Konsentrasi Terhadap Penyisihan Timbal

Konsentrasi	Konsentrasi Awal Timbal (Co)	Konsentrasi Akhir Timbal (Ct)	Efisiensi Penyisihan	Kapasitas Adsorpsi (qt)
ppm	ppm	ppm	%	mg/g
2	1,8705	0,0000	100,000	0,1122
3	3,2489	0,0000	100,000	0,1949
5	5,5338	0,0000	100,000	0,3320
7	7,4892	0,0000	100,000	0,4494
9	9,3856	0,0906	99,034	0,5577
10	10	0,2184	97,816	0,5869
20	20	1,9320	90,340	1,0841
40	40	8,5624	78,594	1,8863
60	60	26,6532	55,578	2,0008
80	80	42,5392	46,826	2,2476
100	100	59,9960	40,004	2,4002
160	160	99,8448	37,597	3,6093
320	320	221,8976	30,657	5,8861

Berdasarkan Tabel 4.3 didapatkan konsentrasi optimum pada saat proses adsorpsi yaitu sebesar 7 ppm. Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan, pada konsentrasi 2, 3, 5, dan 7 ppm efisiensi penyisihan yang terjadi saat proses adsorpsi sangat baik yaitu sebesar 100%. Sedangkan pada konsentrasi-konsentrasi selanjutnya mengalami penurunan, hingga pada konsentrasi 320 ppm nilai efisiensi penyisihan sebesar 30,657%.



Gambar 4. 6 Grafik Variasi Konsentrasi

Dari hasil perhitungan Tabel 4.3 digambarkan pada grafik sesuai Gambar 4.6 titik-titik konsentrasi terhadap efisiensi penyisihan yang dihubungkan dengan garis linier yang terus mengalami penurunan. Hal ini sejalan dengan teori dimana semakin besar konsentrasi larutan Pb maka efisiensi penyisihan akan semakin kecil.

#### 4.2.4 Pemanfaatan Kembali Adsorben Setelah Proses Adsorpsi

Setelah didapatkan pH, waktu kontak, dan konsentrasi Pb optimum, kemudian melakukan pengujian pemanfaatan kembali adsorben yang telah digunakan. Hal ini bertujuan untuk mengurangi limbah dari hasil proses adsorpsi yang berupa sabut kelapa. Pada pengujian ini hasil dari pengujian ini didapatkan seperti dalam Tabel 4.4.

Tabel 4. 4 Pemanfaatan Kembali Adsorben Setelah Adsorpsi

Konsentrasi Awal Timbal (Co)	Konsentrasi Akhir Timbal (Ct)	Konsentrasi Timbal yang Terserap	Efisiensi Penyisihan	Kapasitas Adsorpsi (qt)
ppm	ppm	ppm	%	mg/g
7,5229	0,3102	7,2127	95,877	0,4328

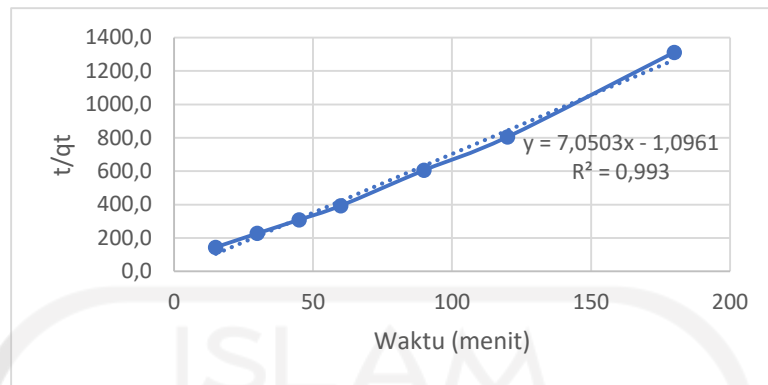
Berdasarkan Tabel 4.4 konsentrasi sebelum adsorpsi sebesar 7,5229 ppm dan konsentrasi akhir timbal setelah adsorpsi sebesar 0,3102. Dengan efisiensi penyisihan timbal sebesar 95,877% dan kapasitas adsorpsi sebesar 0,4328 mg/g. Hal ini menunjukkan bahwa limbah adsorben sabut kelapa dari hasil adsorpsi dapat dimanfaatkan kembali sebagai adsorben.

Proses adsorpsi ini memiliki potensi untuk diaplikasikan pada air limbah industri. Proses adsorpsi ini dapat dilakukan pada tersier treatment pada proses Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Namun sebelum air dibuang ke perairan perlu diberikan batasan output konsentrasi air limbah Pb telah sesuai dengan ketentuan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah, dengan kadar maksimum timbal sebesar 0,1 mg/l.

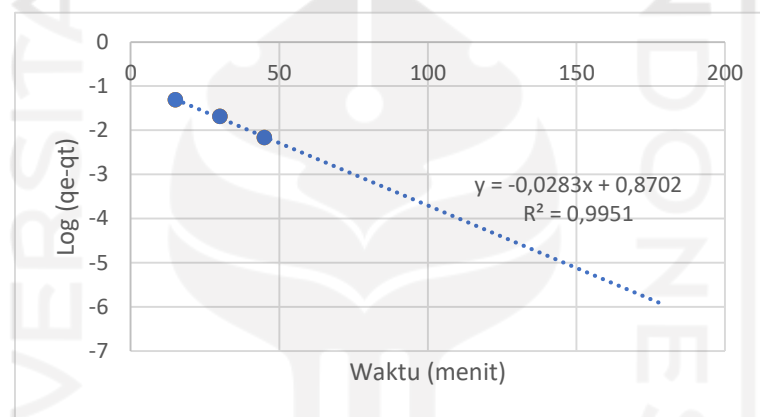
### 4.3 Analisis Kinetika Adsorpsi

Proses adsorpsi dapat terjadi karena adanya proses transfer antara adsorbat dengan kinetika yang disebabkan oleh faktor antara lain seperti difusi eksternal, difusi massal, proses fisika-kimia, maupun pertukaran ion. Model kinetika adsorpsi dipelajari dari pola adsorpsi yang terjadi pada adsorben dan adsorbat terhadap waktu. Model kinetika adsorpsi yang digunakan pada penelitian ini adalah model pseudo orde pertama dan orde kedua. Grafik hasil analisa model kinetika adsorpsi pseudo orde pertama dan orde kedua digambarkan seperti pada Gambar 4.7 dan Gambar 4.8.





Gambar 4. 7 Grafik Kinetika Adsorpsi Pseudo Orde Pertama



Gambar 4. 8 Grafik Kinetika Adsorpsi Pseudo Orde Kedua

Model kinetika adsorpsi yang digunakan pada penelitian ini adalah model pseudo orde pertama dan orde kedua. Berdasarkan hasil penggambaran grafik model kinetika adsorpsi orde pertama diperoleh persamaan dari plot linear  $\log (q_e - q_t)$  terhadap waktu yaitu  $y = -0,0283x + 0,8702$  dan nilai  $R^2 = 0,9951$ . Sedangkan persamaan yang didapatkan untuk model kinetika adsorpsi orde kedua yaitu  $y = 7,0503x - 1,0961$  dengan nilai  $R^2 = 0,993$ . Dari hasil persamaan linear tersebut dilakukan perhitungan parameter model kinetika berupa jumlah adsorpsi dan konstanta laju kesetimbangan dan didapatkan seperti pada Tabel 4.5.

Tabel 4. 5 Parameter Model Kinetika Adsorpsi

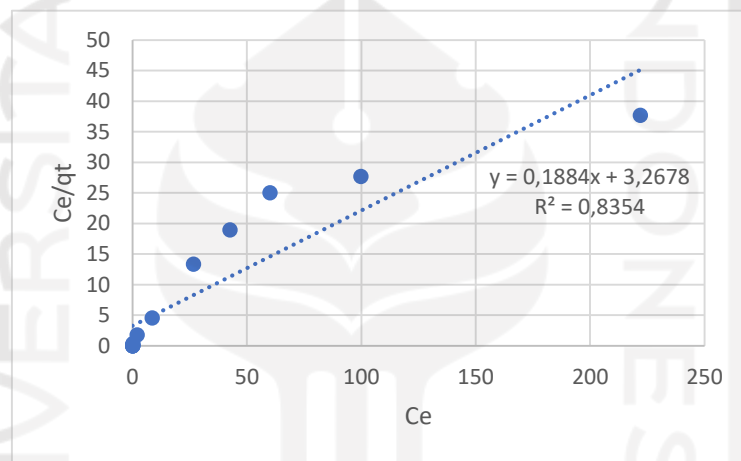
Model Kinetika	Persamaan Garis Linear	Nilai R <sup>2</sup>	Jumlah adsorpsi (q <sub>e</sub> )	Konstanta laju kesetimbangan (K)
			mg/g	1/menit
Pseudo Orde Pertama	$y = -0,0283x + 0,8702$	0,9951	7,4165	0,6517
Pseudo Orde Kedua	$y = 7,0503x - 1,0961$	0,993	0,1408	0,1111

Berdasarkan Tabel 4.5 didapatkan nilai K dari model kinetika pseudo orde pertama dan kedua berturut-turut adalah 0,65 dan 0,11. Nilai K atau konstanta laju kesetimbangan menunjukkan kecepatan proses adsorpsi yang terjadi, semakin tinggi nilai K maka semakin cepat pula proses adsorpsi berlangsung (Riyanti, 2016). Dari hasil analisis tersebut, didapatkan bahwa proses adsorpsi logam timbal (Pb) menggunakan adsorben sabut kelapa lebih tepat menggunakan mekanisme kinetika adsorpsi orde pertama karena memiliki nilai regresi linear (R<sup>2</sup>) yang mendekati 1. Sehingga didapatkan model yang sesuai untuk proses adsorpsi yang terjadi adalah model kinetika adsorpsi pseudo orde pertama. Persamaan kinetika adsorpsi pseudo orde pertama ini menjelaskan tentang tahap awal proses adsorpsi (*initial stage*). Hal ini menunjukkan bahwa pada permukaan bagian luar (*exterior*) dari adsorben menyerap kandungan timbal dan penyerapan terjadi sangat cepat pada tahap awal proses adsorpsi. Ketika bagian luar permukaan adsorben sudah jenuh maka kandungan timbal terserap ke bagian dalam (*interior*) permukaan dari adsorben. Yang terjadi pada profil waktu penyerapan timbal yaitu kurva tunggal dan kontinu yang mengarah kejenuhan.

#### 4.4 Analisis Isoterm Adsorpsi

Uji model isoterm dilakukan untuk menentukan model kesetimbangan mana yang cocok untuk digunakan dalam penelitian yang dilakukan. Isoterm adsorpsi ditentukan dengan mengubah isoterm Langmuir dan Freundlich menjadi kurva kesetimbangan linier. Adsorpsi isotermal yang dimaksudkan

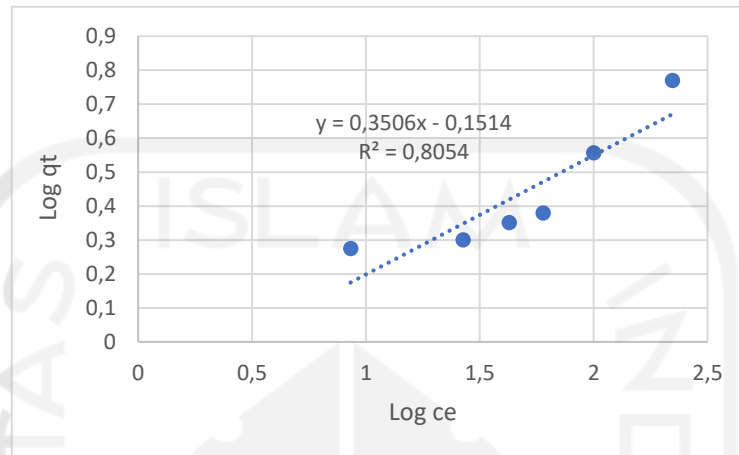
dalam penelitian ini adalah hubungan antara jumlah timbal yang teradsorpsi pada sabut kelapa dan konsentrasi timbal dalam fase cair pada suhu tertentu. Pola isoterm adsorpsi yang tepat ditentukan dengan menyesuaikan data studi dengan persamaan Langmuir dan Freundlich. Persamaan isoterm Langmuir dibuat grafik antara  $C_e/q_t$  dengan  $C_e$ , sedangkan persamaan isoterm Freundlich menggunakan perbandingan antara  $\log q_t$  dan  $\log c_e$ . Dari analisis yang dilakukan, maka dapat dihasilkan plot kurva adsorpsi isoterm Langmuir dan isoterm Freundlich sebagaimana ditampilkan pada Gambar 4.9 dan Gambar 4.10.



Gambar 4. 9 Grafik Isoterm Langmuir

Berdasarkan Gambar 4.9 maka dapat dilihat bahwa adsorpsi logam timbal oleh sabut kelapa yang mengikuti model adsorpsi isoterm Langmuir memiliki persamaan  $y = 0,1884x + 3,2678$  dengan nilai  $R^2 = 0,8354$ . Nilai parameter adsorpsi yang diperoleh jika dihitung dari garis miring dan intersep dari plot linear antara lain adalah nilai adsorpsi maksimal sebesar 5,3078 dan konstanta langmuir sebesar 0,0576. Berdasarkan Tabel 4.6 diperoleh nilai RL untuk konsentrasi optimal 7 mg/l adalah 0,712. Dikarenakan nilai RL berada

diantara 0 dan 1 maka dapat disimpulkan bahwa jenis adsorben isoterm termasuk ke dalam kategori baik untuk untuk proses adsorpsi.



Gambar 4. 10 Grafik Isoterm Freundlich

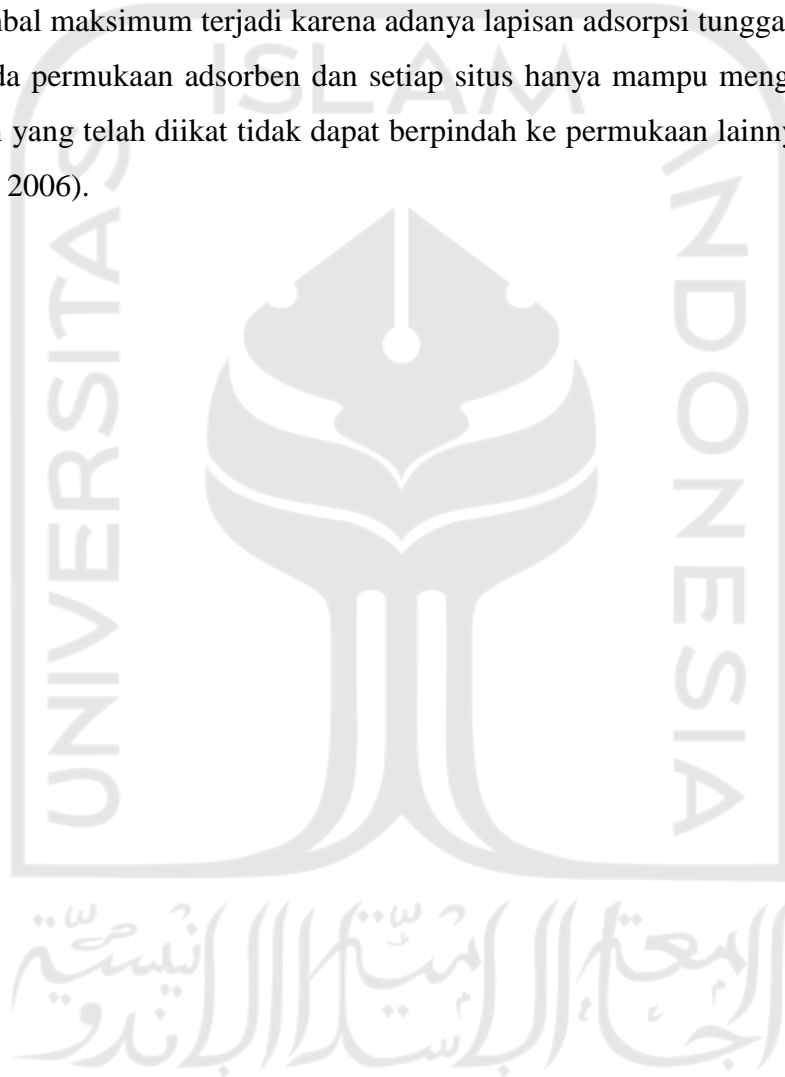
Berdasarkan Gambar 4.10 maka dapat dilihat bahwa perhitungan isoterm adsorpsi yang mengikuti model isoterm Freundlich memiliki persamaan  $y = 0,3506x - 0,1514$  dengan nilai  $R^2 = 0,8054$ . Nilai-nilai parameter Freundlich yang dihitung dari garis miring dan intersept dari plot linear log  $q_e$  vs log  $c_e$  yang diperoleh adalah nilai  $n = 2,852$  dan  $K_f = 0,7056$  seperti pada Tabel 4.6. Parameter model isoterm Langmuir dan isoterm Freundlich diperoleh dari persamaan yang didapatkan, dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4. 6 Parameter Model Isoterm Adsorpsi

<b>Model Parameter</b>	<b>Model Langmuir</b>
Adsorpsi Maksimal (mg/g)	5,3078
Konstanta Langmuir (l/g)	0,0576
RL	0,7124
<b>Model Parameter</b>	<b>Model Freundlich</b>
Intensitas Adsorpsi	2,8522
Konstanta Freundlich	0,7056
n	2,8522

Model isoterm yang sesuai dengan hasil penelitian dengan analisis regresi linier sederhana dapat dilihat dengan menguji data untuk koefisien korelasi ( $R^2$ ). Jika semakin dekat nilai  $R^2$  dengan 1, maka semakin besar pengaruh dan semakin kuat hubungan antar variabel. Hasil penelitian

menemukan bahwa nilai  $R^2$  untuk isoterm Langmuir lebih besar daripada isotherm Freundlich, sehingga adsorpsi terjadi dan cenderung mengikuti persamaan isoterm Langmuir. Isoterm ini menunjukkan adanya proses *chemisorption* atau ikatan kimia yang terbentuk karena adanya ikatan antara adsorben dan adsorbat. Hal tersebut menandakan penyerapan logam timbal maksimum terjadi karena adanya lapisan adsorpsi tunggal (*monolayer*) pada permukaan adsorben dan setiap situs hanya mampu mengikat satu ion. Ion yang telah diikat tidak dapat berpindah ke permukaan lainnya (Hasany et al., 2006).



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil penelitian karakterisasi adsorben, didapatkan kadar air sebesar 11,5% sedangkan kadar abu sebesar 2,25%. Dari hasil uji *Scanning Electron Microscope* (SEM), terlihat perbedaan pori-pori sabut kelapa setelah adsorpsi lebih tertutup daripada sebelum adsorpsi. Hasil uji *Fourier Transform Infrared* (FTIR) menunjukkan adsorben sabut kelapa memiliki ikatan gugus fungsi O-H, C-O, dan C=O.
2. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan kondisi optimum pH 5 dengan efisiensi penyisihan Pb sebesar 90%. Waktu optimum adsorpsi terjadi pada menit ke 60 dengan efisiensi penyisihan sebesar 92%. Konsentrasi optimum 7 ppm dengan efisiensi penyisihan sebesar 100%.
3. Berdasarkan hasil perhitungan kinetika adsorpsi, didapatkan model yang sesuai untuk proses adsorpsi yang terjadi adalah model kinetika adsorpsi pseudo orde pertama dengan nilai  $R^2 = 0,9951$ . Sedangkan model isoterm adsorpsi yang sesuai untuk proses adsorpsi yang terjadi adalah isoterm Langmuir dengan nilai  $R^2 = 0,8354$ .

#### 5.2 Saran

1. Untuk penelitian selanjutnya perlu dilakukan variasi adsorpsi berkelanjutan mengenai variasi massa dan temperatur.
2. Untuk penelitian selanjutnya sebaiknya menggunakan karbon aktif dan fiber untuk mengetahui perbandingannya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ashraf, MA., Maah, M.J., Yusoff, I. 2010. Study of Banana peel (*Musa sapientum*) as a Cationic Biosorben. *American Eurasian J. Agric & Environ. Sci* 8(1): 7-17.
- Ayu, E.L. 2013. Pemanfaatan Limbah Bulu Ayam Sebagai Biosorben Menggunakan Aktivasi Asam Tanin ( $C_7H_5O_4$ ). Skripsi, Teknik Lingkungan, UII.
- Chandra, B. 2006. Pengantar Kesehatan Lingkungan. Jakarta: Buku Kedokteran EGC.
- Chatwall, G. 1985. Spectroscopy Atomic and Molecule. Bombay: Himalaya Publishing House.
- Darmono. 1995. Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup. Jakarta: Penerbit UI.
- Gupta, H., Roy, S. 2007. Geothermal Energy an Alternate Resource for the 21<sup>st</sup> Century. Amsterdam: Elsevier B. V.
- Hendaway, Ana. 2003. Influence of  $HNO_3$  Oxidation on the Structure and Adsorptive Properties of Corncob-based Activated Carbon. *Elsevier, Carbon* 41:713-722
- Herwanto, B. & E. Santoso. 2006. Adsorpsi Ion Logam Pb(II) pada Membran Selulosa Kitosan Terikat Silang. *Akta Kimia Indonesia*, 2(1): 9-24.
- Ismiyati, M., Setyowati, R. D. N., & Nengse, S. 2021. Pembuatan Bioadsorben Dari Sabut Kelapa Dan Tempurung Kelapa Untuk Menurunkan Kadar BESI (Fe). *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)*, 7(1), 33–45.
- Kaewsarn, Pairat, Wanna S., Surachai Wongcharee. 2008. Dried Biosorbent Derived from Banana Peel: A Potential Biosorbent for Removal of Cadmium Ions from Aqueous Solution. *Thailand Chemical Engineering and Applied Chemistry Conference*.

- Kardiman, K., La Ifa, L. I., & Rasyid, R. 2020. Pembuatan Adsorben Dari Sabut Kelapa Sebagai Penyerap Logam Berat Pb(II). *ILTEK : Jurnal Teknologi*, 14(2), 2083–2087.
- Kharin, A.Y. 2020. Deep Learning For Scanning Electron Microscopy: Synthetic Data For The Nanoparticle's Detection. *Ultramicroscopy*, 113125.
- Kurniasari, L. 2010. Pemanfaatan Mikroorganisme Dan Limbah Pertanian Sebagai Bahan Baku Biosorben Logam Berat. *Jurnal Momentum UNWAHAS*, vol. 6, no. 2. doi:10.36499/jim.v6i2.115.
- Lisa, M. 2015. Uji Persamaan Langmuir Dan Freundlich Pada Penyerapan Mn(II) Oleh Komposit Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-Zeolit. *Jurnal Dampak*, 12(2), 114. <https://doi.org/10.25077/dampak.12.2.114-119.2015>.
- Lampiran VI Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.
- Marcott, C.. 1986. "Material Characterization Hand Book vol. 10: Infrared Spektroskopi". ASM International, Amerika.
- Mc.Cash, E.M. 2001. *Surface Chemistry*. Oxford: Oxford University Press.
- Miri, N.S.S., Narimo. 2022. Kajian Persamaan Isoterm Langmuir dan Freundlich pada Adsorpsi Logam Berat Fe (II) dengan Zeolit dan Karbon Aktif dari Biomassa. *Jurnal Kimia Dan Rekayasa II(2)*, 58-71 Tahun 2022
- Nafi'ah R. 2016. Kinetika Adsorpsi Pb (II) Dengan Adsorben Arang Aktif Dari Sabut Siwalan. *Jurnal Farmasi Sains Dan Praktis, I(2)*, 28–37.
- Oudar, J. 1973. *La Chimie des Surfaces*. Paris : *Presses Universitaire de France*.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah.
- Purbacaraka, F., H., Ratnani, R., D., Hartati, I. 2017. Uji Karakteristik Karbon Aktif Dari Limbah Arang Boiler Dengan Variabel Jenis Kayu Dan Suhu Karbonisasi. Skripsi. Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Wahid Hasyim Semarang.
- Quintelas, K., Flavio, S.S., E. Sousa, S. Neto. 2006. Competitive Biosorption Of Ortho Cresol, Phenol, Chlorophenol And Chromium(VI) From Aqueous



- Solution By A Bacterial Biofilm Supported On Granular Activated Carbon. *Process Biochemistry* 41(9):2087-2091.
- Safrianti, I., Wahyuni, N. and Zahara, T. A. 2012. Adsorpsi Timbal (II) Oleh Selulosa Limbah Jerami Padi Teraktivasi Asam Nitrat: Pengaruh pH dan Waktu Kontak. *JKK*, 1(1), 1–7.
- Saleh, A., M.M.D. Pakpahan, N. Angelina. 2009. Pengaruh Konsentrasi Pelarut, Temperatur dan Waktu Pemasakan pada Pembuatan Pulp dari Sabut Kelapa Muda. *Jurnal Teknik Kimia*, 16(3): 35-44.
- Skoog, D. A. 2000. Principles of Instrumental Analysis. USA: *CSB College Publishing*.
- Sugiharto. 2008. Dasar-Dasar Pengolahan Air Limbah. Jakarta: UI Press.
- Wijayanti, R. 2009. Arang Aktif dari Ampas Tebu sebagai Penjernihan Minyak Goreng Bekas. Skripsi, Institut Pertanian Bogor.
- Wijayanto, S.O., Bayuseno, A.P. 2014. Analisis Kegagalan Material Pipa Ferrule Nickel Alloy N06025 Pada *Waste Heat Boiler* Akibat Suhu Tinggi Berdasarkan Pengujian : Mikrografi Dan Kekerasan. *Jurnal Teknik Mesin S-1*, Vol. 2, No. 1.
- Yadav, A., Yadav, P. K., & Shukla, P. D. N. 2013. Investigation of Heavy metal status in soil and vegetables grown in urban area of Allahabad, Uttar Pradesh, India. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 3(9), 1–7.

## LAMPIRAN

### Lampiran 1 Perhitungan Kadar Air

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{M_o - M}{M_o} \times 100\%$$

Keterangan:

$M_o$  = berat sampel awal sebelum dikeringkan (g)

$M$  = berat sampel sesudah dikeringkan (g)

$$\begin{aligned} \text{Kadar air (\%)} &= \frac{2 \text{ gram} - 1,77 \text{ gram}}{2 \text{ gram}} \times 100\% \\ &= 11,5 \% \end{aligned}$$

### Lampiran 2 Perhitungan Kadar Abu

$$\text{Kadar abu (\%)} = \frac{F - G}{B - G} \times 100\%$$

Keterangan:

$F$  = berat cawan ditambah abu (g)

$B$  = berat cawan ditambah sampel kering (g)

$G$  = berat cawan kosong (g)

$$\begin{aligned} \text{Kadar abu (\%)} &= \frac{72,82 \text{ gram} - 72,775 \text{ gram}}{74,775 \text{ gram} - 72,775 \text{ gram}} \times 100\% \\ &= \frac{0,045}{2} \times 100\% \\ &= 2,25\% \end{aligned}$$

### Lampiran 3 Perhitungan Kinetika Adsorpsi

#### Model Pseudo Orde Pertama:

$$\text{Log}(q_e - q_t) = \text{Log}(q_e) - \frac{K_1}{2,303}(t)$$

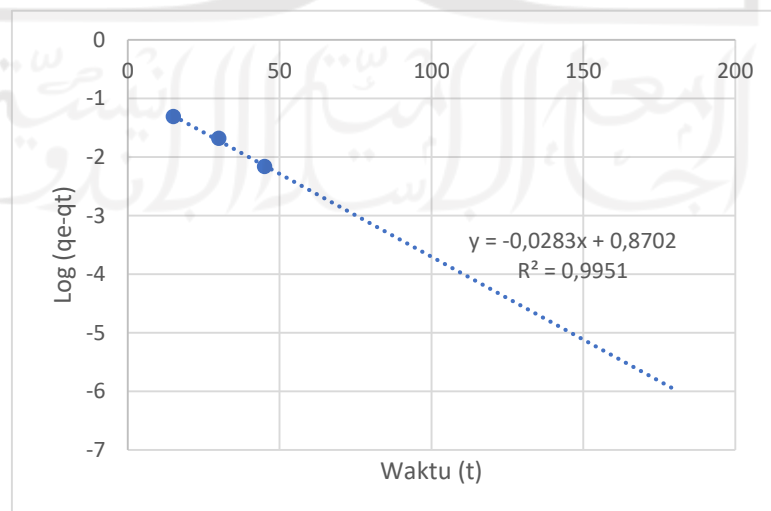
Keterangan:

$q_t$  = kapasitas logam teradsorpsi maksimal pada waktu  $t$  (mg N/g)

$q_e$  = kapasitas logam teradsorpsi pada waktu kesetimbangan (mg N/g)

$K_1$  = konstanta laju reaksi pada orde pertama (1/menit).

Waktu	Konsentrasi Awal Timbal (Co)	Konsentrasi Akhir Timbal (Ct)	Efisiensi Penyisihan	Kapasitas Adsorpsi (qt)	qe-qt	Log (qe-qt)
menit	ppm	ppm	%	mg/g		
15	2,7588	1,0298	62,672	0,1037	0,0487	-1,312239239
30		0,5616	79,643	0,1318	0,0206	-1,685416574
45		0,3325	87,948	0,1456	0,0069	-2,161906862
60		0,2177	92,109	0,1525	0	
90		0,2848	89,677	0,1484	0,0040	
120		0,2761	89,992	0,1490	0,0035	
180		0,4736	82,833	0,1371	0,0154	



Dari grafik didapatkan persamaan:

$$Y = -0,0283x + 0,8702$$

$$R^2 = 0,9951$$

Diperoleh:

$$\text{Log } q_1 = 0,8702$$

$$q_1 = 7,4165170$$

$$k_{1/2,303} = 0,0283$$

$$k_1 = 0,0651749/\text{menit}$$



**Model Pseudo Orde Kedua:**

$$\frac{t}{qt} = \frac{1}{k_2 qe^2} + \frac{1}{qe}(t)$$

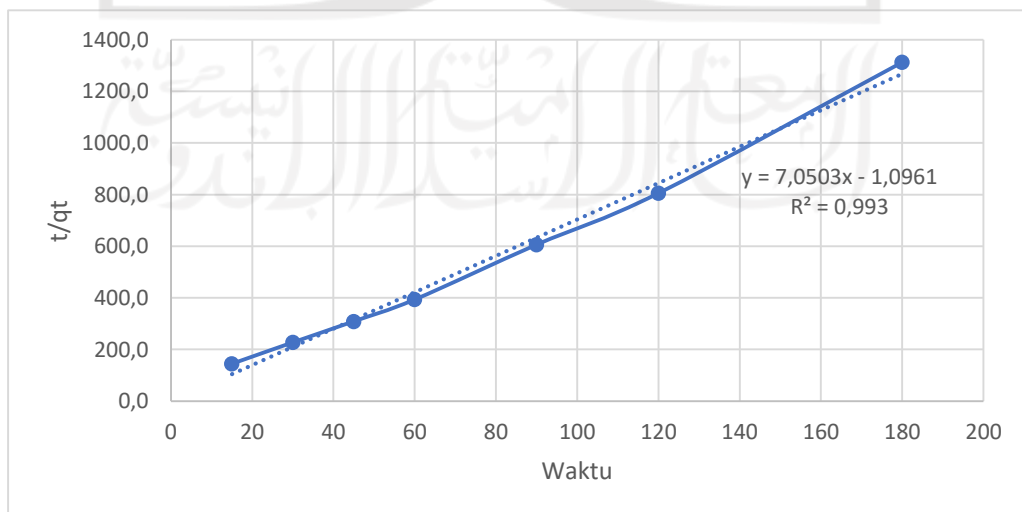
Keterangan:

qt = jumlah gram yang teradsorpsi oleh adsorben pada waktu tertentu (mg N/g)

qe = jumlah gram teradsorpsi oleh adsorben pada kesetimbangan (mg N/g)

K2 = konstanta laju kesetimbangan reaksi pada orde kedua (1/menit).

Waktu	Konsentrasi Awal Timbal (Co)	Konsentrasi Akhir Timbal (Ct)	Efisiensi Penyisihan	Kapasitas Adsorpsi (qt)	t/qt
menit	ppm	ppm	%	mg/g	
15	2,7588	1,0298	62,672	0,1037	144,6
30		0,5616	79,643	0,1318	227,6
45		0,3325	87,948	0,1456	309,1
60		0,2177	92,109	0,1525	393,5
90		0,2848	89,677	0,1484	606,3
120		0,2761	89,992	0,1490	805,6
180		0,4736	82,833	0,1371	1312,8



	Dari grafik didapatkan persamaan:		$Y = 7,0503x - 1,0961$
			$R^2 = 0,993$
Diperoleh:	$t/q_2$	=	7,0503
	$q_2$	=	0,14084507
			$\frac{t}{qt} = \frac{1}{k_2 qe^2} + \frac{1}{qe} (t)$
			$393,5304 = \frac{1}{k_2 qe^2} + \frac{1}{qe} (t)$
			$= \frac{qe + k_2 qe^2 t}{k_2 qe^3}$
			$= \frac{qe (1 + k_2 \cdot qe \cdot t)}{k_2 qe^3}$
			$= \frac{1 + k_2 \cdot qe \cdot t}{k_2 qe^2}$
			$= \frac{1 + k_2 \cdot 0,1525 \cdot 60}{k_2 \cdot (0,1525)^2}$
			$9,14796 k_2 = 1 + k_2 \cdot 0,1525$
			$9,14796 k_2 - 0,1525 k_2 = 1$
			$8,99546 k_2 = 1$
			$k_2 = 0,111167189 \text{ /menit}$

Persamaan dan Nilai Korelasi Kinetika			
Pseudo Orde Pertama		Pseudo Orde Kedua	
Persamaan	R2	Persamaan	R2
$Y = -0,0283x + 0,8702$	$R^2 = 0,9951$	$Y = 7,0503x - 1,0961$	$R^2 = 0,993$

Model Kinetika	Jumlah adsorpsi (qe)	Konstanta laju kesetimbangan orde (K)
	mg/g	1/menit
Pseudo Orde Pertama	7,416517059	0,651749
Pseudo Orde Kedua	0,14084507	0,111167189

## Lampiran 4 Perhitungan Isoterm Adsorpsi

### Isoterm Langmuir:

$$\frac{C_e}{qt} = \frac{1}{KL \cdot q_m} + \frac{1}{q_m} \times C_e$$

Keterangan:

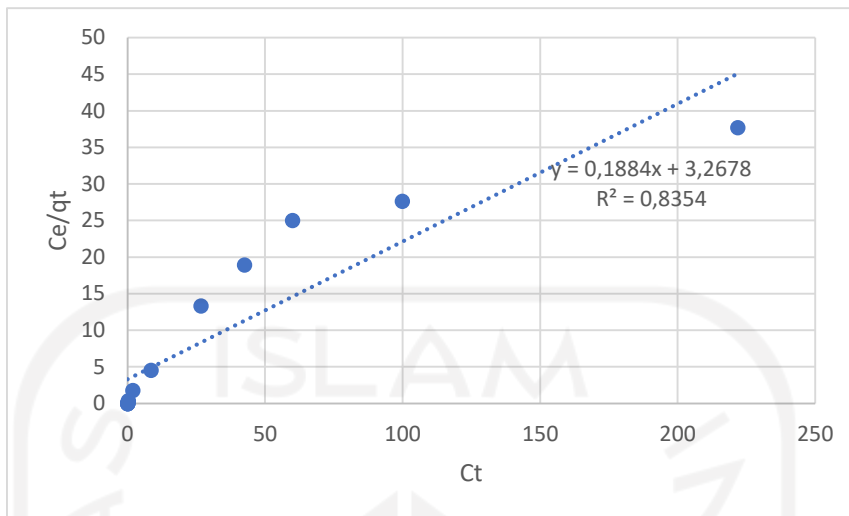
Ce = konsentrasi kesetimbangan (mg /l)

qt = jumlah logam teradsorpsi pada kesetimbangan (mg/g)

Qm = kapasitas adsorpsi maksimum teoritis (mg/g l)

KL = Langmuir isotherm konstan (l/mg l).

Konsentrasi	Konsentrasi Awal Timbal (Co)	Konsentrasi Akhir Timbal (Ct)	Efisiensi Penyisihan	Kapasitas Adsorpsi (qt)	Dosis Adsorben	$\frac{C_e}{qt}$
ppm	ppm	ppm	%	mg/g	gram	
2	1,8705	0	100	0,1122	0,5	0
3	3,2489	0	100	0,1949		0
5	5,5338	0	100	0,3320		0
7	7,4892	0	100	0,4494		0
9	9,3856	0,0906	99,034	0,5577		0,1625
10	10	0,2184	97,816	0,5869		0,3721
20	20	1,9320	90,340	1,0841		1,7822
40	40	8,5624	78,594	1,8863		4,5394
60	60	26,6532	55,578	2,0008		13,3212
80	80	42,5392	46,826	2,2476		18,9261
100	100	59,9960	40,004	2,40024		24,9958
160	160	99,8448	37,597	3,609312		27,6631
320	320	221,8976	30,657	5,886144		37,6983



Dari grafik tersebut diperoleh persamaan:

$$y = 0,1884x + 3,2678$$

$$R^2 = 0,8354$$

Nilai-nilai parameter Langmuir  $q_{max}$  dan  $k$  dihitung dari garis miring dan intersept dari plot linear  $1/q$  vs  $1/C_e$ , sehingga diperoleh:

$$1/q_m = 0,1884$$

$$Q_m = 5,307855626$$

$$1/(Kl \cdot q_m) = 3,2678$$

$$Kl = 0,057653467$$



**Isoterm Freundlich:**

$$\log qt = \log Kf + \frac{1}{n} \log Ce$$

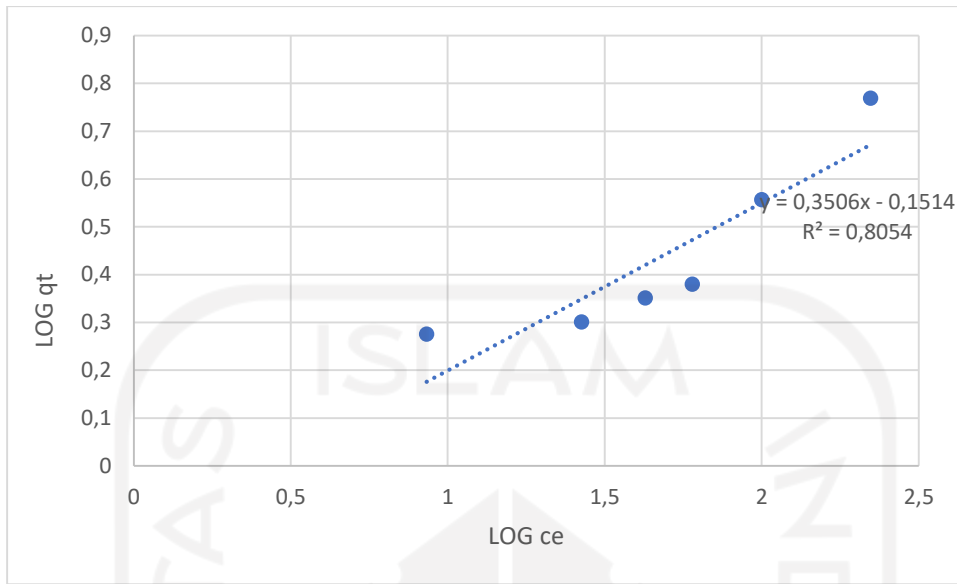
Keterangan:

Ce = Konsentrasi logam pada saat kesetimbangan (mg N/L)

qt = Jumlah logam yang terserap pada saat kesetimbangan (mg N/g)

Kf = Konstanta isotherm adsorpsi Freundlich

Konsentrasi	Konsentrasi Awal Timbal (Co)	Konsentrasi Akhir Timbal (Ct)	Efisiensi Penyisihan	Kapasitas Adsorpsi (qt)	Dosis Adsorben	Log qt	Log Ce
ppm	ppm	ppm	%	mg/g	gram		
2	1,8705	0	100	0,1122	0,5	-0,949890202	
3	3,2489	0	100	0,1949		-0,710109617	
5	5,5338	0	100	0,3320		-0,478824274	
7	7,4892	0	100	0,4494		-0,34741282	
9	9,3856	0,0906	99,034	0,5577		-0,253601036	
10	10	0,2184	97,816	0,5869		-0,23143885	
20	20	1,9320	90,340	1,0841		0,035061332	
40	40	8,5624	78,594	1,8863		0,275600634	0,932595512
60	60	26,6532	55,578	2,0008		0,301205415	1,425749358
80	80	42,5392	46,826	2,2476		0,351728298	1,628789318
100	100	59,9960	40,004	2,40024		0,380254669	1,778122296
160	160	99,8448	37,597	3,609312		0,557424425	1,999325451
320	320	221,8976	30,657	5,886144		0,769830883	2,346152605



Dari grafik tersebut diperoleh persamaan:

$$y = 0,3506x - 0,1514$$

$$R^2 = 0,8054$$

Nilai-nilai parameter Freundlich  $1/n$  dan  $k_f$  dihitung dari garis miring dan intersept dari plot linear  $\log q_e$  vs  $\log c_e$ , sehingga diperoleh:

$$1/n = 0,3506$$

$$n = 2,85225328$$

$$\text{Log } k_f = -0,1514$$

$$k_f = 0,705667311$$

## Lampiran 5 Dokumentasi Proses Adsorpsi



Lampiran 5. 1 Hasil Preparasi Sabut Kelapa



Lampiran 5. 2 Proses Penimbangan Adsorben



Lampiran 5. 3 Proses *Shaker* Adsorben Pada Air Pb Sintetik



Lampiran 5. 4 Proses Penyaringan Filtrat Menggunakan Kertas Whatman 42



Lampiran 5. 5 Proses Pengeringan Kertas Whatman 42 Menggunakan Oven

## Lampiran 6 Dokumentasi Hasil Adsorpsi



Lampiran 6. 1 Hasil Adsorpsi Variasi Ph



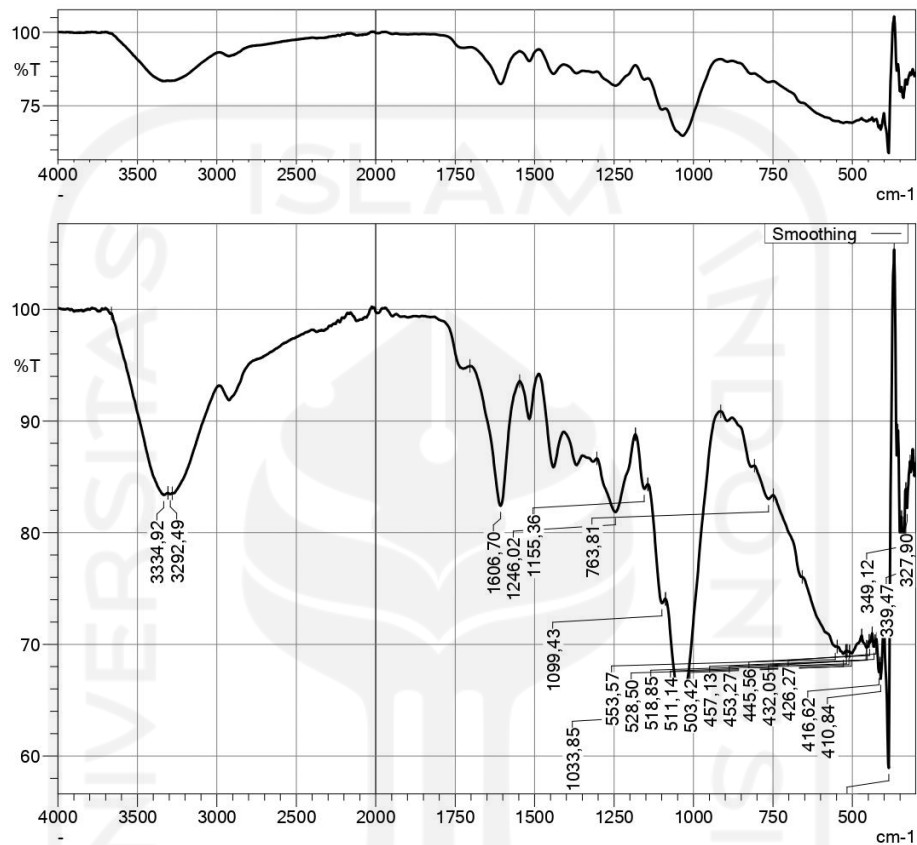
Lampiran 6. 2 Hasil Adsorpsi Variasi Waktu



Lampiran 6. 3 Hasil Adsorpsi Variasi Konsentrasi

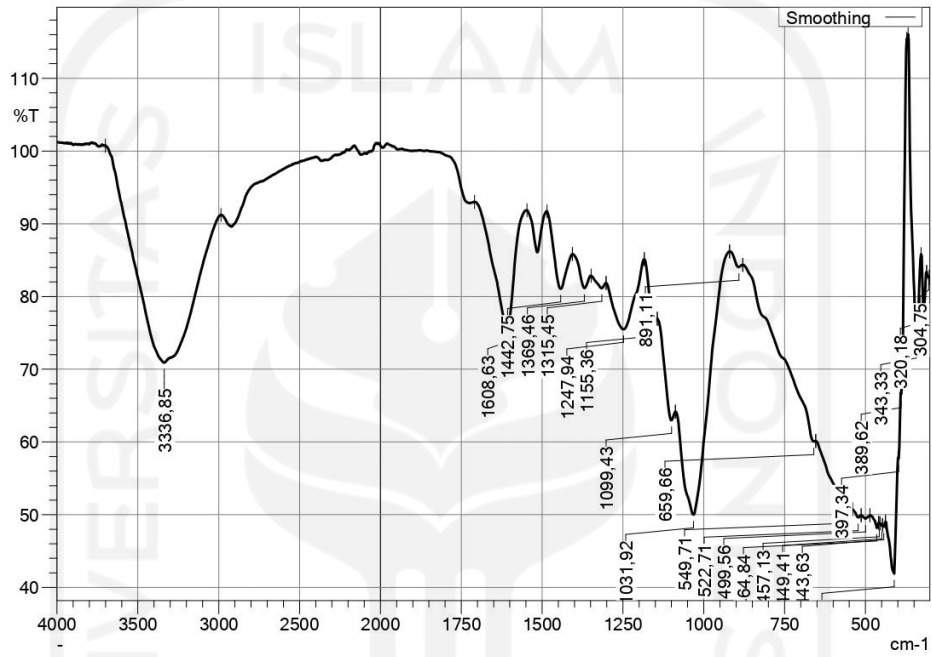
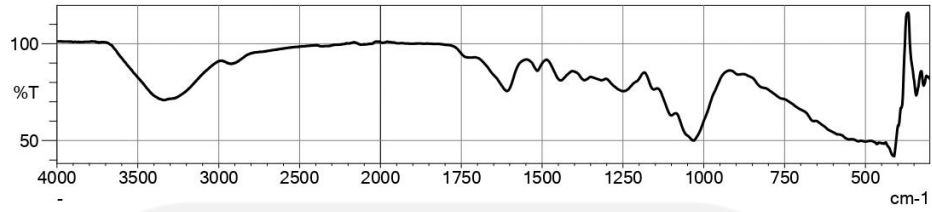
## Lampiran 7 Hasil Karakteristik FTIR

Lampiran 7. 1 Adosrben Sabut Kelapa Sebelum Adsorpsi



	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area	Comment
1	327,90	82,22	2,40	331,76	318,25	213,872	13,328	
2	339,47	77,70	4,78	345,26	331,76	267,224	33,004	
3	349,12	79,87	4,11	356,83	345,26	196,594	26,166	
4	385,76	58,93	29,03	401,19	368,40	733,513	370,273	
5	410,84	66,92	2,07	412,77	401,19	357,479	14,837	
6	416,62	67,52	1,50	424,34	412,77	363,634	9,298	
7	426,27	70,28	0,11	428,20	424,34	114,446	0,213	
8	432,05	69,79	0,78	437,84	428,20	287,787	4,658	
9	445,56	70,14	0,30	447,49	437,84	285,459	2,393	
10	453,27	69,72	0,19	455,20	447,49	232,178	1,063	
11	457,13	69,74	0,17	470,63	455,20	461,234	2,705	
12	503,42	69,20	0,38	509,21	470,63	1164,888	10,524	
13	511,14	69,32	0,06	516,92	509,21	236,343	0,183	
14	518,85	69,39	0,02	520,78	516,92	118,032	0,042	
15	528,50	69,16	0,36	547,78	520,78	825,456	4,708	
16	553,57	69,79	0,34	657,73	547,78	3035,063	57,753	
17	763,81	83,02	1,02	808,17	748,38	949,045	33,027	
18	1033,85	64,82	14,49	1087,85	914,26	4155,597	1113,943	
19	1099,43	73,70	2,51	1143,79	1087,85	1221,516	58,547	
20	1155,36	83,93	1,74	1182,36	1143,79	551,346	33,236	
21	1246,02	81,85	5,83	1303,88	1182,36	1886,171	394,578	
22	1606,70	82,40	11,69	1703,14	1546,91	1607,634	709,874	
23	3292,49	83,45	0,09	3307,92	3280,92	445,715	1,342	
24	3334,92	83,39	1,40	3662,82	3307,92	3454,162	473,211	

### Lampiran 7. 2 Adsorben Sabut Kelapa Sesudah Adsorpsi



	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area	Comment
1	304,75	82,71	0,20	310,54	302,82	131,937	1,312	
2	320,18	78,35	6,38	327,90	310,54	320,245	52,878	
3	343,33	73,34	23,99	368,40	327,90	538,167	575,892	
4	389,62	66,52	5,11	391,55	372,26	259,438	87,768	
5	397,34	57,73	2,33	399,26	391,55	303,712	12,841	
6	410,84	41,90	13,30	437,84	399,26	2056,977	260,806	
7	443,63	48,38	0,39	447,49	437,84	495,843	2,207	
8	449,41	48,49	0,15	455,20	447,49	395,990	0,168	
9	457,13	48,79	0,06	459,06	455,20	197,422	0,123	
10	464,84	48,19	0,93	486,06	459,06	1372,816	6,808	
11	499,56	49,46	0,47	513,07	486,06	1358,774	6,590	
12	522,71	49,62	0,60	540,07	513,07	1348,533	7,584	
13	549,71	50,64	0,91	653,87	540,07	5167,850	97,449	
14	659,66	60,07	0,68	879,54	653,87	6162,747	-100,711	
15	891,11	84,06	0,82	920,05	879,54	612,205	15,764	
16	1031,92	50,00	21,50	1087,85	920,05	5824,403	1658,243	
17	1099,43	62,98	3,81	1143,79	1087,85	1749,283	101,486	
18	1155,36	76,40	2,88	1184,29	1143,79	826,375	57,910	
19	1247,94	75,50	7,86	1301,95	1184,29	2475,839	533,519	
20	1315,45	81,14	1,01	1348,24	1301,95	841,389	24,596	
21	1369,46	81,16	2,78	1406,11	1348,24	971,630	65,472	
22	1442,75	81,08	7,48	1485,19	1406,11	1188,421	300,664	
23	1608,63	75,53	16,77	1708,93	1546,91	2359,178	1134,621	
24	3336,85	70,91	24,99	3701,40	2985,81	12604,316	9731,585	

## Lampiran 8 Hasil Pengukuran AAS

### Lampiran 8. 3 Hasil Pengukuran Konsentrasi Pb Variasi Ph Menggunakan AAS

Results File D:\GBC AAS\2022\Mhs\73 pb res  
 Analysis  
 Filename C:\Program Files\GBC Avanta Ver 2.02\Analysis1 anl  
 Element Pb  
 Date Tue Jun 28 11:31:55 2022  
 Full Calibration  
 Calibration Mode Linear Least Squares Max Error: 0.1714 R<sup>2</sup>: 0.9988 R: 0.9994  
 Conc = -0.1593 + 17.0110 \* Abs

Sample Label	Conc (µg/ml)	%RSD	Mean Abs	Replicates
Table Blank	-----	-----	0.0000	
Standard 1	0.1000	-----	0.0057	
Standard 2	0.3000	-----	0.0220	
Standard 3	0.6000	-----	0.0415	
Standard 4	1.0000	-----	0.0766	
Standard 5	1.5000	-----	0.1011	
Standard 6	2.5000	-----	0.1664	
Standard 7	5.0000	-----	0.3014	
Standard 8	10.0000	-----	0.5947	



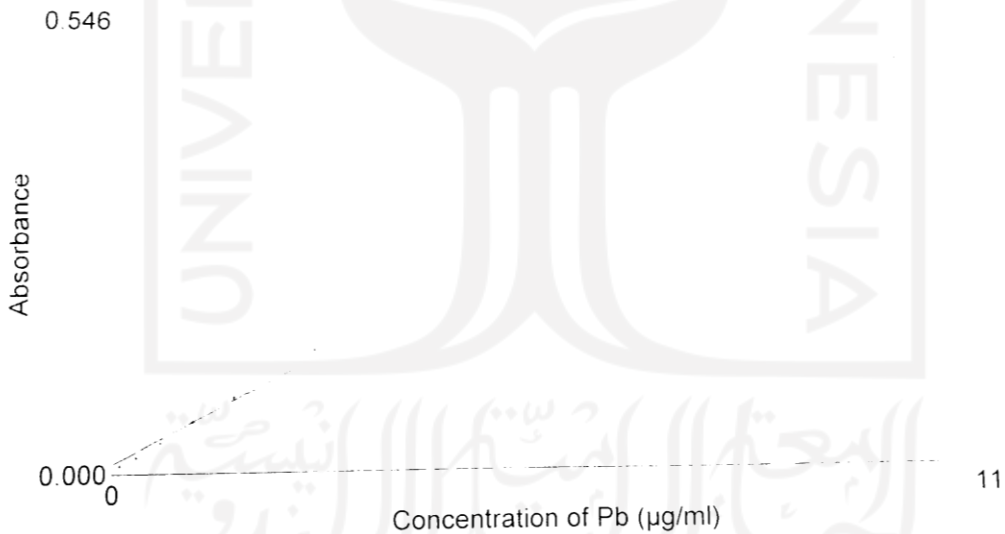
Sample Label	Conc. (µg/ml)	%RSD	Mean Abs	Replicates
Sample Blank	-----	19.53	0.0102	0.0124 0.0085 0.0097
Initial	2.6175	1.61	0.1632	0.1637 0.1604 0.1656
Sample 1	0.2552	7.94	0.0244	0.0233 0.0232 0.0266
Sample 2	0.2416	7.41	0.0236	0.0255 0.0221 0.0231
Sample 3	0.9334	1.96	0.0642	0.0629 0.0644 0.0654
Sample 4	0.7610	3.95	0.0541	0.0517 0.0548 0.0558
Sample 5	0.1021	HIGH	0.0154	0.0126 0.0204 0.0131
Sample 6	0.1203	9.45	0.0164	0.0147 0.0169 0.0177
Sample 7	0.5053	2.15	0.0391	0.0381 0.0395 0.0396
Sample 8	0.2785	5.17	0.0257	0.0272 0.0246 0.0254



Lampiran 8. 4 Hasil Pengukuran Konsentrasi Pb Variasi Waktu Menggunakan AAS

Results File D:\GBC AAS\2022\Mhs\78 pb.res  
 Analysis  
 Filename C:\Program Files\GBC Avanta Ver 2.02\Analysis1 anl  
 Element Pb,  
 Date Thu Jun 30 14:46:07 2022  
 Full Calibration  
 Calibration Mode Linear Least Squares Max Error : 0.2528 R<sup>2</sup> 0.9977 R 0.9939  
 Conc = -0.1981 + 20.1515 \* Abs

Sample Label	Conc. (µg/ml)	%RSD	Mean Abs	Replicates
Cal Blank	-----	HIGH	0.0115	0.0101 0.0099 0.0144
Standard 1	0.1000	17.83	0.0083	0.0071 0.0099 0.0077
Standard 2	0.3000	14.76	0.0183	0.0210 0.0156 0.0182
Standard 3	0.6000	6.28	0.0350	0.0328 0.0350 0.0372
Standard 4	1.0000	2.45	0.0600	0.0592 0.0591 0.0617
Standard 5	1.5000	7.48	0.0877	0.0949 0.0821 0.0860
Standard 6	2.5000	0.59	0.1436	0.1426 0.1439 0.1442
Standard 7	5.0000	0.67	0.2705	0.2704 0.2687 0.2723
Standard 8	10.0000	1.28	0.4973	0.5046 0.4928 0.4945



Sample Label	Conc. (µg/ml)	%RSD	Mean Abs.	Replicates
Sample Blank	-----	7.47	0.0114	0.0104 0.0120 0.0117
Initial	2.7588	1.98	0.1467	0.1438 0.1496 0.1467
sampel 1	1.0298	0.87	0.0609	0.0611 0.0603 0.0613
sampel 2	0.5616	4.38	0.0377	0.0377 0.0360 0.0393
sampel 3	0.3325	18.10	0.0263	0.0237 0.0234 0.0318
sampel 4	0.2177	5.11	0.0206	0.0217 0.0196 0.0205
sampel 5	0.2848	4.22	0.0240	0.0233 0.0234 0.0251
sampel 6	0.2761	8.37	0.0235	0.0257 0.0219 0.0229
sampel 7	0.4736	6.07	0.0333	0.0318 0.0325 0.0356

### Lampiran 8. 5 Hasil Pengukuran Konsentrasi Pb Variasi Konsentrasi Menggunakan AAS

Results File D:\GBC AAS\2022\Mhs\101 Pb res  
 Analysis C:\Program Files\GBC Avanta Ver 2.02\Analysis1 anl  
 Filename Pb.  
 Element Thu Jul 14 09:35:07 2022  
 Date  
 Full Calibration Linear Least Squares Max Error 0.7159 R<sup>2</sup> 0.9779 R 0.9889  
 Calibration Mode Conc = -0.5564 + 14.3828 \* Abs

Sample Label	Conc (µg/ml)	%RSD	Mean Abs.	Replicates
Table Blank	-----	-----	0.0000	
Standard 1	0.1000	-----	0.0140	
Standard 2	0.3000	-----	0.0297	
Standard 3	0.6000	-----	0.0603	
Standard 4	1.0000	-----	0.1095	
Standard 5	1.5000	-----	0.1652	
Standard 6	2.5000	-----	0.2580	
Standard 7	5.0000	-----	0.4361	
Standard 8	10.0000	-----	0.6966	



Sample Label	Conc. (µg/ml)	%RSD	Mean Abs.	Replicates
Sample Blank	-----	HIGH	0.0034	0.0042 0.0025
Sample 1	1.8707	0.59	0.1687	0.1680 0.1694
Sample 2	3.2479	0.51	0.2645	0.2635 0.2654
Sample 3	5.5326	0.67	0.4233	0.4214 0.4253
Sample 4	7.4865	0.34	0.5592	0.5605 0.5579
Sample 5	9.3821	1.63	0.6910	0.6830 0.6989
Sample 6	-0.1860	4.94	0.0258	0.0248 0.0266
Sample 7	-0.2587	HIGH	0.0207	0.0176 0.0237
Sample 8	-0.1393	0.73	0.0290	0.0288 0.0291
Sample 9	-0.0976	1.11	0.0319	0.0321 0.0316
Sample 10	0.0908	2.99	0.0450	0.0440 0.0459

Results File

D:\GBC AAS\2022\Mhs\Pb\_19 Juli 2022.res

Analysis

Filename

C:\Program Files\GBC Avanta Ver 2.02\Analysis1 anl

Element

Pb.

Date

Tue Jul 19 10:12:19 2022

Full Calibration

Calibration Mode

Linear Least Squares Max Error 0.1714 R<sup>2</sup> 0.9988 R 0.9994  
Conc = -0.1593 + 17.0110 \* Abs

Sample Label	Conc (µg/ml)	%RSD	Mean Abs	Replicates
Table Blank	-----	-----	0.0000	
Standard 1	0.1000	-----	0.0057	
Standard 2	0.3000	-----	0.0220	
Standard 3	0.6000	-----	0.0415	
Standard 4	1.0000	-----	0.0766	
Standard 5	1.5000	-----	0.1011	
Standard 6	2.5000	-----	0.1664	
Standard 7	5.0000	-----	0.3014	
Standard 8	10.0000	-----	0.5947	



11

Sample Label	Conc. (µg/ml)	%RSD	Mean Abs.	Replicates
<del>Sample 11</del>	<del>0.0074</del>	<del>HIGH</del>	<del>0.0098</del>	<del>0.0070 0.0125</del>
<del>Sample 12</del>	<del>0.0891</del>	<del>9.20</del>	<del>0.0146</del>	<del>0.0155 0.0136</del>
S_1	0.2184	8.60	0.0222	0.0208 0.0235
S_2	0.9660	2.99	0.0661	0.0647 0.0675
S_3	2.1406	0.37	0.1352	0.1355 0.1349
S_4	4.4422	0.50	0.2705	0.2714 0.2696
S_5	5.3174	0.79	0.3219	0.3201 0.3237
S_6	7.6250	1.13	0.4576	0.4539 0.4612

Results File

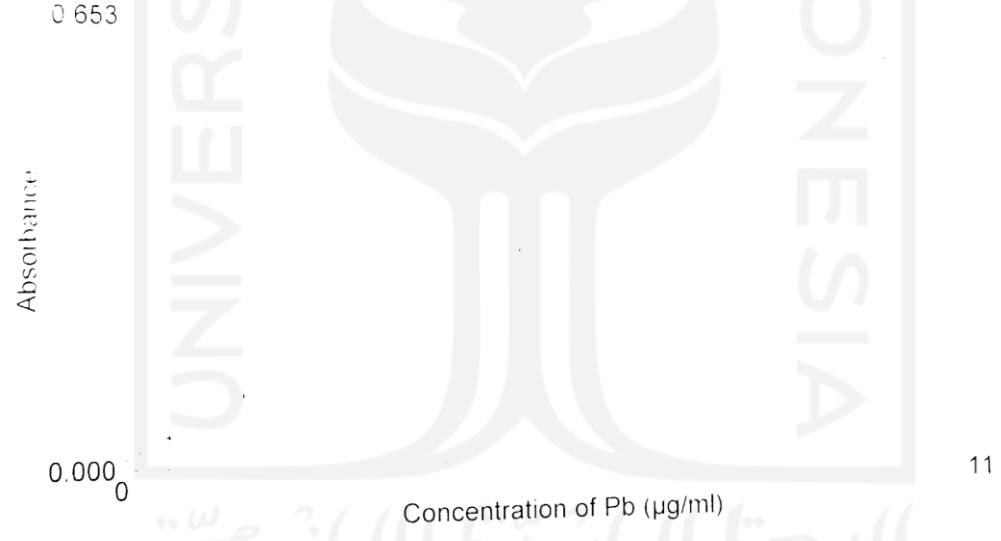
Analysis  
 Filename  
 Element  
 Date  
 Full Calibration  
 Calibration Mode

D:\GBC AAS\2022\Mhs\137 pb res

C:\Program Files\GBC Avanta Ver 2.02\Analysis1 anl  
 Pb,  
 Thu Aug 04 09:32:16 2022

Linear Least Squares Max Error 0.1714 R<sup>2</sup> 0.9988 R 0.9994  
 Conc = -0.1593 + 17.0110 \* Abs

Sample Label	Conc (µg/ml)	%RSD	Mean Abs	Replicates
Table Blank	0.0000	-----	0.0000	
Standard 1	0.1000	-----	0.0057	
Standard 2	0.3000	-----	0.0220	
Standard 3	0.6000	-----	0.0415	
Standard 4	1.0000	-----	0.0766	
Standard 5	1.5000	-----	0.1011	
Standard 6	2.5000	-----	0.1664	
Standard 7	5.0000	-----	0.3014	
Standard 8	10.0000	-----	0.5947	

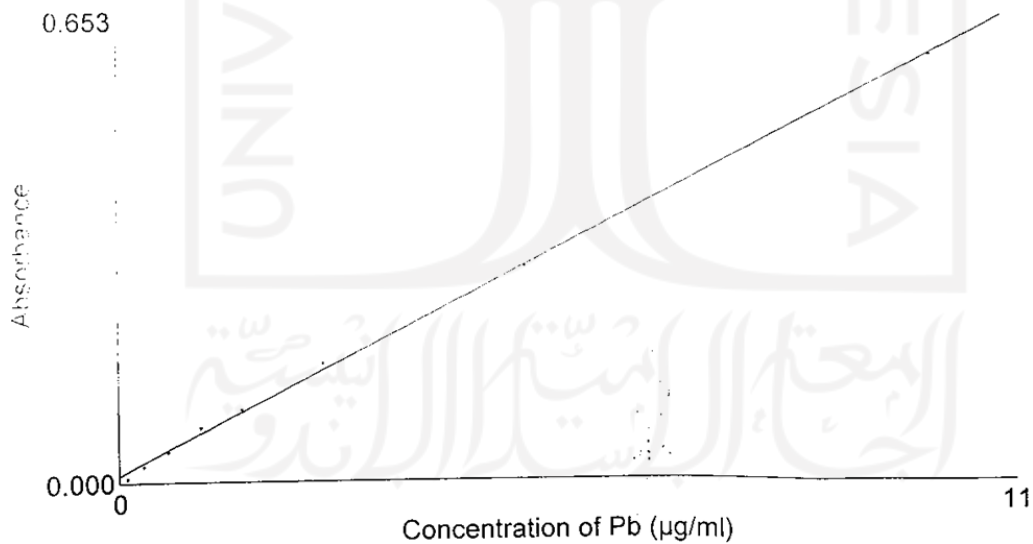


Sample Label	Conc. (µg/ml)	%RSD	Mean Abs.	Replicates
Sample Blank	0.0000	HIGH	0.0110	0.0136 0.0084
S1	5.9996	1.19	0.3620	0.3590 0.3651
S2	6.2403	1.35	0.3762	0.3726 0.3798
S3	6.9343	0.07	0.4170	0.4172 0.4168
sampel 1	-0.1695	HIGH	-0.0006	-0.0005 -0.0007
sampel 2	-0.1397	HIGH	0.0011	0.0037 -0.0014
sampel 3	-0.2095	HIGH	-0.0030	-0.0005 -0.0054
sampel 4	-0.1763	0.00	-0.0010	-0.0010 -0.0010
sampel 5	-0.0819	7.77	0.0046	0.0048 0.0043
sampel 6	-0.0819	HIGH	0.0045	0.0036 0.0055
sampel 7	-0.1091	HIGH	0.0030	0.0048 0.0011

Lampiran 8. 6 Hasil Pengukuran Konsentrasi Pb *Reuse* Adsorben Menggunakan AAS

Results File D:\GBC AAS\2022\Mhs\181. pb.res  
 Analysis  
 Filename C:\Program Files\GBC Avanta Ver 2.02\Analysis1.anl  
 Element Pb,  
 Date Tue Sep 13 09:26:09 2022  
 Full Calibration  
 Calibration Mode Linear Least Squares Max Error : 0.1714 R<sup>2</sup> : 0.9988 R : 0.9994  
 Conc = -0.1593 + 17.0110 \* Abs

Sample Label	Conc. (µg/ml)	%RSD	Mean Abs.	Replicates
Table Blank	-----	-----	0.0000	
Standard 1	0.1000	-----	0.0057	
Standard 2	0.3000	-----	0.0220	
Standard 3	0.6000	-----	0.0415	
Standard 4	1.0000	-----	0.0766	
Standard 5	1.5000	-----	0.1011	
Standard 6	2.5000	-----	0.1664	
Standard 7	5.0000	-----	0.3014	
Standard 8	10.0000	-----	0.5947	



Sample Label	Conc. (µg/ml)	%RSD	Mean Abs.	Replicates
Sample Blank	-----	11.67	0.0085	0.0092 0.0078
Sample 1	7.5229	1.50	0.4516	0.4564 0.4468
Sample 2	0.3102	8.20	0.0276	0.0292 0.0260

**Lampiran 9 SNI 6989.8:2009 Air dan Air Limbah – Bagian 8: Cara Uji  
Timbal (Pb) secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) – Nyala**

**SNI**

Standar Nasional Indonesia

SNI 6989.8:2009

**Air dan air limbah – Bagian 8: Cara uji timbal (Pb)  
secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) –  
nyala**

"Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, Copy standar ini dibuat untuk penyangangan di website dan tidak untuk dikomersialkan"

ICS 13.060.50

Badan Standardisasi Nasional



**Air dan air limbah – Bagian 8: Cara uji timbal (Pb)  
secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) – nyala**

**1 Ruang lingkup**

Metode ini digunakan untuk penentuan logam timbal, Pb total dan terlarut dalam air dan air limbah secara spektrofotometri serapan atom(SSA)-nyala pada kisaran kadar Pb 1,0 mg/L sampai dengan 20 mg/L dan panjang gelombang 283,3 nm atau 217,0 nm yang dilengkapi dengan *background correction*.

**2 Istilah dan definisi****2.1****air bebas mineral**

air yang diperoleh dengan cara penyulingan ataupun proses demineralisasi sehingga diperoleh air dengan konduktivitas lebih kecil dari 2  $\mu\text{S/cm}$

**2.2****kurva kalibrasi**

grafik yang menyatakan hubungan kadar larutan kerja dengan hasil pembacaan serapan yang merupakan garis lurus

**2.3****larutan induk logam timbal (Pb)**

larutan yang mempunyai kadar logam timbal 100 mg Pb/L yang digunakan untuk membuat larutan baku dengan kadar yang lebih rendah

**2.4****larutan baku logam timbal (Pb)**

larutan induk logam timbal yang diencerkan dengan air bebas mineral sampai kadar tertentu

**2.5****larutan kerja logam timbal (Pb)**

larutan baku logam timbal yang diencerkan, digunakan untuk membuat kurva kalibrasi

**2.6****larutan blanko**

air bebas mineral yang diasamkan atau perlakuannya sama dengan contoh uji

**2.7****larutan pengencer**

larutan yang digunakan untuk mengencerkan larutan kerja, yang dibuat dengan cara menambahkan asam nitrat pekat ke dalam air bebas mineral hingga  $\text{pH} \leq 2$

**2.8****larutan pencuci**

larutan yang digunakan untuk mencuci semua peralatan gelas dan plastik

**2.9****matrix modifier**

bahan yang digunakan untuk mengurangi gangguan matriks contoh uji

## SNI 6989.8:2009

### 2.10

#### **spike matrix**

contoh uji yang diperkaya dengan larutan baku dengan kadar tertentu

## 3 Cara uji

### 3.1 Prinsip

Analit logam timbal dalam nyala udara-asetilen diubah menjadi bentuk atomnya, menyerap energi radiasi elektromagnetik yang berasal dari lampu katoda dan besarnya serapan berbanding lurus dengan kadar analit.

### 3.2 Bahan

- air bebas mineral;
- asam nitrat ( $\text{HNO}_3$ ) pekat p.a;
- logam timbal (Pb) dengan kemurnian minimum 99,5%;
- gas asetilen ( $\text{C}_2\text{H}_2$ ) HP dengan tekanan minimum 100 psi;
- larutan pengencer  $\text{HNO}_3$  0,05 M;  
Larutkan 3,5 mL  $\text{HNO}_3$  pekat ke dalam 1000 mL air bebas mineral dalam gelas piala.
- larutan pencuci  $\text{HNO}_3$  5% (v/v).  
Tambahkan 50 mL asam nitrat pekat ke dalam 800 mL air bebas mineral dalam gelas piala 1000 mL, lalu tambahkan air bebas mineral hingga 1000 mL dan homogenkan.
- Larutan kalsium  
Larutkan 630 mg kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) dalam 50 mL HCl (1+5). Bila perlu larutan dididihkan untuk menyempurnakan larutan. Dinginkan dan encerkan dengan air bebas mineral hingga 1 liter.
- udara tekan.

### 3.3 Peralatan

- Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)-nyala;
- lampu katoda berongga (*Hollow Cathode Lamp*, HCL) timbal;
- gelas piala 100 mL dan 250 mL;
- pipet volumetrik pipet volumetrik 10,0 mL dan 50,0 mL;
- labu ukur 50,0 mL ;100,0 mL dan 1000,0 mL;
- Erlenmeyer* 100 mL;
- corong gelas;
- kaca arloji;
- pemanas listrik;
- seperangkat alat saring vakum;
- saringan membran dengan ukuran pori 0.45  $\mu\text{m}$ ;
- timbangan analitik dengan ketelitian 0,0001 g; dan
- labu semprot.



### 3.4 Pengawetan contoh uji

Bila contoh uji tidak dapat segera diuji, maka contoh uji diawetkan sesuai petunjuk di bawah ini:

Wadah	:	Botol plastik ( <i>polyethylene</i> ) dan botol gelas
Pengawet	:	a) Untuk logam terlarut, saring dengan saringan membran berpori 0,45 $\mu\text{m}$ dan diasamkan dengan $\text{HNO}_3$ hingga $\text{pH} < 2$ . b) Untuk logam total, asamkan dengan $\text{HNO}_3$ hingga $\text{pH} < 2$
Lama Penyimpanan	:	6 bulan
Kondisi Penyimpanan	:	Suhu ruang

### 3.5 Persiapan pengujian

#### 3.5.1 Persiapan contoh uji timbal terlarut

Siapkan contoh uji yang telah disaring dengan saringan membran berpori 0,45  $\mu\text{m}$  dan diawetkan. Contoh uji siap diukur.

#### 3.5.2 Persiapan contoh uji timbal total

Siapkan contoh uji untuk pengujian timbal total, dengan tahapan sebagai berikut:

- homogenkan contoh uji, pipet 50,0 mL contoh uji dan masukkan ke dalam gelas piala 100 mL atau *Erlenmeyer* 100 mL;
- tambahkan 5 mL  $\text{HNO}_3$  pekat, bila menggunakan gelas piala, tutup dengan kaca arloji dan bila dengan *Erlenmeyer* gunakan corong sebagai penutup;
- panaskan perlahan-lahan sampai sisa volumenya 15 mL - 20 mL;
- jika destruksi belum sempurna (tidak jernih), maka tambahkan lagi 5 mL  $\text{HNO}_3$  pekat, kemudian tutup gelas piala dengan kaca arloji atau tutup *Erlenmeyer* dengan corong dan panaskan lagi (tidak mendidih). Lakukan proses ini secara berulang sampai semua logam larut, yang terlihat dari warna endapan dalam contoh uji menjadi agak putih atau contoh uji menjadi jernih;

**CATATAN** Jika destruksi tidak sempurna, lihat tabel pada Lampiran B.

- bilas kaca arloji dan masukkan air bilasannya ke dalam gelas piala;
- pindahkan contoh uji ke dalam labu ukur 50,0 mL (saring bila perlu) dan tambahkan air bebas mineral sampai tepat tanda tera dan dihomogenkan;

**CATATAN** Tambahkan *matrix modifier* (larutan kalsium) dan atau atasi gangguan pengukuran sesuai dengan SSA yang digunakan.

- contoh uji siap diukur absorbansinya.

#### 3.5.3 Pembuatan larutan baku logam timbal 100 mg Pb/L

- timbang  $\pm 0,16$  g  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ , masukkan ke dalam labu ukur 1000,0 mL. Tambahkan sedikit  $\text{HNO}_3$  1:1 ( $\approx 100$  mg Pb/L);
- tambahkan 10 mL  $\text{HNO}_3$  pekat dan air bebas mineral hingga tepat tanda tera kemudian homogenkan;
- hitung kembali kadar sesungguhnya berdasarkan hasil penimbangan.

**CATATAN** Larutan ini dapat dibuat dari larutan standar 1000 mg Pb/L siap pakai.

## SNI 6989.8:2009

### 3.5.4 Pembuatan larutan baku logam timbal 10 mg Pb/L

- pipet 10,0 mL larutan induk 100 mg Pb/L, masukkan ke dalam labu ukur 100,0 mL;
- tepatkan dengan larutan pengencer sampai tanda tera dan homogenkan.

### 3.5.5 Pembuatan larutan kerja logam timbal (Pb)

Buat deret larutan kerja dengan 1 (satu) blanko dan minimal 3 (tiga) kadar yang berbeda secara proporsional dan berada pada rentang pengukuran.

## 3.6 Pembuatan kurva kalibrasi dan pengukuran contoh uji

### 3.6.1 Pembuatan kurva kalibrasi

Kurva kalibrasi dibuat dengan tahapan sebagai berikut:

- operasikan alat dan optimasikan sesuai dengan petunjuk penggunaan alat untuk pengukuran timbal;

**CATATAN 1** Salah satu cara optimasi alat dengan uji sensitifitas.

**CATATAN 2** Tambahkan *matrix modifier* (larutan kalsium) dan atau atasi gangguan pengukuran sesuai dengan SSA yang digunakan.

- aspirasikan larutan blanko ke dalam SSA-nyala kemudian atur serapan hingga nol.
- aspirasikan larutan kerja satu persatu ke dalam SSA-nyala, lalu ukur serapannya pada panjang gelombang 283,3 nm atau 217,0 nm, kemudian catat.
- lakukan pembilasan pada selang aspirator dengan larutan pengencer.
- buat kurva kalibrasi dari data pada butir 3.6.1.c) di atas, dan tentukan persamaan garis lurusnya;
- jika koefisien korelasi regresi linier ( $r$ ) < dari 0,995, periksa kondisi alat dan ulangi langkah pada butir 3.6.1 b) sampai dengan c) hingga diperoleh nilai koefisien  $r \geq 0,995$ .

### 3.6.2 Pengukuran contoh uji

Uji kadar timbal dengan tahapan sebagai berikut:

- aspirasikan contoh uji ke dalam SSA-nyala lalu ukur serapannya pada panjang gelombang 283,3 nm atau 217,0 nm. Bila diperlukan, lakukan pengenceran.

**CATATAN 1** Bila hasil pengukuran untuk timbal terlarut diluar kisaran pengukuran, maka lakukan pengenceran dan ulangi langkah 3.5.1

**CATATAN 2** Bila hasil pengukuran untuk timbal total diluar kisaran pengukuran, maka lakukan pengenceran dan ulangi langkah 3.5.2

- catat hasil pengukuran.

### 3.7 Perhitungan

Kadar logam timbal (Pb)

$$Pb \text{ (mg/L)} = C \times fp \quad (1)$$

**Keterangan:**

C adalah kadar yang didapat dari hasil pengukuran, dinyatakan dalam miligram per liter (mg/L);

fp adalah faktor pengenceran.

### 4 Pengendalian mutu

- Gunakan bahan kimia pro analisis (pa).
- Gunakan alat gelas bebas kontaminasi.
- Gunakan alat ukur yang terkalibrasi.
- Dikerjakan oleh analis yang kompeten.
- Lakukan analisis dalam jangka waktu yang tidak melampaui waktu penyimpanan maksimum.
- Koefisien korelasi regresi linier (r) lebih besar atau sama dengan 0,995 dengan intersepsi lebih kecil atau sama dengan batas deteksi.
- Lakukan analisis blanko dengan frekuensi 5% - 10% per *batch* (satu seri pengukuran) atau minimal 1 kali untuk jumlah contoh uji kurang dari 10 sebagai kontrol kontaminasi.
- Lakukan analisis duplo dengan frekuensi 5% - 10% per satu seri pengukuran atau minimal 1 kali untuk jumlah contoh uji kurang dari 10 sebagai kontrol ketelitian analisis. Jika Perbedaan Persen Relatif (*Relative Percent Difference*, RPD) lebih besar dari 10% maka dilakukan pengukuran selanjutnya hingga diperoleh nilai RPD kurang dari atau sama dengan 10%.

Persen RPD

$$\%RPD = \frac{|\text{hasil pengukuran} - \text{duplikat pengukuran}|}{(\text{hasil pengukuran} + \text{duplikat pengukuran})/2} \times 100\% \quad (2)$$

- Lakukan kontrol akurasi dengan *spike matrix* atau salah satu standar kerja dengan frekuensi 5% - 10% per satu seri pengukuran atau minimal 1 kali untuk jumlah contoh uji kurang dari 10. Kisaran persen temu balik untuk *spike matrix* adalah 85% - 115% dan untuk standar kerja 90% - 110%.

Persen temu balik (% *recovery*, %R)

$$\%R = \left( \frac{A - B}{C} \right) \times 100\% \quad (3)$$

**Keterangan:**

A adalah kadar contoh uji yang diperkaya (*spike*), dinyatakan dalam miligram per liter (mg/L);

B adalah kadar contoh uji, dinyatakan dalam miligram per liter (mg/L);

C adalah kadar standar yang ditambahkan (*target value*), dinyatakan dalam miligram per liter (mg/L).

**CATATAN 1** Volume *spike matrix* yang ditambahkan maksimal 5% dari volume contoh uji.

**CATATAN 2** Hasil akhir kadar contoh uji yang diperkaya (*spike matrix*) berkisar 2 kali kadar contoh uji. Kadar contoh uji yang sudah diperkaya berada pada kisaran rentang pengukuran.

SNI 6989.8:2009

**5 Presisi dan bias**

Standar ini telah melalui uji banding metode dengan peserta 10 laboratorium pada kadar 5 mg Pb/L dengan tingkat presisi (%RSD) 6,19% dan akurasi (bias metode) 1,14%.



"Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, Copy standar ini dibuat untuk penayangan di website dan tidak untuk dikomersialkan"

**Lampiran A**  
(normatif)  
**Pelaporan**

Catat pada buku kerja hal-hal sebagai berikut:

- 1) Parameter yang dianalisis.
- 2) Nama analisis.
- 3) Tanggal analisis.
- 4) Rekaman hasil pengukuran duplo, .
- 5) Rekaman kurva kalibrasi.
- 6) Nomor contoh uji.
- 7) Tanggal penerimaan contoh uji.
- 8) Rekaman hasil perhitungan.
- 9) Hasil pengukuran persen *spike matrix* dan *CRM* (bila dilakukan).
- 10) Kadar analit dalam contoh uji.

**Lampiran B**  
(informatif)  
**Pemakaian asam lain bersama dengan asam nitrat untuk  
persiapan contoh uji**

**Tabel B.1 - Pemakaian asam lain bersama dengan asam nitrat  
untuk persiapan contoh uji**

Asam	Disarankan untuk analisis	Bisa berguna untuk contoh uji	Tidak disarankan untuk analisis
HCl	Ag	Sb, Ru, Sn	Th, Pb
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Ti	-	Ag, Pb, Ba
HClO <sub>4</sub>	-	mengandung bahan organik	-
HF	-	mengandung silika	-