

**PEMANFAATAN *BOTTOM ASH* KELAPA SAWIT SEBAGAI
ADSORBEN UNTUK PENYISIHAN LOGAM TIMBAL (Pb)**

TUGAS AKHIR

Diajukan oleh:

RIO BATUBARA

NIM. 170702080

**Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Teknik Lingkungan**



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
BANDA ACEH
2023 M / 1444 H**

LEMBAR PERSETUJUAN

PEMANFAATAN *BOTTOM ASH* KELAPA SAWIT SEBAGAI ADSORBEN UNTUK PENYISIHAN LOGAM TIMBAL (Pb)

TUGAS AKHIR

Diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry (UIN) Banda Aceh
Sebagai Salah Satu Beban Studi Memperoleh Gelar Sarjana (S-1)
dalam Ilmu Teknik Lingkungan

Oleh:

RIO BATUBARA
NIM. 170702080

Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Teknik Lingkungan

Banda Aceh, 12 Desember 2022
Telah Diperiksa dan Disetujui oleh:

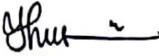
Pembimbing I


Arief Rahman, M.T
NIDN. 2010038901

Pembimbing II


Reni Silvia Nasution, M.Si
NIDN. 2022028901

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Ar-Raniry Banda Aceh



Husnawati Yahya, M.Sc
NIDN. 2009118301

LEMBAR PENGESAHAN

PEMANFAATAN *BOTTOM ASH* KELAPA SAWIT SEBAGAI ADSORBEN UNTUK PENYISIHAN LOGAM TIMBAL (Pb)

TUGAS AKHIR

Telah Diuji oleh Panitia Ujian Munqasyah Tugas Akhir
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh
serta Diterima Sebagai Salah Satu Beban Studi Program Sarjana (S-1)
dalam Ilmu Teknik Lingkungan

Pada Hari/Tanggal: Kamis, 29 Desember 2022
5 Jumadil Akhir 1444
di Darussalam, Banda Aceh

Panitia Ujian Munqasyah Tugas Akhir:

Ketua,

Arief Rahman, M.T
NIDN. 2010038901

Sekretaris,

Reni Silvia Nasution, M.Si
NIDN. 2022028901

Penguji I,

Dr. Abd. Mujahid Hamdan, M.Sc
NIDN. 2013128901

Penguji II,

Teuku Muhammad Ashari, M.Sc
NIDN. 2002028301

Mengetahui,
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh

Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah, MT., IPU
NIP. 196210021988111001

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Nama : Rio Batubara
NIM : 170702080
Program Studi : Teknik Lingkungan
Fakultas : Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh
Judul Tugas Akhir : Pemanfaatan *Bottom Ash* Kelapa Sawit sebagai Adsorben untuk Penyisihan Logam Timbal (Pb)

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam penulisan Tugas Akhir ini, saya:

1. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu bertanggung jawab atas karya ini;
2. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh maupun di perguruan tinggi lainnya;
3. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing;
4. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah karya orang lain;
5. Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik karya; dan
6. Tidak memanipulasi dan memalsukan data.

Bila di kemudian hari ada tuntutan dari pihak lain atas karya saya, dan telah melalui pembuktian yang dapat dipertanggungjawabkan dan ternyata memang ditemukan bukti bahwa saya telah melanggar pernyataan ini, maka saya siap dikenai sanksi berdasarkan aturan yang berlaku di Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

Banda Aceh, 15 Desember 2022

Yang membuat pernyataan,



Rio Batubara
NIM. 170702080

ABSTRAK

Nama : Rio Batubara
NIM : 170702080
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul : Pemanfaatan *Bottom Ash* Kelapa Sawit Sebagai Adsorben Untuk Penyisihan Logam Timbal (Pb)
Tanggal Sidang : 29 Desember 2022
Jumlah Halaman : 76
Pembimbing I : Arief Rahman, M.T
Pembimbing II : Reni Silvia Nasution, M.Si
Kata Kunci : Adsorben, Adsorpsi, *Bottom ash* Kelapa Sawit, Timbal (Pb)

Logam timbal (Pb) merupakan salah satu jenis logam berat yang bersifat toksik, sehingga air limbah yang mengandung Pb harus diolah sebelum dibuang ke lingkungan. Adsorben *bottom ash* kelapa sawit, yang mengandung senyawa lignoselulosa, dapat dijadikan sebagai adsorben untuk menyerap logam Pb. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan adsorben *bottom ash* kelapa sawit dalam menurunkan konsentrasi logam Pb sebagai alternatif untuk mengurangi pencemaran air oleh logam tersebut. Adsorben *bottom ash* kelapa sawit didapatkan dari hasil pembakaran boiler dan diaktivasi secara kimia menggunakan CH_3COONa 1 N. Konsentrasi logam Pb diukur dengan menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). Kemampuan adsorpsi dianalisis dengan variasi massa adsorben *bottom ash* kelapa sawit (0,2; 0,4; 0,6; 0,8; dan 1 g) dan waktu pengadukan (30 dan 60 menit). Hasil penelitian menunjukkan bahwa efektivitas penyerapan adsorben *bottom ash* kelapa sawit paling tinggi pada massa 0,8 g dengan waktu pengadukan 60 menit sebesar 94,197%, dan waktu pengadukan 30 menit sebesar 94,112%. Kapasitas penyerapan tertinggi diperoleh pada massa 0,2 g dengan waktu pengadukan 60 menit sebesar 52,680 mg/g dan waktu pengadukan 30 menit sebesar 41,920 mg/g. Dengan demikian, *bottom ash* kelapa sawit berpotensi sebagai adsorben alternatif yang dapat digunakan untuk mengolah air limbah yang mengandung logam Pb.

ABSTRACT

Name : Rio Batubara
Student ID Number : 170702080
Department : Environmental Engineering
Title : Utilization of Palm Bottom Ash as an Adsorbent for
Metal Lead (Pb) Elimination
Date of Session : 29 December 2022
Number of Page : 76
Advisor I : Arief Rahman, M.T
Advisor II : Reni Silvia Nasution, M.Si
Keywords : Adsorbent, Adsorption, Bottom ash of palm oil, Lead (Pb)

Lead (Pb) is one of the toxic heavy metals, so wastewater containing Pb must be treated before being discharged into the environment. Bottom ash of palm oil, which contains lignocellulose compounds, can be used as an adsorbent to absorb Pb. This study aimed to determine the ability of bottom ash of palm oil as an alternative adsorbent to reduce the concentration of Pb in wastewater and thus reduce water pollution caused by this metal. The bottom ash was obtained from the results of boiler combustion and chemically activated using 1 N CH_3COONa . The concentration of Pb was measured using Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS). The adsorption capacity was analyzed with variations in the mass of bottom ash adsorbent (0.2; 0.4; 0.6; 0.8; and 1 g) and stirring time (30 and 60 minutes). The results showed that the highest adsorption effectiveness of the bottom ash adsorbent was at a mass of 0.8 g with a stirring time of 60 minutes of 94.197%, and a stirring time of 30 minutes of 94.112%. The highest absorption capacity was obtained at a mass of 0.2 g with a stirring time of 60 minutes of 52.680 mg/g and a stirring time of 30 minutes of 41.920 mg/g. Thus, bottom ash of palm oil has the potential to be an alternative adsorbent that can be used to treat wastewater containing Pb.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah Rabbil Alamin, segala puji bagi Allah SWT karena berkat limpahan rahmat, taufik serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “**Pemanfaatan *Bottom Ash* Kelapa Sawit sebagai Adsorben untuk Penyisihan Logam Timbal (Pb)**”. Selawat dan salam senantiasa tercurah kepada junjungan Nabi Besar Muhammad SAW sebagai suri tauladan untuk seluruh umat manusia. Penulis menyadari sepenuhnya bahwa selesainya tugas akhir ini adalah berkat bantuan dari berbagai pihak yang terkait secara langsung maupun tidak langsung, terutama dan teristimewa dipersembahkan kepada kedua orang tua. Kepada almarhum Ayah Samsul Bahri dan Ibu Erlina tercinta yang senantiasa memberikan rasa sayang, didikan, materi serta doa yang selalu di panjatkan pada Allah kepada penulis. Tugas akhir ini disusun oleh penulis guna memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana di Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry. Penulis menyadari bahwa dalam proses penyusunan tugas akhir ini melibatkan banyak pihak. Oleh sebab itu dalam kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Ibu Husnawati Yahya, S.Si., M.Sc. selaku Ketua Prodi Teknik Lingkungan Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.
2. Bapak Mulyadi Abdul Wahid, S.Si., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing Akademik.
3. Bapak Arief Rahman, S.T., M.T. sebagai Dosen Pembimbing I Tugas Akhir.
4. Ibu Reni Silvia Nasution, S.Si., M.Si. sebagai Dosen Pembimbing II Tugas Akhir.
5. Bapak Dr. Abd Mujahid Hamdan, M.Sc. sebagai Dosen Penguji I Sidang Munaqasyah Tugas Akhir.
6. Bapak Teuku Muhammad Ashari, M.Sc. sebagai Dosen Penguji II Sidang Munaqasyah Tugas Akhir.
7. Kepada seluruh Dosen Teknik Lingkungan yang telah membagikan ilmunya kepada penulis.

8. Kepada PMKS PT. Bangun Sempurna Lestari yang telah memberikan akses dan kesempatan untuk memperoleh sampel *bottom ash* kelapa sawit sebagai bahan penelitian.
9. Kepada semua teman-teman yang sudah mendukung dan membantu selama pembuatan tugas akhir.
10. Serta semua pihak yang telah membantu penulis.

Selaku manusia biasa tentunya penulis tidak luput dari kesalahan. Oleh karena itu, saran dan kritik yang konstruktif sangat diharapkan demi penyempurnaan tugas akhir ini.

Banda Aceh, 1 Juni 2022,
Penulis

Rio Batubara



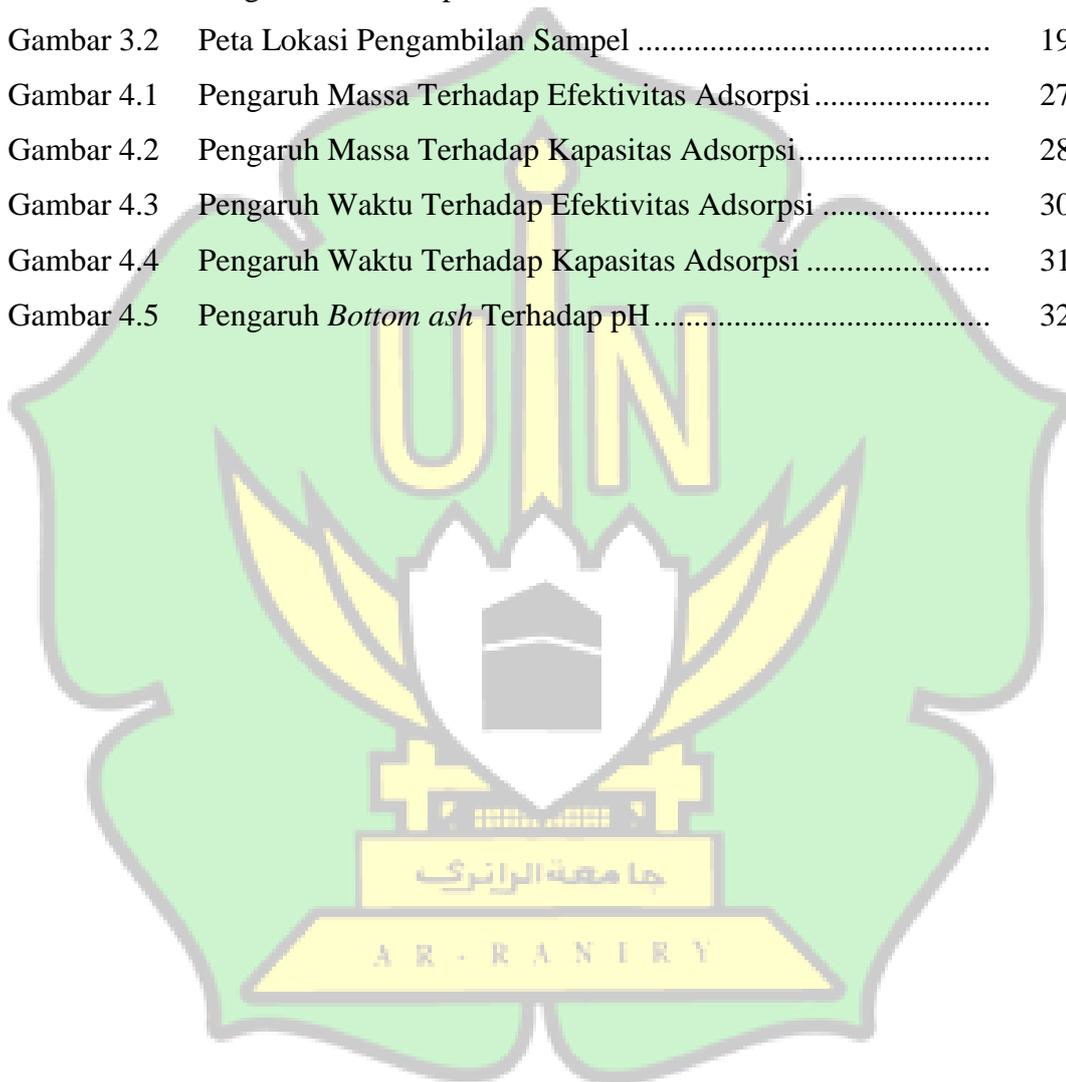
DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PERSETUJUAN	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Masalah	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Timbal (Pb).....	6
2.2 Adsorpsi.....	8
2.3 <i>Bottom Ash</i> Kelapa Sawit	11
2.4 Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)	13
2.5 pH	14
2.6 Penelitian Terdahulu	15
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	17
3.1 Tahapan Umum Penelitian	17
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian.....	19

3.3	Alat dan Bahan	19
3.3.1	Alat.....	19
3.3.2	Bahan	19
3.4	Metode Penelitian	20
3.5	Prosedur Penelitian	20
3.5.1	Aktivasi Adsorben	20
3.5.2	Pengujian Adsorben.....	21
3.5.3	Pembuatan Larutan Timbal (Pb).....	21
3.5.4	Proses Adsorpsi.....	22
3.6	Analisis Parameter.....	22
3.6.1	Analisis Spektrofotometri Serapan Atom (SSA).....	22
3.6.2	Analisis pH.....	23
3.7	Analisis Data.....	23
3.7.1	Penentuan Efektivitas Adsorpsi	23
3.7.2	Penentuan Kapasitas Adsorpsi.....	23
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	24
4.1	Karakteristik Adsorben <i>Bottom Ash</i> Kelapa Sawit.....	24
4.2	Karakteristik Larutan Pb.....	25
4.3	Proses Adsorpsi	25
4.4	Kemampuan Adsorben <i>Bottom Ash</i> Kelapa Sawit	27
4.5	Pengaruh Waktu Pengadukan.....	29
4.6	Pengaruh Massa Dan Waktu Pengadukan Terhadap pH.....	32
BAB V	PENUTUP	34
5.1	Kesimpulan.....	34
5.2	Saran	34
	DAFTAR PUSTAKA	36
	LAMPIRAN.....	45

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Timbal (Pb).....	6
Gambar 2.2 <i>Bottom ash</i> Kelapa Sawit.....	12
Gambar 3.1 Diagram Alir Tahapan Umum Penelitian.....	18
Gambar 3.2 Peta Lokasi Pengambilan Sampel	19
Gambar 4.1 Pengaruh Massa Terhadap Efektivitas Adsorpsi	27
Gambar 4.2 Pengaruh Massa Terhadap Kapasitas Adsorpsi.....	28
Gambar 4.3 Pengaruh Waktu Terhadap Efektivitas Adsorpsi	30
Gambar 4.4 Pengaruh Waktu Terhadap Kapasitas Adsorpsi	31
Gambar 4.5 Pengaruh <i>Bottom ash</i> Terhadap pH.....	32



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Standar Kualitas Arang Aktif.....	8
Tabel 2.2 Perbedaan Adsorpsi Fisika Dan Adsorpsi Kimia.....	9
Tabel 2.3 Penelitian <i>Bottom Ash</i> dan <i>Fly Ash</i> Sebagai Adsorben.....	15
Tabel 3.1 Karakteristik Arang Aktif.....	21
Tabel 4.1 Hasil Analisa Karakteristik Adsorben.....	24
Tabel 4.2 Karakteristik Larutan Pb.....	25
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Kandungan Logam Pb dan pH.....	26
Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Adsorpsi Logam Pb.....	26



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran.1 Pembuatan Larutan	45
Lampiran.2 Karakteristik Adsorben <i>Bottom Ash</i> Kelapa Sawit.....	46
Lampiran.3 Analisis Data Hasil Adsorpsi.....	47
Lampiran.4 Hasil Pengujian Kandungan Logam Timbal (Pb).....	49
Lampiran.5 Foto Dokumentasi Penelitian.....	53
Lampiran.6 Standar Nasional Indonesia.....	54



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Limbah cair yang dibuang ke sungai dapat mencemari atau menurunkan kualitas air sungai. Limbah cair yang mengandung bahan kimia berbahaya, logam berat, atau zat organik dapat menyebabkan dampak negatif pada ekosistem sungai dan kesehatan manusia (Widiatmono dkk., 2017). Secara umum, sungai dapat pulih dari polutan, yang disebut *self-purification*. Proses ini terjadi melalui interaksi antara organisme hidup dalam sungai, seperti bakteri, ganggang, dan hewan air, dengan bahan pencemar yang terdapat dalam air sungai (Zubaidah dkk., 2019). Selain itu, aliran air yang terus-menerus juga membantu dalam proses pengenceran dan penghilangan polutan dari sungai (Tang dkk., 2019). Namun, proses mengembalikan sungai ke keadaan semula terbatas karena tidak bekerja dengan baik pada polutan dalam jumlah besar yang masuk secara terus menerus (Setyobudiarso dan Yuwono, 2017). Oleh karena itu, perlu dilakukan upaya pencegahan dan pengendalian pencemaran pada sumbernya, seperti mengurangi penggunaan bahan kimia berbahaya dan memperbaiki sistem pengelolaan limbah (Han dkk., 2016).

Salah satu faktor yang menentukan kualitas air ialah kehadiran logam berat (Gerhanae dan Permanawati, 2016). Logam berat bisa masuk ke dalam air dan menyebabkan pencemaran air (Rosihan dan Husaini, 2017). Logam berat juga dapat terakumulasi pada makhluk hidup di dalam air (Hananingtyas, 2017). Timbal (Pb) merupakan salah satu logam berat yang bersifat racun (Azizah dkk., 2018). Logam ini sering digunakan untuk paduan logam lain karena logam ini lunak dan mudah meleleh serta memiliki berbagai sifat kimia (Rosihan dan Husaini, 2017). Timbal digunakan sebagai penambah oktan dalam bahan bakar dan sebagai pencegah ledakan di mesin (Patil dkk., 2016). Timbal juga digunakan sebagai inhibitor korosi untuk menghambat terjadinya karat pada logam, sehingga digunakan sebagai cat lambung kapal (Antara, 2017). Timbal masuk ke dalam jenis logam berat non esensial, logam berat ini tidak dapat terurai secara alami dan tidak akan mengalami

deformasi (Budiastuti dkk., 2016). Salah satu efek Pb yang tidak dapat terurai adalah bioakumulasi logam pada organisme hidup (Mahardhika dkk., 2016).

Ada beberapa cara untuk mengurangi konsentrasi Pb dalam air limbah, seperti pengendapan, pertukaran ion menggunakan resin, filtrasi dan adsorpsi. Adsorpsi adalah proses fluida melewati padatan sehingga padatan dapat menangkap zat yang tidak diinginkan (Atminingtyas dkk., 2016). Proses adsorpsi mudah dilakukan karena lebih sederhana dan murah dibandingkan dengan metode lain (Mentari dkk., 2018). Dalam adsorpsi, adsorbat adalah zat yang akan di adsorpsi, dan adsorben adalah zat yang berperan dalam adsorpsi (Sinaga, 2019). Sifat-sifat permukaan suatu adsorben mempengaruhi jumlah suatu fluida yang dapat di adsorpsi ke dalam adsorben (Myllymäki dkk., 2018). Hal ini menyebabkan adanya modifikasi adsorben sehingga lebih efektif dalam menghilangkan Pb, permukaan adsorben dimodifikasi dengan aktivasi (Gautam dkk., 2014). Hasil penelitian menunjukkan bahwa material yang mengandung lignoselulosa dapat dijadikan bahan pembuatan adsorben (Kurniawan dkk., 2014).

Menurut Ditjen Perkebunan, pada tahun 2021, total luas perkebunan kelapa sawit di Aceh adalah 476.660 Ha dan produksinya adalah 1.066.972 Ton CPO (*Crude Palm Oil*). Proses produksi yang tinggi juga menghasilkan banyak limbah, baik berupa padat, cair, maupun gas. Cangkang dan serat kelapa sawit telah dikembangkan untuk digunakan sebagai bahan bakar boiler pabrik (Setiawan, 2016). Proses pembakaran limbah kelapa sawit menghasilkan produk samping berupa abu terbang (*fly ash*) kurang lebih 100 kilogram per minggu dan abu dasar (*bottom ash*) sekitar 3 sampai 5 ton per minggu (Triawan dkk., 2017). Sebelumnya, abu hanya dibuang ke lahan kosong di sekitar pabrik kelapa sawit, yang merupakan opsi termurah. Menurut Sitorus dkk (2014) abu boiler memiliki sifat kejenuhan basa yang tinggi, yang dapat menyebabkan risiko lingkungan dan kesehatan (Asyri dkk., 2015).

Bottom ash dapat digunakan sebagai adsorben dan bermanfaat karena mengandung senyawa lignoselulosa (Khanday dkk., 2017). Lignoselulosa merupakan komponen utama kelapa sawit yang memiliki kemampuan mengadsorpsi logam berat (Triawan dkk., 2017). Kandungan lignoselulosa yang

terdapat dalam abu dasar (*bottom ash*) serta kelimpahannya yang cukup besar dibandingkan dengan abu terbang (*fly ash*), harganya murah, dan mudah didapat sehingga abu dasar (*bottom ash*) bisa digunakan sebagai adsorben untuk berbagai polutan (Acquah dkk., 2016).

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan Telaumbanua, (2017) penggunaan *fly ash* dan *bottom ash* kelapa sawit untuk menyerap warna pada air limbah buatan. Menunjukkan penurunan zat warna dan COD tertinggi dengan adsorben *fly ash* dengan nilai warna 96,96% dan konsentrasi COD 83,26%, disusul dengan adsorben kombinasi *bottom ash* dan *fly ash*, dengan nilai reduksi warna tertinggi sebesar 53,93 % dan COD sebesar 62,82%, serta adsorben yang menggunakan *bottom ash* memiliki nilai efisiensi warna tertinggi sebesar 53,03% dan COD sebesar 71,08%. Pada penelitian sebelumnya oleh Irawan dkk (2019) penggunaan cangkang kelapa sawit sebagai adsorben untuk mengadsorpsi logam timbal (Pb) secara *batch* dan kontinu. Didapatkan hasil proses adsorpsi *batch* menunjukkan bahwa adsorben cangkang kelapa sawit efektif mengadsorpsi kandungan logam Pb dengan waktu kesetimbangan 24 jam, massa optimum 2,5 g/L, dan ukuran adsorben 355 μm dengan penurunan konsentrasi Pb ter adsorpsi pada 1,41 mg/L dan 98,47%. Efisiensi penurunan kandungan logam Pb pada proses *batch* sebesar 99,07%, sedangkan pada proses kontinu sebesar 95,23%. Sementara pada penelitian Syafiqah dkk (2017) penggunaan *palm oil fuel ash* (POFA) sebagai adsorben untuk mengadsorpsi merkuri (Hg^{2+}). Didapatkan hasil penghilangan merkuri tertinggi adalah 98,03% pada kapasitas adsorben 0,10 mg/g dari adsorben dengan kondisi pH 2, waktu kontak 4 jam, konsentrasi awal Hg^{2+} 5 mg/L, massa adsorben 0,25 g dan kecepatan agitasi 200 rpm.

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini bertujuan untuk meneliti “Pemanfaatan *Bottom Ash* Kelapa Sawit sebagai Adsorben untuk Penyisihan Logam Timbal (Pb)”. Penulis beranggapan bahwa penggunaan adsorben *bottom ash* kelapa sawit yang diaplikasikan pada logam Pb akan lebih bermanfaat karena dapat meminimalisir dua isu permasalahan lingkungan, yakni selain dapat mengurangi permasalahan penumpukan abu hasil pembakaran boiler kelapa sawit

yang dapat mencemari tanah dan air tanah, juga dapat mengurangi pencemaran air oleh logam Pb.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimanakah kemampuan adsorben *bottom ash* kelapa sawit dalam menurunkan konsentrasi logam Pb?
2. Bagaimanakah pengaruh waktu pengadukan adsorben *bottom ash* kelapa sawit dalam menurunkan konsentrasi logam Pb?
3. Bagaimanakah kadar air dan kadar abu adsorben *bottom ash* kelapa sawit dengan menggunakan aktivator natrium asetat (CH_3COONa)?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui kemampuan adsorben *bottom ash* kelapa sawit dalam menurunkan konsentrasi logam Pb.
2. Untuk mengetahui pengaruh waktu pengadukan adsorben *bottom ash* kelapa sawit dalam menurunkan konsentrasi logam Pb.
3. Untuk mengetahui kadar air dan kadar abu adsorben *bottom ash* kelapa sawit dengan menggunakan aktivator natrium asetat (CH_3COONa).

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Sebagai sumber informasi dan sebagai bahan referensi dalam menambah pengetahuan tentang adsorben alternatif dengan memanfaatkan *bottom ash* kelapa sawit.
2. Sebagai metode alternatif untuk mengurangi bahaya pencemaran logam berat Pb terhadap lingkungan.
3. Penelitian diharapkan bermanfaat bagi pihak pengelola industri sebagai alternatif pengelolaan limbah cair sehingga dapat membantu mengatasi masalah pencemaran lingkungan.

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. *Bottom ash* kelapa sawit yang digunakan adalah hasil pembakaran dari boiler PMKS PT. Bangun Sempurna Lestari.
2. Larutan Pb yang digunakan adalah larutan Pb buatan dengan konsentrasi 11,7 mg /L (SNI 6989.8:2009).



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Timbal (Pb)

Timbal merupakan logam lunak, mengkilat yang mudah dimurnikan dan banyak digunakan dalam berbagai aktivitas manusia seperti pertambangan, industri, dan rumah tangga. Di pertambangan, Pb ditemukan dalam bentuk senyawa sulfida. Timbal meleleh pada suhu 328 °C (662 °F), titik didih 1740 °C (3164 °F) (Widayatno, 2017). Gambar Pb dapat dilihat pada **Gambar 2.1** di bawah ini.



Gambar 2.1 Timbal (Pb)

(Sumber: www.temukanpengertian.com)

Logam Pb dalam perairan banyak ditemukan dalam bentuk Pb^{2+} , $PbOH^+$, $PbHCO_3$, $PbSO_4$, dan $PbCO^+$ (Alsuhendra, 2013). Timbal dapat masuk ke air dari tanah dan udara, tetapi sebagian besar berasal dari air limbah. Menurut Hajar dkk (2016), Pb secara alami ditemukan di dalam air melalui proses batuan dan mineral. Limbah industri yang mengandung Pb juga dapat menjadi sumber Pb. Timbal masuk ke udara melalui proses yang disebut kristalisasi, proses yang terjadi ketika air hujan bersentuhan dengan udara, dan kemudian diserap oleh badan air. Saat ini, sumber utama Pb di udara adalah asap kendaraan bermotor. Ada senyawa bernama tetraetil-Pb dan tetrametil-Pb yang digunakan sebagai anti-*knock* pada mesin. anti-*knock* adalah zat yang dimasukkan ke dalam bensin untuk mencegah ledakan.

Menurut Dewa (2015), Industri yang menggunakan Pb sebagai bahan baku dan bahan penolong, seperti industri pengecoran logam, pembuatan baterai, kabel,

dan industri kimia dalam pembuatan cat, berpotensi menjadi sumber pencemaran Pb. Sehingga kerusakan lingkungan perairan dapat terjadi, misalnya melalui pencemaran sungai.

Kehadiran Pb dalam air memiliki efek merugikan pada kehidupan akuatik. Badan air yang telah tercemar Pb dalam kadar tinggi dapat menyebabkan kematian banyak biota. Pada aliran sungai di desa Krueng Cut pada Sungai Kreung Aceh yang terkontaminasi logam Pb menurut Hasmunir dkk (2016) mengandung kandungan Pb sebesar 0,1645 mg/L. Dan pada penelitian Astuti dkk (2016) kadar logam Pb pada air laut di pesisir Krueng Raya pada setiap stasiun bervariasi dari yang tertinggi hingga yang terendah. Kadar logam sampel air yang dikumpulkan di empat stasiun berkisar antara 2.429 mg/L di stasiun II, 1.919 mg/L di stasiun IV, 1.774 mg/L di stasiun I, dan terakhir 1.701 mg/L di stasiun III.

Selain itu, Pb terakumulasi pada ikan dan tanaman di lingkungan sungai. Berdasarkan penelitian Sidjabat dkk (2020) menyatakan ikan bader yang hidup di Sungai Brantas terkontaminasi logam Pb sekitar 0,453 mg/kg dan kangkung air sekitar 3,29 mg/kg. Busira dkk (2020) dilaporkan juga bahwa organ tubuh ikan nila yaitu otot, tulang dan jeroan mencapai konsentrasi tertinggi masing-masing 0,7976 mg/kg, 1,9626 mg/kg dan 1,1706 mg/kg di Sungai Gajah Wong, dan konsentrasi rata-rata Pb terkandung 0,228 mg/L dalam air dan 2,090 mg/kg dalam sedimen. Sedangkan pada penelitian Maddusa dkk (2017) menunjukkan bahwa sampel air pada sungai Tondano menunjukkan konsentrasi Pb rata-rata pada sampel air 0,228 mg/kg, Sampel ikan rata-rata 12,58 mg/kg, Sampel kerang rata-rata 13,98 mg/kg, dan sampel sedimen rata-rata 12,28 mg/kg.

Kesadahan air, pH, alkalinitas, dan kandungan oksigen dapat mempengaruhi kadar racun Pb (Rosihan dan Husaini, 2017). Logam Pb dapat terakumulasi dalam tulang dan dapat menyebabkan keracunan akut dan kronis. Keracunan akut biasanya ditandai dengan rasa terbakar di mulut dan sistem pencernaan dengan diare. Gejala kronis umumnya ditandai dengan mual, anemia, nyeri di sekitar mulut dan dapat menyebabkan kelumpuhan (Rosihan dan Husaini, 2017).

2.2 Adsorpsi

Adsorpsi adalah teknologi pemisahan yang mengadsorpsi komponen fase fluida pada permukaan suatu padatan. Teknik ini tergantung pada keseimbangan antara adsorben dan adsorbat, dan laju perpindahan massa (Patel, 2018). Adsorpsi biasanya terjadi pada satu lapisan, tetapi terkadang juga pada beberapa lapisan (Lima, 2018). Dalam adsorpsi, zat yang diserap adalah adsorbat sedangkan bahan yang berfungsi sebagai penyerap adalah adsorben (Sinaga, 2019). Adsorben adalah bahan yang sangat berpori (Lin dan Ho, 2022). Bahan adsorben diklasifikasikan menjadi dua jenis: adsorben rekayasa, seperti *nanotube* karbon dan adsorben alami seperti bahan alami yang dimodifikasi, limbah industri, dan limbah pertanian. Dalam beberapa tahun terakhir, limbah pertanian telah ditemukan memiliki efektivitas tinggi dalam menghilangkan pewarna dan ion logam dari larutan, terutama limbah dengan kandungan selulosa tinggi (Ghouti dan Razavi, 2020).

Karakterisasi adsorben dapat dilakukan untuk mengetahui kualitas adsorben yang dihasilkan. Indonesia telah membuat standar kualitas arang aktif yang tertera dalam Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-3730-1995. Proses pengujian kualitas arang aktif dijelaskan pada **Tabel 2.1** di bawah ini;

Tabel 2.1 Standar Kualitas Arang Aktif

No	Uraian	Nilai	
		Butiran	Serbuk
1.	Bagian yang hilang pada pemanasan 950 °C (%)	Maks. 15	Maks. 25
2.	Kadar air (%)	Maks. 4,5	Maks. 15
3	Kadar abu (%)	Maks. 2,5	Maks. 10
4	Bagian tidak mengarang	0	0
5	Daya jerap terhadap I (mg/g)	Min. 750	Min. 750
6	Karbon aktif murni (%)	Min. 80	Min. 65
7	Daya jerap terhadap Benzena (%)	Min. 25	-
8	Daya jerap terhadap biru metilen (mg/g)	Min. 60	Min. 120
9	Berat jenis curah (g/mL) 0,3 - 0,35	0,45 - 0,55	0,3 - 0,35
10.	Lolos mesh 325 (%)	-	Min. 90
11	Jarak mesh (%)	90	-
12	Kekerasan (%)	80	-

(Sumber: SNI 06-3730-1995)

Adsorpsi dapat dibagi menjadi dua jenis (Botahala, 2019):

1. Adsorpsi fisik

Daya tarik antar molekul yang lemah menyebabkan molekul-molekul saling teradsorpsi secara fisik. Molekul bebas bergerak di sekitar permukaan material dan tidak tinggal di satu tempat. Jika gaya tarik antara zat terlarut dan adsorben lebih besar daripada gaya tarik antara zat terlarut dan pelarut, zat terlarut akan menempel pada permukaan adsorben.

2. Adsorpsi kimia

Gaya yang lebih besar dari pembentukan senyawa kimia menyebabkan adsorpsi kimia. Bahan yang teradsorpsi membentuk lapisan pada permukaan berupa molekul-molekul yang tidak dapat berpindah dari satu permukaan ke permukaan lainnya. Jika suatu permukaan ditutupi oleh lapisan molekul, permukaan jenuh dengan molekul gas dan tidak memiliki kemampuan lebih untuk menyerap lebih banyak molekul. Untuk detail tentang perbedaan antara adsorpsi fisik dan adsorpsi kimia, lihat **Tabel 2.2** di bawah ini (Botahala, 2019):

Tabel 2.2 Perbedaan Adsorpsi Fisika Dan Adsorpsi Kimia

Karakteristik	Adsorpsi Fisika	Adsorpsi Kimia
Gaya yang bekerja	Gaya tarik secara fisika sehingga adsorpsi fisika sering disebut adsorpsi <i>Van der Waals</i>	Gaya tarik atau ikatan kimia sehingga adsorpsi kimia sering disebut adsorpsi teraktivasi
Tebal lapisan	Banyak lapisan (<i>multi-layer</i>)	Satu lapisan (<i>single layer</i>)
Energi aktivasi	Kurang dari 1 kcal/g-mol	10-60 kcal/g-mol
Temperatur	Terjadi pada temperatur di bawah titik didih adsorbat	Dapat terjadi pada temperatur tinggi
Kemampuan adsorpsi	Lebih bergantung pada adsorbat daripada adsorben	Bergantung pada adsorben dan adsorbat
Jumlah zat teradsorpsi	Sebanding dengan kenaikan tekanan	Sebanding dengan banyaknya inti aktif adsorben yang dapat bereaksi dengan adsorbat
<i>Driving force</i>	Tidak ada transfer elektron, meskipun mungkin terjadi polarisasi pada sorbat	Ada transfer elektron, terbentuk pada ikatan antara sorbat dan permukaan padatan
Kalor adsorpsi	5 – 10 kcal/g-mol gas	10 – 100 kcal/g-mol gas

(Sumber: Botahala, 2019)

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi meliputi:

Waktu kontak yang dibutuhkan untuk mencapai kesetimbangan adsorpsi dapat bervariasi tergantung pada beberapa faktor seperti jenis adsorben dan adsorbat, konsentrasi awal adsorbat, suhu, pH, dan lain sebagainya. Pada umumnya, semakin tinggi konsentrasi awal adsorbat, semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kesetimbangan adsorpsi. Namun demikian, penentuan waktu kontak yang optimal untuk mencapai kesetimbangan adsorpsi dapat dilakukan melalui percobaan dengan mengambil sampel pada interval waktu tertentu dan menganalisis konsentrasi adsorbat yang tersisa pada setiap interval waktu tersebut (Cheng dkk., 2016).

Pengadukan dapat mempercepat proses adsorpsi karena dapat memperbaiki kontak antara adsorben dan adsorbat. Dalam kondisi pengadukan, adsorben dan adsorbat akan terus-menerus tercampur dan membuat luas permukaan kontak antara keduanya semakin banyak. Selain itu, pengadukan juga dapat mempercepat difusi massa adsorbat ke permukaan adsorben. Namun, perlu diperhatikan bahwa pengadukan yang terlalu kuat dapat mengurangi efektivitas adsorpsi karena dapat menyebabkan desorpsi (pelepasan kembali) adsorbat dari permukaan adsorben. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengadukan yang cukup agar mencapai kesetimbangan adsorpsi secara efektif (Obike dkk., 2018).

Luas permukaan adsorben akan semakin besar jika ukuran pori-pori yang dimilikinya semakin besar pula. Hal ini karena ukuran pori-pori yang besar dapat menampung lebih banyak molekul adsorbat dan memberikan lebih banyak ruang untuk reaksi adsorpsi terjadi. Selain itu, ukuran pori-pori yang besar juga memungkinkan adanya akses yang lebih mudah bagi molekul adsorbat untuk berinteraksi dengan permukaan adsorben, sehingga mempercepat proses adsorpsi. Namun, terlalu besar ukuran pori-pori juga dapat menyebabkan kehilangan kekuatan struktur adsorben dan menurunkan efisiensi adsorpsi (Jain dkk., 2015).

Ada dua jenis adsorben yaitu adsorben alami dan buatan. Adsorben alami biasanya berasal dari bahan-bahan organik atau anorganik yang terdapat di alam, seperti karbon aktif dari tempurung kelapa atau zeolit dari mineral alam. Sedangkan adsorben buatan biasanya dibuat secara sintesis melalui proses kimia, seperti resin

sintetis atau polimer berpori. Kedua jenis adsorben ini memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing tergantung pada aplikasi dan kondisi penggunaannya (Anastopoulos dkk., 2018).

Ukuran molekul adsorbat akan mempengaruhi kemampuan untuk melewati pori-pori adsorben. Jika molekul adsorbat terlalu besar untuk masuk ke dalam pori-pori, maka kemampuan adsorpsi akan berkurang. Oleh karena itu, ukuran pori-pori adsorben harus dipilih secara tepat untuk mengoptimalkan proses adsorpsi (Liu dkk., 2019).

Suhu dapat mempengaruhi proses adsorpsi. Pada umumnya, peningkatan suhu akan meningkatkan laju adsorpsi karena meningkatkan kecepatan gerakan molekul dan difusi adsorbat ke permukaan adsorben. Namun, terlalu tinggi suhu juga dapat mengurangi kapasitas adsorpsi karena dapat menyebabkan kerusakan pada struktur adsorben. Oleh karena itu, perlu dilakukan penentuan suhu yang tepat untuk mendapatkan kondisi optimal dalam proses adsorpsi (Tyagi dkk., 2018).

Ketika konsentrasi adsorben dalam larutan meningkat, laju penyerapan adsorbat cenderung meningkat karena semakin banyaknya jumlah adsorpsi yang tersedia pada permukaan adsorben yang tersedia. Namun, terdapat batas jenuh di mana kapasitas adsorpsi permukaan akan mencapai titik jenuh dan laju penyerapan adsorbat akan cenderung menurun seiring dengan semakin berkurangnya jumlah adsorpsi yang tersedia pada permukaan adsorben (Ismiyati, 2020).

2.3 Bottom Ash Kelapa Sawit جامعة الراتريك

Indonesia dengan cepat menjadi negara perkebunan, di mana kelapa sawit merupakan salah satu komoditas pertanian yang paling populer. Sumatera dan Kalimantan adalah dua pulau di Indonesia ini kaya akan sumber daya alam ini. Industri kelapa sawit menyebabkan peningkatan jumlah limbah padat dari pengolahan tandan buah yang menyebabkan masalah lingkungan. Limbah sisa produksi minyak sawit mentah berupa tandan kosong, serat, dan cangkang sawit. Cangkang dan serat kelapa sawit telah dikembangkan untuk digunakan sebagai bahan bakar boiler pabrik. Masalah selanjutnya yang muncul adalah residu hasil

pembakaran di boiler berupa abu yang jumlahnya semakin banyak (Suparma dkk., 2014).

Astianto dkk (2013) Di pabrik kelapa sawit, 30 ton tandan buah segar akan menghasilkan 82-149 kg abu boiler kelapa sawit. Salah satu biomassa yang paling banyak dalam sektor pertanian ialah abu hasil pembakaran boiler kelapa sawit., yang dapat diperoleh dengan biaya rendah, terbarukan, dan memiliki kinerja yang baik dalam kondisi panas tinggi. Sebelumnya, abu hasil pembakaran kelapa sawit dibuang ke lahan kosong di sekitar pabrik kelapa sawit. Hal ini meningkatkan risiko masalah lingkungan dan kesehatan (Asyri dkk., 2015). Proses pembakaran cangkang dan serat di boiler berlangsung pada temperatur 500 °C sampai 700 °C dan meninggalkan hasil samping berupa *fly ash* dan *bottom ash* (Prianti dkk., 2015).

Bottom ash adalah abu hasil pembakaran boiler yang tidak terdapat dalam mesin penangkap abu. *Bottom ash* tidak dibawa oleh gas pembakaran karena terlalu berat, sehingga menumpuk dan biasanya ditemukan di bagian bawah (Asyri dkk., 2015). *Bottom ash* dapat digunakan sebagai adsorben dan bermanfaat karena mengandung senyawa lignoselulosa (Khanday dkk., 2017). Lignoselulosa merupakan komponen utama kelapa sawit yang memiliki kemampuan mengadsorpsi logam berat (Triawan dkk., 2017). Kandungan lignoselulosa yang terdapat dalam *bottom ash* (abu dasar) serta kelimpahannya yang cukup besar dibandingkan dengan *fly ash* (abu terbang), harganya murah, dan mudah didapat sehingga *bottom ash* bisa digunakan untuk berbagai polutan (Acquah dkk., 2016). Gambar *bottom ash* dapat dilihat pada **Gambar 2.2** di bawah ini.



Gambar 2.2 *Bottom ash* Kelapa Sawit

Bottom ash adalah abu yang telah mengalami proses penggilingan dari kerak pada proses pembakaran cangkang dan serat buah pada suhu 700 °C sampai 800 °C pada dapur tungku boiler. Abu kerak boiler cangkang kelapa sawit merupakan biomasa dengan kandungan silika (SiO_2) yang potensial dimanfaatkan (Zainuri dan Soehardi, 2021). Adapun kandungan unsur-unsur kimia yang terdapat pada limbah fly ash kelapa sawit yaitu silika (SiO_2) sebesar 40,60 %, (Fe_2O_3) sebesar 63,4 %, kalsium oksida (CaO) sebesar 19,60 %, magnesium oksida (MgO) sebesar 1,30 %, (K_2O) sebesar 13,80 %, (SO_3) sebesar 0,44 %, (Al_2O_3) sebesar 3,71 % dan (LOI) sebesar 5,01 % (Nur, 2022).

2.4 Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)

Spektrofotometri Serapan Atom merupakan perangkat untuk analisis zat pada konsentrasi rendah. Logam-logam yang mudah diuapkan seperti Cu, Zn, Pb dan Cd umumnya ditentukan pada suhu rendah, sedangkan untuk unsur-unsur yang tidak mudah di atomisasi diperlukan suhu tinggi. Prinsip metode AAS adalah absorpsi cahaya oleh atom, yang atom-atom tersebut menyerap cahaya pada panjang gelombang tertentu, tergantung pada sifat unurnya (Husin, 2022).

Cara kerja spektrofotometri serapan atom adalah berdasarkan atas penguapan larutan sampel, kemudian logam yang terkandung di dalamnya diubah menjadi atom bebas. Atom tersebut mengabsorpsi radiasi dari sumber cahaya yang dipancarkan dari lampu katoda (*Hollow Cathode Lamp*) yang mengandung unsur yang akan ditentukan. Banyaknya penyerapan radiasi kemudian diukur pada panjang gelombang tertentu menurut jenis logamnya (Lestari, 2015).

Pengurangan intensitas radiasi yang diberikan sebanding dengan jumlah atom pada tingkat tenaga dasar yang menyerap energi radiasi tersebut. Dengan mengukur intensitas radiasi yang diteruskan (transmisi) atau mengukur intensitas radiasi yang diserap maka konsentrasi unsur di dalam cuplikan dapat ditentukan (Winarna dkk., 2015).

Kelebihan analisis unsur dengan SSA antara lain analisis dapat dilakukan dengan cepat, ketelitian tinggi sampai tingkat runtu (kemungkinan untuk menentukan konsentrasi semua unsur pada konsentrasi runtu), dan tidak

memerlukan pemisahan (penentuan suatu unsur dapat dilakukan dengan kehadiran unsur lain, asalkan katoda berongga yang diperlukan tersedia). Alat ini memiliki sensitivitas yang sangat tinggi, sehingga sering dijadikan sebagai pilihan utama dalam menganalisis unsur logam yang konsentrasinya sangat kecil (ppm bahkan ppb). Penentuan konsentrasi unsur logam dalam sampel dapat dilakukan antara absorbansi terhadap konsentrasi larutan standar. Hal ini sesuai dengan Hukum *Lambert-Beer* yang menyatakan bahwa jumlah energi yang diserap (absorbansi) sebanding dengan konsentrasi (C) (Rizki, 2021).

2.5 pH

pH air merupakan parameter yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau basa yang dimiliki oleh suatu zat, larutan atau benda (Sofyan, 2019). Kadar pH diukur pada skala 0 sampai 14. Istilah pH berasal dari “p” lambang matematika dari negatif algoritma, dan “H” lambang kimia untuk unsur Hidrogen. Definisi yang formal tentang pH adalah negatif logaritma dari aktivitas ion H hidrogen. Dapat dinyatakan dengan persamaan “ $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$ ”, pH dibentuk dari informasi kuantitatif yang dinyatakan oleh tingkat keasaman atau basa yang berkaitan dengan aktivitas ion hidrogen (Lubis dkk., 2022). Jika konsentrasi H^+ lebih besar daripada OH^- , maka material tersebut bersifat asam, yaitu nilai pH kurang dari 7. Jika konsentrasi OH^- lebih besar daripada H^+ , maka material tersebut bersifat basa, yaitu dengan nilai pH lebih dari 7 (Sugeng dan Sulardi, 2019).

pH adalah derajat keasaman yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaan yang dimiliki oleh suatu larutan (Zulius, 2017). pH merupakan suatu ukuran pada kualitas limbah cair, dalam hal ini sangat berpengaruh terhadap kehidupan biologi dalam air serta dapat pula mempengaruhi bahan kimia tertentu, yang sering berubah menjadi lebih toksik. Tingkat asiditas atau alkalinitas suatu sampel diukur berdasarkan skala pH yang menunjukkan konsentrasi ion hidrogen dalam larutan tersebut (Situmorang, 2019). pH adalah parameter yang penting dalam proses menghilangkan polutan dari air limbah dengan proses adsorpsi. Wen dkk (2018) dalam penelitiannya menyebutkan adsorpsi sangat bergantung pada pH dan kapasitas adsorpsi batang jagung

termodifikasi semakin besar seiring besarnya nilai pH. Hal ini dikarenakan adanya perubahan muatan permukaan adsorben pada kondisi pH tertentu, yang mempengaruhi daya tarik antara adsorben dan adsorbat.

2.6 Penelitian Terdahulu

Penelitian tentang pengolahan air limbah menggunakan metode adsorpsi telah banyak dilakukan oleh peneliti-peneliti terdahulu. Penelitian terdahulu menggunakan adsorben abu kelapa sawit dapat dilihat pada **Tabel 2.3** dibawah ini:

Tabel 2.3 Penelitian *Bottom Ash* dan *Fly Ash* Sebagai Adsorben

No.	Nama Peneliti	Tahun	Judul Penelitian	Hasil
1.	Ahmad, dkk.	2006	<i>Basic Dye Removal from Synthetic Wastewater by Adsorption on Palm Ash</i>	Metode Langmuir, Freundlich, Redlich-Peterson, dan pemodelan Pseudo orde kedua cocok digunakan dalam penelitian tersebut
2.	Ahmad, dkk.	2007	<i>Adsorption of direct dye on palm ash: Kinetic and equilibrium modeling</i>	Ditentukan dengan persamaan Langmuir dan pseudo-second-order
3.	Hameed, dkk.	2007	<i>Isotherms, kinetics and thermodynamics of acid dye adsorption on activated palm ash</i>	Dianalisa dengan model Langmuir dan Freundlich cocok digunakan dalam penelitian tersebut dengan kapasitas adsorpsi tertinggi sebesar 181,8 mg/g pada suhu 50 0C.
4.	AL-Aoh, dkk	2012	<i>Isotherm and Kinetic Studies of 4 nitrophenol Adsorption by NaOH Modified Palm Oil Fuel Ash</i>	Kapasitas adsorpsi POFA yang diaktifasi untuk menghilangkan 4-NP ditentukan dengan persamaan Langmuir dan ditemukan 500 mg /g.
5.	Igwe, dkk.	2010	<i>Adsorption Isotherm Studies of BOD, TSS, and Colour Reduction from Palm Oil Mill Effluent (POME) using Boiler Fly Ash</i>	Adsorben dengan ukuran 425 μ m memiliki kapasitas adsorpsi tertinggi dalam menyerap BOD, TSS, dan warna sebesar 478 mg/g, 1.233 mg/g, dan 152 mg/g berturut-turut

No.	Nama Peneliti	Tahun	Judul Penelitian	Hasil
6.	Syafiqah, dkk	2017	<i>A factorial analysis study on removal of mercury by palm oil fuel ash adsorbent</i>	Didapatkan bahwa penghilangan merkuri tertinggi adalah 98,03% pada kapasitas adsorben 0,10 mg Hg ²⁺ /g dari adsorben dengan kondisi pH 2, waktu kontak 4 jam, konsentrasi awal Hg ²⁺ 5 mg/L, dosis adsorben 0,25 g dan kecepatan agitasi 200 rpm.
7.	Triawan, dkk.	2017	<i>Crude Palm Oil's (CPO) Fly Ash as A Low-Cost Adsorben For Removal Of Methylen Blue (MB) From Aqueous Solution</i>	Hasil penelitian menunjukkan bahwa abu layang Pabrik Minyak Kelapa Sawit dapat dijadikan alternatif dalam penghilangan zat warna metilen biru dalam larutan yang dikaji dengan model kinetika orde satu semu dan orde dua semu serta model Isotherm Langmuir dan Freundlich
8.	Telaumbanua	2017	<i>Penggunaan Fly Ash dan Bottom Ash B Oiler Pabrik Kelapa Sawit sebagai Adsorben untuk Mengadsorpsi Warna pada Limbah Cair Buatan</i>	Hasil efisiensi penurunan tertinggi pada zat warna dan COD terdapat pada kolom adsorpsi dengan adsorben <i>fly ash</i> dengan nilai warna sebesar 96,96% dan konsentrasi COD sebesar adalah 83.26%. Kapasitas adsorpsi tertinggi didapatkan dengan menggunakan kolom adsorpsi dengan adsorben <i>bottom ash</i> dan <i>fly ash</i> (BF) sebesar 8,42 mg/g.
9.	Salleh, dkk.	2018	<i>Mercury Removal from Wastewater Using Palm Oil Fuel Ash</i>	Kondisi adsorpsi optimum diperoleh pada waktu kontak 5 jam dan kecepatan agitasi 150 rpm dengan desirabilitas 0,95. Pada titik optimum ini, efisiensi penyisihan merkuri sebesar 98,93%.
10.	Riduan, dkk.	2022	<i>Minimizing river pollution by batik dye wastewater using palm oil fuel ash (POFA) as an environmentally friendly, low-cost adsorbent alternative</i>	Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa POFA dapat menyerap zat warna pada batik limbah dengan efisiensi penyisihan hingga 22% dan kapasitas adsorpsi hingga 62 mg/g.

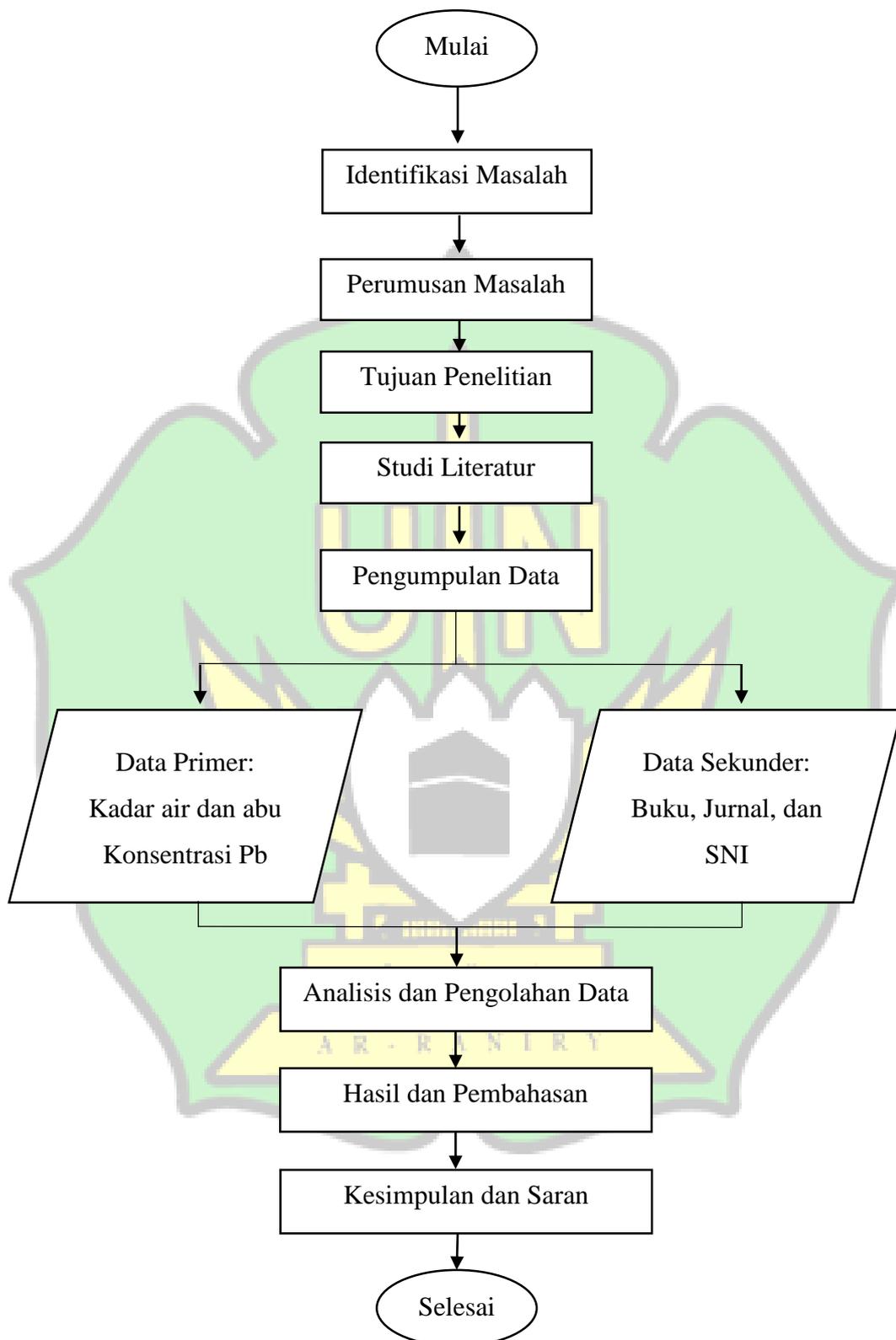
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tahapan Umum Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap, sebagai berikut:

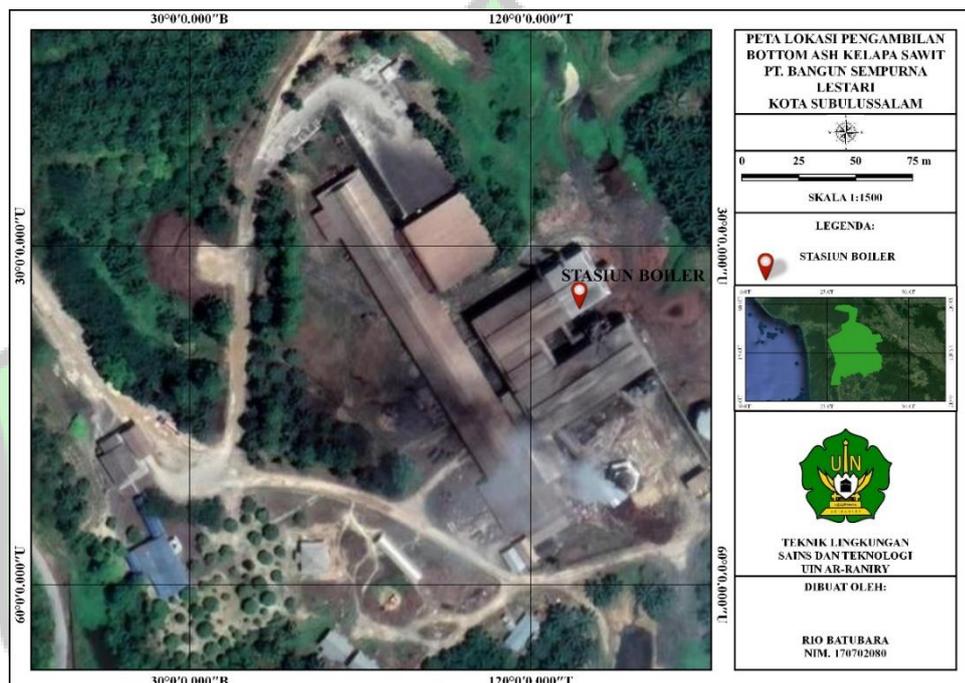
1. Tahap identifikasi masalah adalah mencoba mendefinisikan masalah yang ada dan membuat masalah tersebut terukur dan dapat diuji.
2. Tahap perumusan masalah yaitu merumuskan masalah yang terjadi pada objek penelitian.
3. Tahap tujuan penelitian yaitu jawaban dari pertanyaan dan diharapkan dapat tercapai setelah dilakukannya penelitian.
4. Tahap studi literatur adalah pencarian referensi teoritis terkait kasus atau masalah yang ada. Referensi ini dapat ditemukan di buku, jurnal, artikel, laporan penelitian, dan situs web.
5. Tahap pengumpulan data dilakukan untuk memperoleh informasi yang diperlukan untuk mencapai tujuan penelitian.
6. Tahap analisis dan pengolahan data dilakukan berdasarkan data-data yang dibutuhkan, yang kemudian dikelompokkan setelah tujuan masalah teridentifikasi sehingga diperoleh analisis solusi yang efektif dan tepat sasaran.
7. Tahapan hasil dan pembahasan merupakan jawaban atas pertanyaan penelitian. Bagian ini menyajikan tiga aspek pemikiran akademik yang berbeda, yaitu kerangka, sistematika penulisan, dan pembahasan penelitian.
8. Tahap kesimpulan dan saran adalah proses penarikan kesimpulan dan saran atas apa yang dilakukan selama penelitian. Dasar kesimpulan dan saran meliputi hasil analisis dan pembahasan.



Gambar 3.1 Diagram Alir Tahapan Umum Penelitian

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan berlangsung pada bulan Januari – bulan Mei tahun 2022. Tempat pembuatan adsorben *bottom ash* kelapa sawit, pembuatan larutan Pb, dan proses adsorpsi dilaksanakan di Laboratorium Teknik Lingkungan UIN Ar-Raniry. Analisis Pb dilakukan di Laboratorium Lingkungan Universitas Syiah Kuala.



Gambar 3.2 Peta Lokasi Pengambilan Sampel
(Sumber: *Google Earth*)

3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Alat

Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)-nyala, pipet ukur, labu erlenmeyer, gelas kimia, corong gelas, labu ukur, cawan porselin, neraca analitik, *stopwatch*, pH meter, ayakan 100 mesh, oven, *jar test* dan kertas saring *Whatman*.

3.3.2 Bahan

Timbal nitrat ($\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$) (Smartlab), *bottom ash* kelapa sawit, larutan natrium asetat (CH_3COONa) 1 N (Pudak), larutan asam nitrat (HNO_3) (Merck) dan akuades.

3.4 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan variabel terikat dan variabel bebas untuk mengetahui kemampuan adsorpsi *bottom ash* kelapa sawit dalam penyisihan logam timbal (Pb). Variabel terikat dalam penelitian ini adalah konsentrasi awal Pb dalam larutan. Sementara itu, variabel bebas dalam penelitian ini terdiri dari dua faktor, yaitu massa adsorben *bottom ash* kelapa sawit dan waktu pengadukan. Variasi pada massa adsorben bertujuan untuk mengetahui pengaruh kuantitas *bottom ash* kelapa sawit terhadap kemampuan adsorpsi Pb dalam larutan. Sementara itu, variasi pada waktu pengadukan bertujuan untuk menentukan waktu yang paling efektif untuk mencapai kondisi keseimbangan pada proses adsorpsi.

3.5 Prosedur Penelitian

3.5.1 Aktivasi Adsorben

Proses aktivasi adsorben *bottom ash* kelapa sawit dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Sebelum proses aktivasi dilakukan, *bottom ash* kelapa sawit terlebih dahulu dicuci dengan akuades untuk menghilangkan kotoran dan memisahkan cangkang yang terdapat dalam abu, kemudian abu tersebut dikeringkan dalam oven pada suhu 115 °C selama 2 jam.
2. Abu kering diayak dengan ayakan ukuran 100 mesh. Proses aktivasi dilakukan dengan perbandingan 1:15 (b/v) antara *bottom ash* kelapa sawit dengan larutan natrium asetat (CH_3COONa) 1 N (Pudak) dan dilakukan perendaman selama 48 jam.
3. Setelah itu, karbon aktif kelapa sawit ditiriskan dari larutan natrium asetat (CH_3COONa) 1 N, kertas saring digunakan untuk memisahkan abu dari larutan kemudian dicuci dengan akuades sampai pH abu menjadi netral.
4. Karbon aktif kelapa sawit kemudian kembali dikeringkan di dalam oven dengan suhu 110 °C selama 3 jam (Sopiah dkk., 2017).

3.5.2 Pengujian Adsorben

Untuk mengetahui apakah adsorben telah terbentuk dengan baik, dapat dilakukan pengujian sifat-sifatnya, antara lain kadar air dan kadar abu yang dikandungnya. Mutu arang aktif mengacu pada SNI No. 06-3730-1995 tentang Baku Mutu Arang Aktif.

Tabel 3.1 Karakteristik Arang Aktif

Parameter	Standar Baku Mutu Arang Aktif
Kadar Air	Maksimum 15%
Kadar Abu	Maksimum 10%

(Sumber: SNI No. 06-3730-1995)

Untuk mengetahui kadar airnya, adsorben ditimbang sebanyak 2 g, dan dimasukkan ke dalam cawan porselin yang telah ditimbang sebelumnya. Cawan dan adsorben dimasukkan ke dalam oven bersuhu 105°C selama 3 jam, kemudian didinginkan dalam desikator dan ditimbang, ditunjukkan pada Persamaan 3.1 berikut:

$$\text{Kadar air} = \left(\frac{a-b}{a} \right) \times 100\% \quad \text{Persamaan (3.1)}$$

Berat awal adsorben adalah a (g), dan berat adsorben setelah pengeringan adalah b (g).

Untuk menentukan kadar abu adsorben, 2 g adsorben dimasukkan ke dalam cawan porselin yang telah diketahui beratnya, kemudian sampel dinyalakan di dalam *muffle furnace* pada suhu 500 °C selama 2 jam atau sampai semua sampel berubah menjadi abu. Cawan tersebut kemudian didinginkan dalam desikator dan ditimbang, seperti yang ditunjukkan pada Persamaan 3.2 di bawah ini:

$$\text{Kadar abu} = \left(\frac{a}{b} \right) \times 100\% \quad \text{Persamaan (3.2)}$$

Dimana a adalah berat abu (g), dan b adalah berat adsorben kering awal (g).

3.5.3 Pembuatan Larutan Timbal (Pb)

Pembuatan larutan timbal dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Untuk membuat larutan timbal dengan konsentrasi 1.000 mg/L diambil serbuk Pb (NO₃)₂ (Smartlab) sebanyak 1,6 g.

2. Dan pindahkan ke dalam labu ukur 1.000 mL, ditambahkan 10 mL HNO₃ (Merck) dan akuades sampai tanda, kemudian dihomogenkan.
3. Kemudian diambil 10 mL larutan timbal 1.000 mg/L dan dimasukkan ke dalam labu ukur 1.000 mL, kemudian ditambahkan akuades sampai tanda batas sehingga diperoleh larutan standar 11,7 mg/L dan diuji pH-nya (SNI 6989.8:2009).

3.5.4 Proses Adsorpsi

Proses Adsorpsi dilakukan dengan cara sebagai berikut:

Adsorben *bottom ash* ditimbang sebanyak 0,2 g dan dimasukkan ke dalam gelas kimia yang telah terisi 1.000 mL larutan Pb 11,7 mg/L. Proses adsorpsi oleh adsorben *bottom ash* dilakukan dengan kecepatan pengadukan 200 rpm menggunakan *jar test*. Setelah waktu pengadukan selama 30 menit, campuran selanjutnya didiamkan selama 60 menit. Hasil adsorpsi selanjutnya dianalisis konsentrasi Pb dan pH-nya. Percobaan yang sama dilakukan pada massa adsorben 0,4; 0,6; 0,8; dan 1 g dan percobaan yang sama dilakukan dengan waktu pengadukan selama 60 menit.

3.6 Analisis Parameter

3.6.1 Analisis Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)

Spektrofotometri digunakan untuk mengukur jumlah Pb dalam sampel. Banyaknya cahaya yang diserap berbanding lurus dengan konsentrasi zat. Atom menyerap cahaya, sehingga Pb harus diubah menjadi bentuk atom. Larutan Pb dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang telah disediakan pada perangkat SSA, dilakukan *setting* pada komputer perangkat SSA pengguna, menyalakan api dan lampu katoda SSA, posisi lampu juga diatur untuk menyerap jumlah radiasi yang maksimal. Kemudian larutan Pb dilewatkan melalui nyala asetilena, pembacaan harus nol. Secara berturut-turut, larutan Pb dianalisis menggunakan spektrofotometri serapan atom dan hasil analisis akan dicatat kemudian dihitung untuk mendapatkan konsentrasi logam dalam larutan timbal (Pb) (SNI. 6989.8:2009).

3.6.2 Analisis pH

Pengukuran pH menggunakan pH meter sesuai SNI 066989.11-2004. Setiap melakukan pengukuran, gunakan larutan *buffer* untuk mengkalibrasi pH meter sesuai petunjuk kerja alat. Keringkan dengan kertas tisu kemudian bilas elektroda dengan air suling. Bilas elektroda dalam larutan timbal. Celupkan elektroda ke dalam larutan Pb sampai pH meter menunjukkan pembacaan yang stabil. Catat pembacaan skala atau angka pada layar pH meter.

3.7 Analisis Data

3.7.1 Penentuan Efektivitas Adsorpsi

Efektivitas adsorpsi dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.3 berikut:

$$Ef(\%) = \frac{Y_i - Y_f}{Y_i} \times 100\% \quad \text{Persamaan (3.3)}$$

Keterangan:

Ef = Efektivitas Penurunan

Y_i = kandungan awal Pb

Y_f = kandungan akhir Pb

3.7.2 Penentuan Kapasitas Adsorpsi

Penentuan kapasitas adsorpsi ditentukan berdasarkan data yang diperoleh dari hasil analisis Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). Data yang diperoleh tersebut kemudian dihitung kapasitas adsorpsi dengan menggunakan Persamaan 3.4 berikut:

$$Q_e = \frac{(C_o - C_e)}{w} \times V \quad \text{Persamaan (3.4)}$$

Keterangan:

Q_e = kapasitas adsorpsi (mg/g)

C_o = konsentrasi awal Pb (mg/L)

C_e = konsentrasi akhir Pb (mg/L)

W = massa adsorben (g)

V = volume larutan Pb

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Adsorben *Bottom Ash* Kelapa Sawit

Pada proses aktivasi, *bottom ash* kelapa sawit diaktivasi secara kimia menggunakan larutan natrium asetat (CH_3COONa) 1 N dengan cara perendaman. Proses aktivasi ini berfungsi sebagai pembuka pori-pori adsorben *bottom ash* tersebut dan dapat menghilangkan pengotor pada adsorben, dengan hilangnya zat pengotor tersebut dapat menambah luas permukaan adsorben. Penggunaan jenis aktivator natrium asetat ini didasari adanya pasangan elektron bebas yang dimiliki oleh aktivator garam, sehingga dengan terikatnya senyawa kimia tersebut pada adsorben, maka akan mampu meningkatkan kemampuan dalam menyerap logam (Sopiah dkk., 2017). Kemudian dilakukan pencucian dan pemanasan untuk melepaskan pengotor-pengotor setelah perendaman, sehingga pori-pori karbon semakin terbuka (Lempang dkk., 2011).

Tabel 4.1 Hasil Analisa Karakteristik Adsorben

No	Parameter	Hasil Analisa (%)	Standar Baku Mutu Arang Aktif
1	Kadar Air	9,5	Maksimum 15%
2	Kadar Abu	5,5	Maksimum 10%

Hasil uji karakteristik adsorben berdasarkan parameter kadar air dan kadar abu ditunjukkan pada **Tabel 4.1**. Kadar air menunjukkan persentase air yang terdapat dalam adsorben. Keberadaan air dikarenakan sifat higroskopis dari karbon itu yang berpori sehingga jika melakukan kontak dengan udara bebas, maka uap air yang terkandung dalam udara dapat teradsorpsi. Menurut Kusumawardhani, (2016) apabila kadar air yang terdapat dalam adsorben melebihi batas maksimal yang ditetapkan, adsorben kurang optimal dalam melakukan proses adsorpsi. Hal ini karena molekul air menghalangi pori-pori adsorben, sehingga adsorbat sulit teradsorpsi melalui pori-pori adsorben. Kadar abu merupakan persentase abu yang terdapat pada adsorben. Kadar abu dipengaruhi oleh kandungan mineral dan silika pada bahan baku yang membentuk oksida selama pemanasan suhu tinggi. Kadar air dan kadar abu adsorben *bottom ash* telah memenuhi SNI No. 06-3730-1995.

4.2 Karakteristik Larutan Pb

Pada penelitian ini digunakan larutan buatan yang mengandung Pb. Larutan buatan ini dibuat menggunakan bahan ($\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$). Larutan Pb kemudian dianalisis menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). Hasil pengukuran menunjukkan bahwa konsentrasi larutan Pb tersebut sebesar 11,77 mg/L dan memiliki pH larutan 4. Hasil analisis karakteristik larutan Pb dapat dilihat pada **Tabel 4.2**.

Tabel 4.2 Karakteristik Larutan Pb

No	Satuan	Parameter	Hasil Analisa
1	mg/L	Timbal (Pb)	11,77
2	-	pH	4

Larutan Pb ini memiliki pH rendah yaitu 4 yang disebabkan oleh penggunaan asam nitrat dalam proses pembuatan larutan. Kondisi ini menyebabkan logam Pb terlarut sehingga konsentrasinya akan tetap karena sifat kelarutan logam pada pH asam.

4.3 Proses Adsorpsi

Proses adsorpsi dengan secara *batch* menggunakan *jar test* pada penelitian ini dilakukan dengan kecepatan 200 rpm. Proses adsorpsi secara *batch* dilakukan dengan memvariasikan massa dan waktu pengadukan. Kemampuan adsorben *bottom ash* dalam menyerap logam Pb pada penelitian ini menggunakan variasi massa adsorben yaitu 0,2, 0,4, 0,6, 0,8 dan 1 g dan variasi waktu pengadukan yaitu 30 dan 60 menit dengan konsentrasi Pb yaitu 11,77 ppm pada larutan 1.000 mL. Setelah proses adsorpsi larutan didiamkan selama 60 menit agar adsorben mengendap. Setelah adsorben mengendap larutan Pb kemudian dianalisis menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). Perlakuan dengan memvariasikan massa dan waktu pengadukan diharapkan dapat meningkatkan kemampuan adsorben *bottom ash* dalam proses adsorpsi. Adapun hasil proses adsorpsi penyerapan Pb dapat dilihat pada **Tabel 4.3**.

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Kandungan Logam Pb dan pH

No	Waktu Pengadukan (menit)	Massa Adsorben (g)	Pb (mg/L)		pH	
			Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah
1	30	0,2	11,77	3,386	4	8,9
2		0,4		2,531		9,3
3		0,6		1,098		9,4
4		0,8		0,693		9,4
5		1		2,237		9,6
6	60	0,2	1,234	8,8		
7		0,4	1,263	9,5		
8		0,6	1,369	9,6		
9		0,8	0,683	9,8		
10		1	0,805	9,9		

Analisis kemampuan adsorpsi *bottom ash* dilakukan berdasarkan efektivitas dan kapasitas adsorpsi yang dapat dihasilkan dari masing-masing adsorben yang telah diperlakukan. Berdasarkan efektivitas dan kapasitas adsorpsi maka didapatkan hasil seperti pada **Tabel 4.4**.

Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Adsorpsi Logam Pb

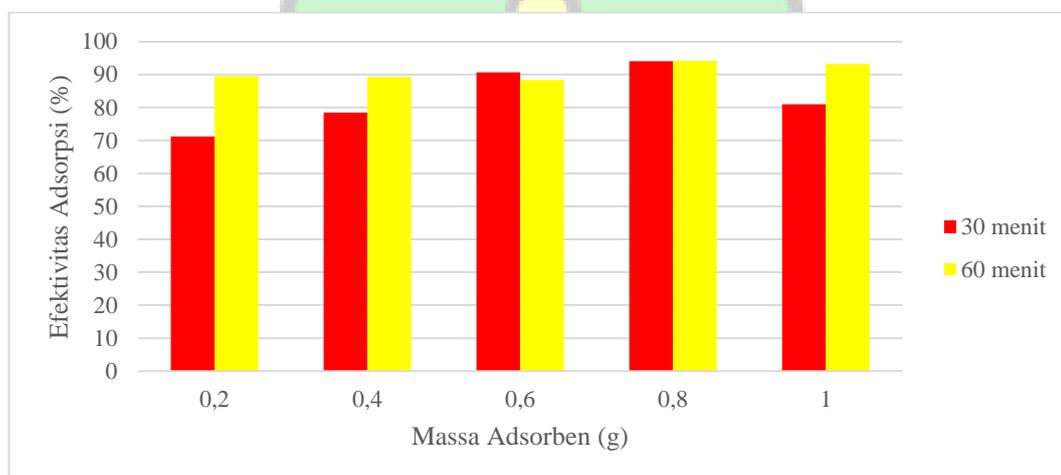
No	Waktu Pengadukan (menit)	Massa Adsorben (g)	Efektivitas Adsorpsi (%)	Kapasitas Adsorpsi (mg/g)
1	30	0,2	71,232	41,920
2		0,4	78,496	23,098
3		0,6	90,671	17,787
4		0,8	94,112	13,846
5		1	80,994	9,533
Nilai rata-rata			83,101	21,237
6	60	0,2	89,516	52,680
7		0,4	89,269	26,268
8		0,6	88,369	17,335
9		0,8	94,197	13,859
10		1	93,161	10,965
Nilai rata-rata			90,902	24,221

Hasil tersebut menunjukkan bahwa efektivitas dan kapasitas adsorpsi dari masing-masing massa dan waktu pengadukan berbeda-beda. Adsorpsi logam dapat kembali menurun dengan bertambahnya massa setelah mencapai titik maksimum.

Hal ini menunjukkan terjadinya peristiwa desorpsi yaitu terlepasnya kembali ion logam yang terikat pada adsorben (Arifin dkk., 2012).

4.4 Kemampuan Adsorben *Bottom Ash* Kelapa Sawit

Penambahan massa adsorben mengakibatkan meningkatnya situs adsorpsi dari adsorben sehingga akan lebih banyak ion logam yang teradsorpsi pada permukaan adsorben (Jawad dkk., 2018). Peningkatan massa adsorben dalam larutan menyebabkan meningkatnya luas permukaan adsorben sehingga situs pertukaran ion logam juga meningkat (Zurayk dkk., 2015).

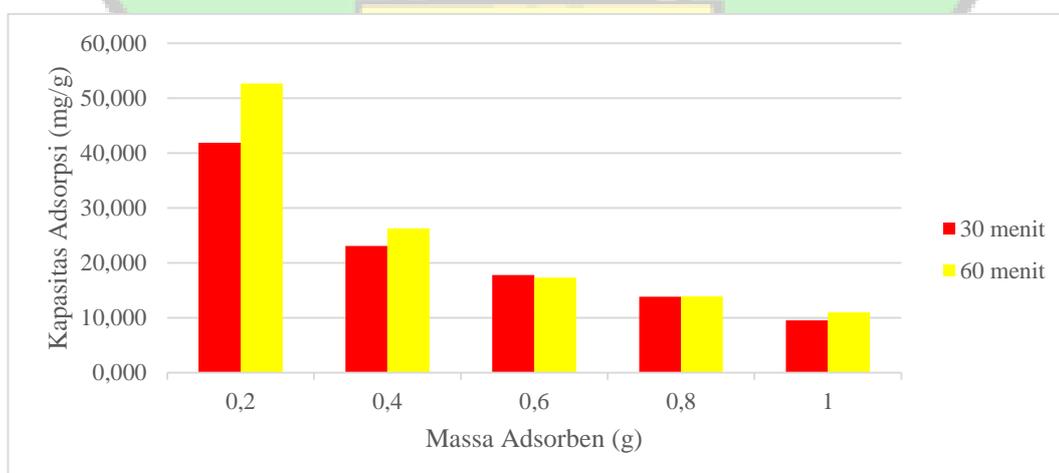


Gambar 4.1 Pengaruh Massa Terhadap Efektivitas Adsorpsi

Persentase adsorpsi Pb dapat dilihat pada **Gambar 4.1**, dapat dilihat hubungan antara persentase adsorpsi dengan massa adsorben *bottom ash* yang digunakan. Pada waktu pengadukan 30 menit terlihat bahwa persentase adsorpsi mengalami kenaikan seiring bertambahnya massa adsorben. Adsorpsi logam Pb oleh adsorben *bottom ash* mengalami kenaikan secara perlahan pada massa 0,2 g sampai massa 0,8 g terjadi kenaikan adsorpsi yakni 71,232% ke 94,112%. Persentase penyerapan Pb mengalami penurunan kembali pada massa 1 g. Penurunan persentase adsorpsi dikarenakan, logam Pb yang telah teradsorpsi pada massa 0,2 g sampai massa 0,8 g mengalami desorpsi pada massa selanjutnya akibat tumbukan antar partikel sehingga melepaskan penyerapan adsorben pada adsorbat. Nilai adsorpsi tertinggi terdapat pada massa 0,8 g dengan persentase sebesar 94,112%. Persentase adsorpsi terendah pada massa 0,2 g sebesar 71,232%.

Pada waktu pengadukan 60 menit terlihat bahwa persentase penurunan kadar Pb cenderung berfluktuasi. Pada massa 0,2 g ke 0,6 mengalami penurunan dari 89,516% ke 88,369% dan pada massa 0,8 g mengalami kenaikan adsorpsi 94,197% dan mengalami penurunan kembali pada massa 1 g. Nilai adsorpsi tertinggi terdapat pada massa 0,8 g dengan persentase sebesar 94,197%. Persentase adsorpsi terendah pada massa 0,6 g sebesar 88,369%. Peningkatan penyisihan Pb dengan meningkatnya massa adsorben terjadi karena luas permukaan menjadi lebih besar dan ketersediaan situs-situs aktif adsorpsi yang lebih banyak. Pada massa adsorben yang kecil, permukaan adsorben menjadi jenuh dengan adsorbat logam Pb sedangkan sisa konsentrasi logam dalam larutan masih besar sehingga penyisihan relatif kecil.

Hal ini menunjukkan bahwa dengan bertambahnya massa sebanding dengan bertambahnya jumlah partikel dan luas permukaan sehingga menyebabkan bertambahnya sisi aktif adsorpsi dan efisiensi penyerapan-nya pun meningkat. Hal ini diperkuat oleh Jisha dkk (2017) yang menyatakan bahwa pada saat ada peningkatan massa adsorben, maka ada peningkatan persentase efisiensi penyerapan. Pada massa adsorben yang terlalu besar juga memungkinkan terjadinya penyumbatan sisi aktif dari adsorben, sehingga menyebabkan terjadinya tolakan elektro statik antar gugus fungsi yang serupa pada adsorben (Siswarni dkk., 2017). Penyumbatan sisi aktif pada adsorben dapat mengganggu proses adsorpsi dan menyebabkan terjadinya penurunan persentase adsorpsi.



Gambar 4.2 Pengaruh Massa Terhadap Kapasitas Adsorpsi

Berdasarkan **Gambar 4.2**, kapasitas adsorpsi Pb tertinggi dicapai pada massa adsorben 0,2 g dengan waktu pengadukan 60 menit sebesar 52,680 mg/g dan waktu pengadukan 30 menit sebesar 41,680 mg/g. Dan kapasitas adsorpsi Pb terendah dicapai pada massa adsorben 1 g dengan waktu pengadukan 60 menit sebesar 10,965 mg/g dan waktu pengadukan 30 menit sebesar 9,533 mg/g. Kapasitas adsorpsi bertujuan untuk mengetahui seberapa besar kemampuan adsorben *bottom ash* dalam adsorpsi logam Pb. Semakin tinggi massa adsorben maka kapasitas adsorpsi akan semakin menurun. Penurunan kapasitas adsorpsi disebabkan oleh adanya sisi aktif adsorben yang belum semuanya berkaitan dengan adsorbat (Istighfarini dkk., 2017).

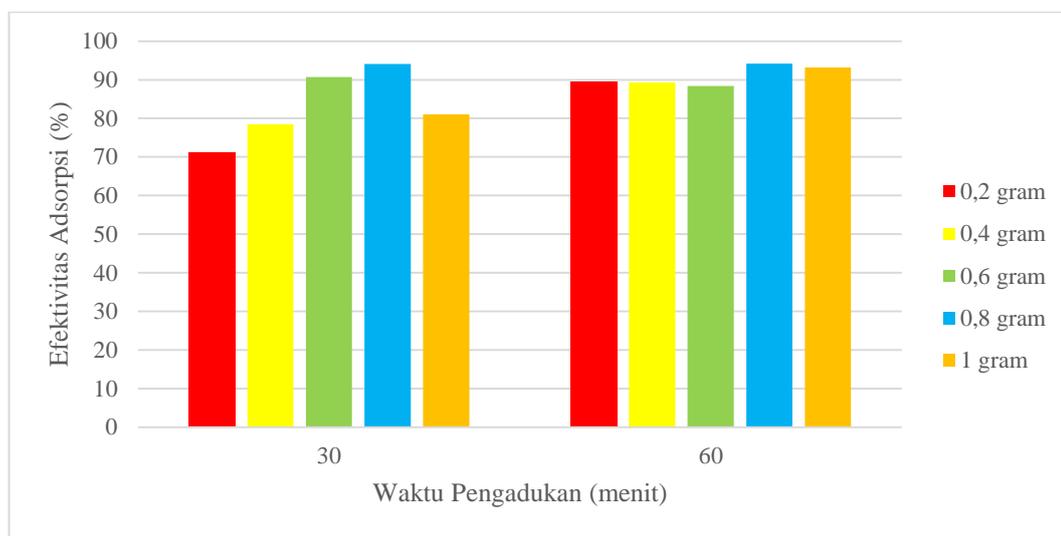
Hasil ini juga diperkuat oleh hasil penelitian Siswarni dkk (2017) bahwa dengan semakin bertambahnya massa adsorben yang digunakan maka kemampuan adsorpsi semakin kecil. Hal ini disebabkan adsorbat yang digunakan terbatas yang menyebabkan massa adsorben saling tumpang tindih atau berebutan, sehingga adsorbat terbatas gerakannya untuk merebutkan permukaan. Hal ini dapat disebabkan oleh karena terjadinya tumpang tindih atau penggumpalan luas permukaan adsorben yang tersedia untuk logam Pb (Nurdila dkk., 2015).

Kemampuan penyerapan ion logam dipengaruhi oleh ukuran ion logam berbeda-beda, distribusi alami adsorben yang aktif, interaksi antara ion logam dan adsorben (Kristianingrum dkk., 2020). Besarnya penyerapan logam juga dipengaruhi oleh konsentrasi awal logam dalam larutan. Semakin besar konsentrasi, semakin banyak jumlah molekul dalam larutan, sehingga interaksi antara molekul adsorbat dan adsorben semakin meningkat. Interaksi yang semakin besar ini akan meningkatkan proses penyerapan sampai pada kapasitas maksimal suatu adsorben.

4.5 Pengaruh Waktu Pengadukan

Proses adsorpsi untuk menentukan waktu setimbang dengan metode *batch* menggunakan proses pengadukan. Variasi lama pengadukan yang dilakukan terhadap larutan Pb diperlukan untuk menentukan waktu pengadukan yang tepat agar penyerapan molekul adsorbat dapat berlangsung optimum. Waktu pengadukan dapat dijadikan parameter kelayakan penerapan adsorben dalam industri. Karbon

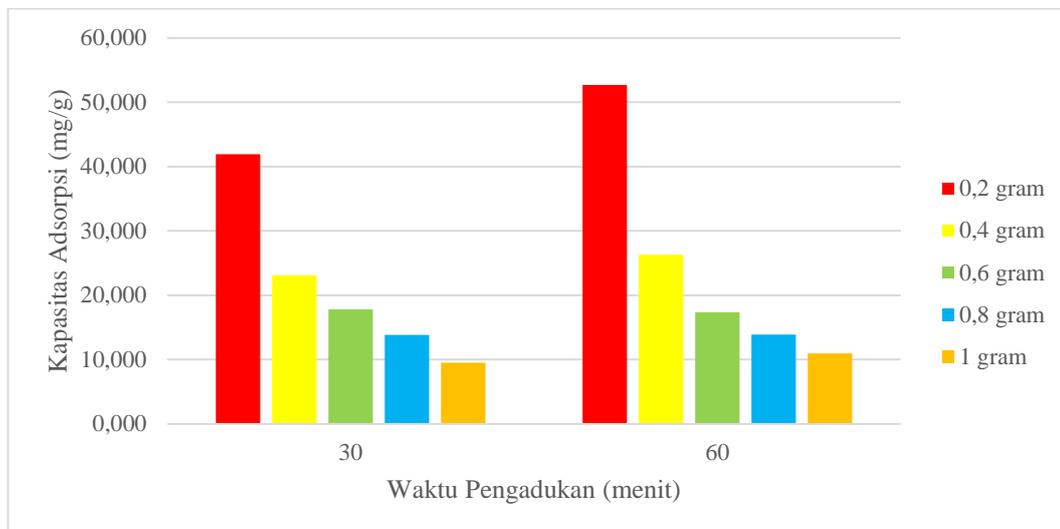
aktif sebagai adsorben diharapkan tidak hanya memiliki kemampuan adsorpsi yang tinggi tetapi juga dapat menyerap logam berat dalam waktu yang lebih singkat (Castro dkk., 2020). Menurut Asih dkk (2015) waktu kontak antara ion logam dengan adsorben sangat mempengaruhi daya serap.



Gambar 4.3 Pengaruh Waktu Terhadap Efektivitas Adsorpsi

Gambar 4.3 menunjukkan bahwa adanya peningkatan jumlah adsorbat yang terserap pada waktu 60 menit dikarenakan banyaknya interaksi yang terjadi antara adsorben dengan adsorbat. Pada adsorpsi logam Pb menunjukkan hasil adsorpsi yang tinggi dengan menggunakan waktu pengadukan 60 menit dibandingkan waktu pengadukan 30 menit. Nilai persentase penurunan kadar logam Pb menggunakan waktu pengadukan 60 menit dengan nilai rata-rata sebesar 90,902% dan waktu pengadukan 30 menit sebesar 83,101%.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa pada waktu pengadukan 60 menit adsorben *bottom ash* berinteraksi lebih baik dibandingkan pada waktu pengadukan 30 menit. Hal ini terjadi karena pada awal penyerapan, permukaan adsorben masih belum terlalu banyak berikatan dengan Pb sehingga proses penyerapan berlangsung kurang efektif. Kenaikan waktu pengadukan menyebabkan peluang interaksi antara logam dengan permukaan adsorben semakin besar sehingga dihasilkan adsorpsi yang lebih besar pula (Sari dan Suliestyah, 2022).



Gambar 4.4 Pengaruh Waktu Terhadap Kapasitas Adsorpsi

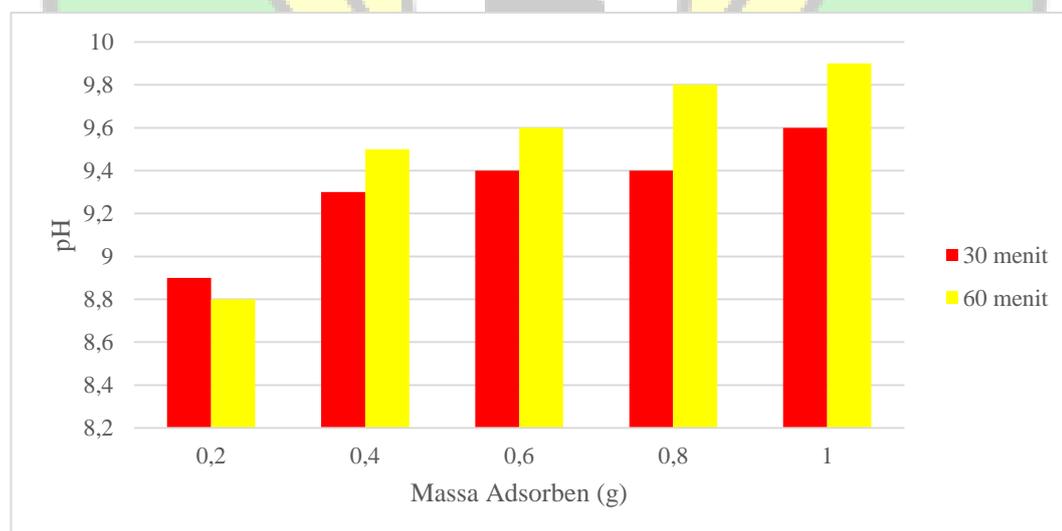
Berdasarkan **Gambar 4.4**, dalam waktu pengadukan 30 menit telah menunjukkan terjadinya penurunan kadar logam Pb. Hal ini dapat diasumsikan adsorpsi telah terjadi dalam waktu yang singkat dengan menggunakan adsorben. Saat dilakukan waktu pengadukan selama 30 menit, kapasitas adsorpsi sudah mencapai 41,920 mg/g. Kapasitas adsorpsi mengalami kenaikan pada saat dilakukan pengadukan selama 60 menit dengan kapasitas adsorpsi mencapai 52,680 mg/g. Hasil yang didapatkan kapasitas adsorpsi menurun seiring bertambahnya massa adsorben yang digunakan tetapi kapasitas adsorpsi akan semakin tinggi seiring dengan semakin lamanya waktu pengadukan pada proses adsorpsi. Menurut Nafiah (2016) waktu pengadukan memiliki pengaruh terhadap kapasitas adsorpsi, waktu pengadukan yang lebih lama memberikan kesempatan kepada adsorbat untuk terjerap oleh adsorben akan semakin besar.

Adsorpsi dapat terjadi melalui 2 tahap proses, tahap pertama ion logam mencapai lapisan batas, kemudian menyebar ke permukaan serta masuk ke dalam pori adsorben. Tahap berikutnya terjadi pelepasan zat teradsorpsi secara cepat karena pori adsorben telah mengalami kejenuhan. Dua tahapan proses ini yang menyebabkan proses adsorpsi memerlukan waktu yang relatif lama. Secara umum, laju adsorpsi akan meningkat pada awal proses dan menurun secara bertahap sampai pada titik kesetimbangan. Hal ini terjadi karena masih banyak pori yang

tersedia untuk tempat masuknya adsorbat pada awal proses dan semakin menurun jumlahnya seiring berjalannya waktu (Solika dkk., 2017).

4.6 Pengaruh Massa Dan Waktu Pengadukan Terhadap pH

Penambahan adsorben dalam suatu sistem adsorpsi dapat mempengaruhi pH larutan, terutama jika adsorben tersebut memiliki kemampuan untuk menangkap ion hidrogen (H^+) atau melepaskan ion OH^- ke dalam larutan (Liu dkk., 2020). Jika adsorben memiliki kemampuan menangkap ion H^+ , maka penambahan adsorben akan menyebabkan penurunan pH larutan. Sebaliknya, jika adsorben mampu melepaskan ion OH^- ke dalam larutan, maka penambahan adsorben akan menyebabkan kenaikan pH larutan (Xie dkk., 2017). Waktu pengadukan dalam proses adsorpsi juga dapat mempengaruhi pH larutan. Pada umumnya, semakin lama waktu pengadukan, semakin besar kemungkinan terjadi interaksi antara adsorben dan ion dalam larutan, yang dapat menyebabkan perubahan pH (Wakkel dkk., 2019). Namun, perubahan pH juga dapat dipengaruhi oleh sifat-sifat adsorben dan ion dalam larutan (Siddiqui dkk., 2019). Pada penelitian ini, dilakukan uji pengaruh massa adsorben *bottom ash* dan waktu pengadukan terhadap pH.



Gambar 4.5 Pengaruh *Bottom ash* Terhadap pH

Berdasarkan hasil pengujian pH sesudah adsorpsi, didapat peningkatan pH pada larutan Pb dengan berbagai variasi massa dan waktu pengadukan dapat dilihat pada **Gambar 4.5**. Berdasarkan gambar tersebut peningkatan pH sebanding dengan

penambahan massa adsorben *bottom ash* yang diberikan, yaitu dengan rentang pH awal 4 sampai 9.9. Pada penggunaan massa 0,2 g pH naik menjadi 8.9 dalam 30 menit dan 8.8 pada 60 menit. Peningkatan tertinggi terjadi pada penggunaan massa 1 g dengan 60 menit yaitu naik menjadi 9.9, sedangkan 30 menit pH naik menjadi 9.6. Kenaikan pH semakin meningkat dengan bertambahnya masa adsorben *bottom ash* dan waktu pengadukan, nilai pH meningkat dari keadaan asam ke keadaan basa disebabkan pada proses adsorpsi, unsur logam dalam air akan diuraikan menjadi ion-ion logam dan ion hidroksida (OH^-).

Ketika unsur logam terlarut dalam air, unsur tersebut akan terdisosiasi menjadi ion-ion logam dan ion-ion lainnya. Pada kondisi tertentu, ion logam tersebut dapat diserap oleh adsorben dengan gaya *Van der Waals*, yaitu gaya tarik-menarik yang terjadi antara partikel adsorben dan ion logam. Adanya gaya *Van der Waals* ini menyebabkan ion-ion logam terikat pada permukaan adsorben, sehingga ion-ion tersebut terpisah dari larutan. Sementara itu, ion hidroksida (OH^-) terbentuk dari ionisasi air (H_2O), yang dapat terjadi secara spontan pada kondisi tertentu. Ion OH^- ini cenderung tidak teradsorpsi oleh adsorben, sehingga akan tertinggal dalam larutan (Bonilla dkk., 2017).

Interaksi ion-ion logam dengan adsorben *bottom ash* kelapa sawit melibatkan pertukaran ion. Gugus fungsi asam yang ada di permukaan adsorben *bottom ash* kelapa sawit, seperti hidroksil dan karboksil, dapat berperan sebagai situs penyerapan ion logam. Ketika ion logam dalam larutan berkontak dengan adsorben, ion-ion logam tersebut menempel pada gugus fungsi asam tersebut melalui pertukaran ion (Riduan dkk., 2020).

Dalam proses ini, ion logam yang terikat pada adsorben digantikan oleh ion H^+ yang dilepaskan dari gugus fungsi asam, sehingga jumlah ion H^+ pada larutan berkurang dan pH meningkat. Seiring bertambahnya waktu kontak antara adsorben dan larutan logam, jumlah ion logam yang terikat pada adsorben akan bertambah dan jumlah ion H^+ yang dilepaskan akan semakin banyak. Hal ini akan menyebabkan peningkatan pH pada larutan karena ion H^+ berkurang dan tersisa ion OH^- yang berkontribusi pada kenaikan pH. (Heriyani dan Mugisidi, 2016).

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan bahwa adsorpsi logam Pb oleh adsorben *bottom ash* kelapa sawit memperoleh hasil:

1. Efektivitas adsorpsi paling tinggi dalam menurunkan konsentrasi Pb menggunakan adsorben *bottom ash* kelapa sawit adalah 94,197% pada massa 0,8 g dengan waktu pengadukan 60 menit dan 94,112% dengan waktu pengadukan 30 menit. Dan kapasitas Adsorpsi paling tinggi dalam menurunkan konsentrasi Pb menggunakan adsorben *bottom ash* kelapa sawit adalah 52,680 mg/g pada massa 0,2 g dengan waktu pengadukan 60 menit dan 41,920 mg/g dengan waktu pengadukan 30 menit.
2. Efektivitas dan kapasitas adsorpsi paling tinggi dalam menurunkan konsentrasi Pb menggunakan adsorben *bottom ash* kelapa sawit adalah pada waktu pengadukan 60 menit dengan nilai rata-rata efektivitas sebesar 90,902 % dan kapasitas sebesar 24,221 mg/g.
3. Kadar air 9,5% dan kadar abu 5,5% adsorben *bottom ash* kelapa sawit telah memenuhi SNI No. 06-3730-1995.

5.2 Saran

Adapun saran bagi penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan mempertimbangkan variasi massa adsorben *bottom ash* kelapa sawit dan waktu pengadukan yang berbeda untuk mengetahui kapasitas dan efektivitas terbaik dalam menurunkan kandungan logam timbal (Pb). Dalam penelitian ini, dapat dilakukan uji coba dengan menggunakan massa adsorben yang lebih besar atau lebih kecil dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, dan pengadukan dengan waktu yang lebih lama atau lebih singkat. Hal ini bertujuan untuk mengetahui apakah

terdapat kondisi yang lebih optimal untuk penyerapan logam Pb oleh bottom ash kelapa sawit, sehingga dapat meningkatkan efisiensi proses adsorpsi.

2. Penelitian selanjutnya dapat meneliti faktor-faktor lain yang mempengaruhi proses adsorpsi logam Pb menggunakan adsorben *bottom ash* kelapa sawit. Faktor-faktor ini meliputi kecepatan pengadukan, suhu, konsentrasi adsorbat, dan luas permukaan adsorben. Penelitian ini akan memberikan informasi tambahan tentang kondisi optimal untuk mengurangi kandungan logam Pb dalam larutan menggunakan adsorben bottom ash kelapa sawit. Dengan mengeksplorasi faktor-faktor yang berbeda ini, dapat ditemukan cara yang lebih efektif dan efisien dalam menggunakan adsorben bottom ash kelapa sawit untuk aplikasi yang lebih luas.
3. Selain logam Pb, masih banyak pencemar lainnya yang terdapat dalam lingkungan dan memerlukan upaya penanganan. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian lanjutan terhadap kemampuan bottom ash kelapa sawit dalam menyerap logam-logam dan pencemar lainnya, seperti merkuri (Hg), kadmium (Cd), tembaga (Cu), dan zat pewarna. Dengan mengetahui kemampuan adsorben bottom ash kelapa sawit terhadap berbagai jenis pencemar, maka dapat diketahui potensi pemanfaatannya dalam upaya pengendalian pencemaran dan perlindungan lingkungan yang lebih luas.



DAFTAR PUSTAKA

- Acquah, C., Yon, L. S., Tuah, Z., Ngee, N. L., & Danquah, M. K. (2016). Synthesis and performance analysis of oil palm ash (OPA) based adsorbent as a palm oil bleaching material. *Journal of cleaner production*, 139, 1098–1104.
- Alsuheindra, R. (2013). Bahan toksik dalam Makanan. Bandung: PT. Remaja Rosdakarya.
- Anastopoulos, I., Mittal, A., Usman, M., Mittal, J., Yu, G., Núñez-Delgado, A., & Kornaros, M. (2018). A review on halloysite-based adsorbents to remove pollutants in water and wastewater. *Journal of Molecular Liquids*, 269, 855–868.
- Antara, N. L. (2017). Pencegahan Akibat Terjadinya karat pada pipa boiler (studi kasus). *Logic: Jurnal Rancang Bangun dan Teknologi*, 13(3), 117.
- Arifin, Z., Irawan, D., Rahim, M., & Ramantiya, F. (2012). Adsorpsi zat warna direct black 38 menggunakan kitosan berbasis limbah udang delta Mahakam. *Jurnal Ilmiah Berkala Sains dan Terapan Kimia*, 6(1), 35–45.
- Asih, C. L., Sudarno, & Hadiwidodo, M. (2015). Pengaruh Ukuran Media Adsorben dan Konsentrasi Aktivator Naoh terhadap Efektivitas Penurunan Logam Berat Besi (Fe), Seng (Zn) dan Warna Limbah Cair Industri Galvanis Menggunakan Arang Sekam Padi Chandra Lestari Asih *, Sudarno *, Mochtar Hadiwidodo *. In *Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro*. Diponegoro University.
- Astianto, A., & Khoiri, M. A. (2012). Pemberian Berbagai Dosis Abu Boiler Pada Pembibitan Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) Di Pembibitan Utama (Main Nursery).
- Astuti, I., Karina, S., & Dewiyanti, I. (2016). Analisis kandungan logam berat Pb pada tiram *Crassostrea cucullata* di pesisir Krueng Raya, Aceh Besar. Syiah Kuala University.
- Asyri, F., Hafni, K. N., & Simamora, A. H. (2015). Pengaruh limbah abu pembakaran biomassa kelapa sawit terhadap sifat-sifat fisika dan mekanik high impact polystyrene. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 4(3).

- Atminingtyas, S., Oktiawan, W., & Wardhana, I. W. (2016). *Pengaruh konsentrasi aktivator NaOH dan tinggi kolom pada arang aktif dari kulit pisang terhadap efektivitas penurunan logam berat tembaga (Cu) dan seng (Zn) limbah cair industri elektroplating*. Diponegoro University.
- Azizah, R., Malau, R., Susanto, A. B., Santosa, G. W., Hartati, R., Irwani, I., & Suryono, S. (2018). Kandungan Timbal Pada Air, Sedimen, Dan Rumput Laut *Sargassum* sp. Di Perairan Jepara, Indonesia. *Jurnal kelautan tropis*, 21(2), 155–156.
- Bonilla, A., Mendoza-Castillo, D. I., & Reynel-Ávila, H. E. (2017). *Adsorption processes for water treatment and purification* (Vol. 256). Springer.
- Botahala, L. (2019). *Perbandingan Efektivitas Daya Adsorpsi Sekam Padi dan Cangkang Kemiri terhadap Logam Besi (Fe) pada Air Sumur Gali*. Deepublish.
- Budiastuti, P., Rahadjo, M., & Dewanti, N. A. Y. (2016). Analisis pencemaran logam berat timbal di badan Sungai Babon Kecamatan Genuk Semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat (Undip)*, 4(5), 118–119.
- Busira, J. J. Q. D., Prihatmo, G., & Pakpahan, S. (2020). Kadar logam berat timbal (Pb) pada ikan nila (*Oreochromis niloticus*) di Sungai Gajah Wong, Yogyakarta. *Prosiding Seminar Nasional Biologi*, 6(1), 372–379.
- Castro, J. D., Macías-Quiroga, I. F., Giraldo-Gomez, G. I., & Sanabria-González, N. R. (2020). Adsorption of Cr (VI) in aqueous solution using a surfactant-modified bentonite. *The Scientific World Journal*, 2020.
- Cheng, W. P., Gao, W., Cui, X., Ma, J. H., & Li, R. F. (2016). Phenol adsorption equilibrium and kinetics on zeolite X/activated carbon composite. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 62, 192–198.
- Dewa, R. P. (2015). Analisa Kandungan Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) Pada Air Minum Dalam Kemasan Di Kota Ambon. *Majalah Biam*, 11(2), 76–82.
- Gautam, R. K., Mudhoo, A., Lofrano, G., & Chattopadhyaya, M. C. (2014). Biomass-derived biosorbents for metal ions sequestration: Adsorbent modification and activation methods and adsorbent regeneration. *Journal of environmental chemical engineering*, 2(1), 239–259.

- Gerhanae, N. Y., & Permanawati, Y. (2016). Kandungan logam berat (Cd, Cu, Pb, dan Zn) dalam air laut di perairan Pantai Timur Pulau Rote. *Jurnal Geologi Kelautan*, 13(2), 99–107.
- Ghouthi, M. A., & Razavi, M. M. (2020). Water reuse: Brackish water desalination using *Prosopis juliflora*. *Environmental Technology & Innovation*, 17, 100614.
- Hajar, E. W. I., Sitorus, R. S., Mulianingtias, N., & Welan, F. J. (2016). Efektivitas adsorpsi logam Pb²⁺ dan Cd²⁺ Menggunakan media adsorben Cangkang Telur Ayam. *Konversi*, 5(1), 1–8.
- Han, D., Currell, M. J., & Cao, G. (2016). Deep challenges for China's war on water pollution. *Environmental Pollution*, 218, 1222–1233.
- Hananingtyas, I. (2017). Studi pencemaran kandungan logam berat timbal (Pb) dan kadmium (Cd) pada ikan tongkol (*Euthynnus sp.*) di Pantai Utara Jawa. *Biotropic*, 1(2), 41–50.
- Hasmunir, H. (2016). Analisis Kadar Timbal (Pb) Pada Air Krueng Aceh. *Jurnal Pendidikan Geosfer*, 1(1).
- Heriyani, O., & Mugisidi, D. (2016). Pengaruh karbon aktif dan zeolit pada pH hasil filtrasi air banjir. *Prosiding Seminar Nasional Teknoka*, 1, M199–M202.
- Husin, A. (2022). *Penentuan kadar logam timbal (Pb) dan tembaga (Cu) pada ikan belanak dan kepiting rajungan diperaian Benoa Kabupaten Badung Secara spektroskopi serapan atom (SSA)*. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Irawan, C., Purwanti, A., & Norhasanah, N. (2019). Adsorpsi Logam Timbal Secara Batch dan Kontinu Menggunakan Karbon Aktif dari Cangkang Kelapa Sawit. *Jurnal Teknologi Rekayasa*, 4(2), 267–276.
- Ismiyati, M. (2020). *Pemanfaatan sabut kelapa dan tempurung kelapa sebagai bioadsorben untuk penurunan kadar besi (Fe) dengan sistem batch*. UIN Sunan Ampel Surabaya.
- Istighfarini, S. A. E., Daud, S., & Hs, E. (2017). *Pengaruh massa dan ukuran partikel adsorben sabut kelapa terhadap efisiensi penyisihan Fe pada air gambut*. Riau University.
- Jain, A., Balasubramanian, R., & Srinivasan, M. P. (2015). Production of high

- surface area mesoporous activated carbons from waste biomass using hydrogen peroxide-mediated hydrothermal treatment for adsorption applications. *Chemical Engineering Journal*, 273, 622–629.
- Jawad, A. H., Mehdi, Z. S., Ishak, M. A. M., & Ismail, K. (2018). Large surface area activated carbon from low-rank coal via microwave-assisted KOH activation for methylene blue adsorption. *Desalin Water Treat*, 110, 239–249.
- Jisha, J. T., Lubna, H. C., & Habeeba, V. (2017). Removal of Cr (VI) using orange peel as an adsorbent. *Journal of Advance Research and Innovative Ideas in Education*, 3(4), 276–283.
- Khanday, W. A., Marrakchi, F., Asif, M., & Hameed, B. H. (2017). Mesoporous zeolite-activated carbon composite from oil palm ash as an effective adsorbent for methylene blue. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 70, 32–41.
- Kristianingrum, S., Sulistyani, S., Fillaeli, A., Siswani, E. D., & Nafiisah, N. H. (2020). Aplikasi Sistem Kontinyu Menggunakan Karbon Aktif untuk Penurunan Kadar Logam Cu dan Zn dalam Air Limbah. *Jurnal Sains Dasar*, 9(2), 54–59.
- Kurniawan, R., Lutfi, M., & Nugroho, W. A. (2013). Karakterisasi luas permukaan bet (braunanear, emmelt dan teller) karbon aktif dari tempurung kelapa dan tandan kosong kelapa sawit dengan aktivasi asam fosfat (H₃PO₄). *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem*, 2(1).
- Kusumawardhani, D. A. (2016). Pemanfaatan Limbah Nasi Aking Sebagai Adsorben untuk Menurunkan Kadar Asam Lemak Bebas pada Minyak Jelantah. *Skripsi Kimia FMIPA, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya*.
- Lempang, M., Syafii, W., & Pari, G. (2011). Structure and Components of Charcoal and Activated Charcoal with Candlenut Shells. *Journal of Forest Products Research*, 29(3), 278–294.
- Lestari, W. F. (2015). Analisis kadar logam merkuri (Hg) dan timbal (Pb) pada teripang terung (*Phyllophorus sp.*) asal Pantai Kenjeran Surabaya secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). Universitas Islam Negeri Maulana

Malik Ibrahim.

- Lima, E. C. (2018). Removal of emerging contaminants from the environment by adsorption. *Ecotoxicology and environmental safety*, 150, 1–17.
- Lin, Y.-H., & Ho, B.-H. (2022). Kinetics and performance of biological activated carbon reactor for advanced treatment of textile dye wastewater. *Processes*, 10(1), 129.
- Liu, L., Liu, J., Zeng, Y., Tan, S. J., Do, D. D., & Nicholson, D. (2019). Formaldehyde adsorption in carbon nanopores--New insights from molecular simulation. *Chemical Engineering Journal*, 370, 866–874.
- Liu, L., Liu, S., Peng, H., Yang, Z., Zhao, L., & Tang, A. (2020). Surface charge of mesoporous calcium silicate and its adsorption characteristics for heavy metal ions. *Solid State Sciences*, 99, 106072.
- Lubis, P., Rasyidin, R., & Frianto, H. T. (2022). Rancang Bangun Water Treatment Sistem Sebagai Pengolahan Air Bersih Berbasis Program Logic Controller (PLC). *Prosiding Konferensi Nasional Social & Engineering Polmed (KONSEP)*, 3(1), 823–829.
- Maddusa, S. S., Papatungan, M. G., Syarifuddin, A. R., Maambuat, J., & Alla, G. (2017). Kandungan logam berat timbal (Pb), merkuri (Hg), zink (Zn) dan arsen (As) pada ikan dan air Sungai Tondano, Sulawesi Utara. *Al-Sihah: The Public Health Science Journal*.
- Mahardhika, R., Riyadi, P. H., & Fahmi, A. S. (2016). Pengaruh lama waktu perendaman kerang hijau (*Perna viridis*) menggunakan buah tomat (*Lycopersicon esculentum*) terhadap penurunan kadar logam timbal (Pb). *Jurnal Pengolahan dan Bioteknologi Hasil Perikanan*, 5(4), 43–50.
- Mentari, V. A., Handika, G., & Maulina, S. (2018). Perbandingan Gugus Fungsi dan Morfologi Permukaan Karbon Aktif dari Pelepah Kelapa Sawit Menggunakan Aktivator Asam Fosfat (H₃PO₄) dan Asam Nitrat (HNO₃). *Jurnal Teknik Kimia USU*, 7(1), 16–20.
- Myllymäki, P., Lahti, R., Romar, H., & Lassi, U. (2018). Removal of total organic carbon from peat solution by hybrid method—Electrocoagulation combined with adsorption. *Journal of water process engineering*, 24, 56–62.

- Nafiah, R. (2016). Kinetika adsorpsi Pb (II) dengan adsorben arang aktif dari sabut siwalan. *Jurnal farmasi Sains dan praktis*, 1(2), 28–35.
- Nur, K. (2022). *Efektivitas Suhu Aktivasi Terhadap Adsorben Crumb Rubber Sludge, Tatal Karet Dan Abu Sawit Dalam Penyisihan Limbah Cair Artifisial Krom Dan Nikel*. Universitas Batanghari.
- Nurdila, F. A., Asri, N. S., & Suharyadi, E. (2015). Adsorpsi Logam Tembaga (Cu), Besi (Fe), dan Nikel (Ni) dalam Limbah Cair Buatan Menggunakan Nanopartikel Cobalt Ferrite (CoFe₂O₄)(Halaman 23 sd 27). *Jurnal Fisika Indonesia*, 19(55).
- Obike, A. I., Igwe, J. C., Emeruwa, C. N., & Uwakwe, K. J. (2018). Equilibrium and kinetic studies of Cu (II), Cd (II), Pb (II) and Fe (II) adsorption from aqueous solution using cocoa (*Theobroma cacao*) pod husk. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, 22(2), 182–190.
- Patel, H. (2018). Charcoal as an adsorbent for textile wastewater treatment. *Separation Science and Technology*, 53(17), 2797–2812.
- Patil, A. R., Ragit, S. S., & Kundu, K. (2016). Study of gasoline fuel blended with composite additive by chemical analysis. *International Journal of Latest Trends in Engineering and Technology*, 7, 93–97.
- Prianti, E., Malino, M. B., & Lapanporo, B. P. (2015). Pemanfaatan abu kerak boiler hasil pembakaran limbah kelapa sawit sebagai pengganti parsial pasir pada pembuatan beton. *Positron*, 5(1).
- Riduan, A., Rainiyati, R., & Heraningsih, S. F. (2020). Palm Oil Fuel Ash [POFA]: innovative potential applications as heavy metal removal materials in gold mining wastewater. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 497(1), 12041.
- Rizki, A. D. (2021). *Analisis Pengaruh Massa Lempung Teraktivasi Asam Sebagai Adsorben Dalam Mengadsorpsi Ion Logam Pb²⁺*. Institut Teknologi Kalimantan.
- Rosihan, A., & Husaini, H. (2017). *Logam berat sekitar manusia*. Pustaka Buana.
- Sari, I. P., & Suliestyah, S. (2022). Adsorpsi Ion Logam Fe dan Zn pada Air Limbah Menggunakan Karbon Aktif dari Batubara Peringkat Rendah. *Jurnal*

- Geomine*, 9(3), 198–205.
- Setiawan, Y. (2016). Karakteristik Campuran Cangkang Dan Serabut Buah Kelapa Sawit Terhadap Nilai Kalor Di Propinsi Bangka Belitung. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 1(1).
- Setyobudiarso, H., & Yuwono, E. (2017). Sinkronisasi status mutu dan daya tampung beban pencemaran air sungai metro. *Prosiding SENIATI*, E16--1.
- Siddiqui, S. I., Fatima, B., Tara, N., Rathi, G., & Chaudhry, S. A. (2019). Recent advances in remediation of synthetic dyes from wastewaters using sustainable and low-cost adsorbents. *The impact and prospects of green chemistry for textile technology*, 471–507.
- Sidjabat, F. N., Alwi, V., Mahmudi, M., & Puspitasari, Y. (2020). Pengukuran timbal pada air sungai dan bioindikator lokal di Sungai Brantas Kota Kediri, Provinsi Jawa Timur. *Jurnal Ekologi Kesehatan*, 19(3), 161–173.
- Sinaga, W. K. (2019). *Kajian Kemampuan Adsorpsi Logam Berat Kadmium (Cd²⁺) dengan Menggunakan Adsorben dari Pasir Hitam*.
- Siswarni, M. Z., Ranita, L. I., & Safitri, D. (2017). Pembuatan Biosorben Dari Biji Pepaya (*Carica Papaya L*) Untuk Penyerapan zat Warna. *J. Tek. Kim. USU*, 6(2), 7–13.
- Sitorus, U. K. P., Siagian, B., & Rahmawati, N. (2014). Respons pertumbuhan bibit kakao (*Theobroma cacao L.*) terhadap pemberian abu boiler dan pupuk urea pada media pembibitan. *AGROEKOTEKNOLOGI*, 2(3).
- Situmorang, M. U. (2019). *Analisa Efektivitas Pengolahan Limbah Cair Rumah Sakit Bunda Thamrin dengan Parameter COD, BOD, PH, TSS dan MPN Coliform*. Universitas Medan Area.
- Sofyan, A. (2019). *Sistem Monitoring PH dan Suhu Air Secara Realtime Berbasis Android*. STMIK AKAKOM YOGYAKARTA.
- Solika, N., Napitupulu, M., & Gonggo, S. T. (2017). Bioadsorpsi Pb (II) Menggunakan Kulit Jeruk Siam (*Citrus Reticulata*). *Jurnal Akademika Kimia*, 6(3), 160–164.
- Sopiah, N., Prasetyo, D., & Aviantara, D. B. (2017). Pengaruh Aktivasi Karbon Aktif dari Tandan Kosong Kelapa Sawit terhadap Adsorpsi Kadmium

- Terlarut. *Jurnal Riset Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri*, 8(2), 55–66.
- Sugeng, B., & Sulardi, S. (2019). Uji keasaman air dengan alat sensor pH di STT Migas Balikpapan. *Jurnal Kacapuri: Jurnal Keilmuan Teknik Sipil*, 2(1), 65–72.
- Suparma, L. B., Panggabean, T. W., & Mude, S. (2014). Potensi Penggunaan Limbah Kelapa Sawit sebagai Agregat Pengisi Pada Campuran Hot Rolled Sheet-Base. *Jurnal Transportasi*, 14(2).
- Syafiqah, I., Yussof, H. W., Azoddein, A. A. M., Chandraseagar, S., & Ishak, F. W. (2017). A factorial analysis study on removal of mercury by palm oil fuel ash adsorbent. *Chemical Engineering Transactions*, 56, 1501–1506.
- Tang, L., Pan, X., Feng, J., Pu, X., Liang, R., Li, R., & Li, K. (2019). Experimental investigation on the relationship between COD degradation and hydrodynamic conditions in urban rivers. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(18), 3447.
- Telaumbanua, J. J. P. (2017). *Penggunaan Fly Ash dan Bottom Ash Boiler Pabrik Kelapa Sawit Sebagai Adsorben untuk Mengadsorpsi Zat Warna pada Limbah Cair Buatan*.
- Triawan, D. A., Nesbah, N., & Fitriani, D. (2017). Crude palm oil's (CPO) fly ash as a low-cost adsorbent for removal of methylen blue (mb) from aqueous solution. *Jurnal Kimia Riset*, 2(1), 10–15.
- Tyagi, M., Rana, A., Kumari, S., & Jagadevan, S. (2018). Adsorptive removal of cyanide from coke oven wastewater onto zero-valent iron: Optimization through response surface methodology, isotherm and kinetic studies. *Journal of Cleaner Production*, 178, 398–407.
- Wakkal, M., Khiari, B., & Zagrouba, F. (2019). Textile wastewater treatment by agro-industrial waste: equilibrium modelling, thermodynamics and mass transfer mechanisms of cationic dyes adsorption onto low-cost lignocellulosic adsorbent. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 96, 439–452.
- Wen, X., Yan, C., Sun, N., Luo, T., Zhou, S., & Luo, W. (2018). A biomass cationic

- adsorbent prepared from corn stalk: low-cost material and high adsorption capacity. *Journal of Polymers and the Environment*, 26(4), 1642–1651.
- Widayatno, T. (2017). Adsorpsi logam berat (Pb) dari limbah cair dengan adsorben arang bambu aktif. *Jurnal teknologi bahan alam*, 1(1), 17–23.
- Widiatmono, B. R., Dewi, L., & Della Pavita, K. (2019). Studi Penentuan Daya Tampung Beban Pencemaran Kali Surabaya dengan Menggunakan Metode Neraca Massa. *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem*, 5(3), 273–280.
- Winarna, W., Sikanna, R., & Musafira, M. (2015). Analisis Kandungan Timbal Pada Buah Apel (*Pyrus Malus*. L) Yang Dipajangkan Dipinggir Jalankota Palu Menggunakan Metode Spektrofotometriserapan Atom. *Natural Science: Journal of Science and Technology*, 4(1).
- Xie, R., Jin, Y., Chen, Y., & Jiang, W. (2017). The importance of surface functional groups in the adsorption of copper onto walnut shell derived activated carbon. *Water Science and Technology*, 76(11), 3022–3034.
- Zainuri, Z., & Soehardi, F. (2021). Stabilitas Tanah Gambut Menggunakan Bottom Ash Abu Tandan Sawit Terhadap Nilai California Bearing Ratio. *Inersia Jurnal Teknik Sipil.*, 13(2), 55–60.
- Zubaidah, T., Karnaningroem, N., & Slamet, A. (2019). The self-purification ability in the rivers of Banjarmasin, Indonesia. *Journal of Ecological Engineering*, 20(2).
- Zulius, A. (2017). Rancang BANGUN MONITORING pH air menggunakan soil moisture sensor di SMK N 1 Tebing Tinggi Kabupaten Empat Lawang. *Jusikom: Jurnal Sistem Komputer Musirawas*, 2(1), 37–43.
- Zurayk, R. A., Al Bakain, R. Z., Hamadneh, I., & Al-Dujaili, A. H. (2015). Adsorption of Pb (II), Cr (III) and Cr (VI) from aqueous solution by surfactant-modified diatomaceous earth: Equilibrium, kinetic and thermodynamic modeling studies. *International Journal of Mineral Processing*, 140, 79–87.

LAMPIRAN

Lampiran.1 Pembuatan Larutan

1.1 Pembuatan Larutan Induk Timbal 1.000 mg/L

Larutan induk timbal 1.000 mg/L dibuat dengan cara melarutkan serbuk $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ sebanyak 1,59897 g dengan sedikit akuades di dalam gelas beker 100 mL kemudian diencerkan dalam labu ukur 1000 mL hingga tanda batas. Serbuk $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ yang dibutuhkan dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Mr Pb}(\text{NO}_3)_2 &= 331,2 \text{ g/mol} \\ \text{Ar Pb} &= 207,19 \text{ g/mol} \\ &= \frac{\text{Mr Pb}(\text{NO}_3)_2 \times 1000 \text{ mg}}{\text{Ar Pb}} \\ &= \frac{331,29 \text{ g/mol} \times 1000 \text{ mg}}{207,19 \text{ g/mol}} \\ &= 1598,97 \text{ mg} \\ &= 1,59897 \text{ g} \end{aligned}$$

1.2 Pembuatan Larutan Standar Timbal 10 mg/L

Larutan standar dibuat dengan cara mengencerkan larutan induk timbal 1.000 mg/L dengan akuades dalam labu ukur 1.000 mL. Berikut adalah contoh perhitungan dari pembuatan larutan standar timbal 10 mg/L:

$$\begin{aligned} V_1 \times M_1 &= V_2 \times M_2 \\ V_1 \times 1000 \text{ mg/L} &= 1000 \text{ mL} \times 10 \text{ mg/L} \\ V_1 &= \frac{1000 \text{ mL} \times 10 \text{ mg/L}}{1000 \text{ mg/L}} \\ V_1 &= 10 \text{ mL} \end{aligned}$$

Lampiran.2 Karakteristik Adsorben *Bottom Ash* Kelapa Sawit

2.1 Kadar Air Adsorben *Bottom Ash* Kelapa Sawit

Analisis kadar air adsorben *bottom ash* dilakukan pengovenan adsorben *bottom ash* dengan massa awal 2 g pada suhu 105 °C selama 180 menit. Kemudian adsorben *bottom ash* ditimbang kembali dan didapatkan massa akhir yang telah konstan yaitu sebesar 1,81 g. Maka kadar air dari adsorben *bottom ash* adalah:

$$\begin{aligned}\text{Kadar air (\%)} &= \frac{\text{massa awal} - \text{massa akhir}}{\text{massa awal}} \times 100\% \\ &= \frac{(2 - 1,81) \text{ g}}{2 \text{ g}} \times 100\% \\ &= 9,5\%\end{aligned}$$

2.2 Kadar Abu Adsorben *Bottom Ash* Kelapa Sawit

Analisis kadar abu adsorben *bottom ash* dilakukan menggunakan *furnace*, adsorben *bottom ash* dengan massa awal 2 g pada suhu 500 °C selama 120 menit. Kemudian adsorben *bottom ash* ditimbang kembali dan didapatkan massa akhir yang telah konstan yaitu sebesar 0,11 g. Maka kadar air dari adsorben *bottom ash* adalah:

$$\begin{aligned}\text{Kadar Abu (\%)} &= \frac{\text{massa akhir}}{\text{massa awal}} \times 100\% \\ &= \frac{(0,11) \text{ g}}{2 \text{ g}} \times 100\% \\ &= 5,5\%\end{aligned}$$

Lampiran.3 Analisis Data Hasil Adsorpsi

3.1 Perhitungan % Teradsorpsi Larutan Timbal

Cara untuk mengetahui % teradsorpsi dari larutan timbal adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\% \text{ teradsorpsi} &= \frac{C_{\text{teradsorpsi}} \times 100\%}{C_{\text{awal}}} \\ &= \frac{8,384 \text{ mg/L} \times 100\%}{11,77 \text{ mg/L}} \\ &= 71,232\%\end{aligned}$$

Perhitungan C_{sisia} dan % teradsorpsi untuk seluruh proses adsorpsi dapat dilihat pada **Tabel C.1**.

3.2 Perhitungan Kapasitas Adsorpsi Larutan Timbal

Kapasitas adsorpsi dihitung dengan rumus:

$$\begin{aligned}q &= \frac{C_{\text{teradsorpsi}} \times \text{volume}}{\text{massa}} \\ &= \frac{8,384 \text{ mg/L} \times 1 \text{ L}}{0,2 \text{ g}} \\ &= 41,920 \text{ mg/g}\end{aligned}$$

Perhitungan kapasitas adsorpsi timbal untuk seluruh proses adsorpsi dapat dilihat pada **Tabel C.2**.

Tabel C.1 Data Efektivitas Adsorpsi

No	Waktu Pengadukan (menit)	Massa Adsorben (g)	C _{awal} (mg/L)	C _{sisia} (mg/L)	C _{teradsorpsi} (mg/L)	% Adsorpsi
1	30	0,2	11,77	3,386	8,384	71,232
2		0,4		2,531	9,239	78,496
3		0,6		1,098	10,672	90,671
4		0,8		0,693	11,077	94,112
5		1		2,237	9,533	80,994
6	60	0,2		1,234	10,536	89,516
7		0,4		1,263	10,507	89,269
8		0,6		1,369	10,401	88,369
9		0,8		0,683	11,087	94,197
10		1		0,805	10,965	93,161

Tabel C.2 Data Kapasitas Adsorpsi

No	Waktu Pengadukan (menit)	Massa Adsorben (g)	C _{awal} (mg/L)	C _{sisia} (mg/L)	C _{teradsorpsi} (mg/L)	q (mg/g)
1	30	0,2	11,77	3,386	8,384	41,920
2		0,4		2,531	9,239	23,098
3		0,6		1,098	10,672	17,787
4		0,8		0,693	11,077	13,846
5		1		2,237	9,533	9,533
6	60	0,2		1,234	10,536	52,680
7		0,4		1,263	10,507	26,268
8		0,6		1,369	10,401	17,335
9		0,8		0,683	11,087	13,859
10		1		0,805	10,965	10,965

Lampiran.4 Hasil Pengujian Kandungan Logam Timbal (Pb)



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SYIAH KUALA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK KIMIA
LAB. TEKNIK PENGUJIAN KUALITAS LINGKUNGAN
Jalan Tengku Syech Abdur Rauf No. 7, Darussalam, Banda Aceh 23111 Telepon/Fax. (0651) 7552222
Laman: <http://che.unsyiah.ac.id>; e-mail: itpkl@che.unsyiah.ac.id

LEMBAR HASIL UJI

Nomor: 061/JTK-USK/LTPKL/2022

Nama Pelanggan : Rio Batubara
Alamat Pelanggan : Lam Ujong-Aceh Besar
Tanggal di Terima : 23 Februari 2022
Jenis Contoh Uji : Limbah Artifisial
Parameter Analisa : Timbal (Pb)
Untuk Keperluan : Penelitian Mahasiswa
Tanggal di Analisa : 1 Maret 2022
Baku Mutu : -

No.	Kode Contoh Uji	Satuan	Baku Mutu	Hasil Analisa	Ket.
1.	Limbah Artifisial	mg/l	-	11,770	

Darussalam, 22 Februari 2022

Ketua,

Dr. Ir. Edi Munawar, S.T., M.Eng.
NIP. 19691210 199802 1001

جامعة الرانيرى

A R - R A N I R Y



LEMBAR HASIL UJI

Nomor: 084/JTK-USK/LTPKL/2022

Nama Pelanggan : Rio Batubara
Alamat Pelanggan : Lam Ujong-Aceh Besar
Tanggal di Terima : 17 Maret 2022
Jenis Contoh Uji : Limbah Artifisial
Parameter Analisa : Timbal (Pb)
Untuk Keperluan : Penelitian Mahasiswa
Tanggal di Analisa : 22 Maret 2022
Baku Mutu : -

No.	Kode Contoh Uji	Satuan	Baku Mutu	Hasil Analisa	Ket.
1.	0,2 gram/30 menit	mg/l	-	3,386	
2.	0,4 gram/30 menit	mg/l	-	2,531	
3.	0,6 gram/30 menit	mg/l	-	1,098	
4.	0,8 gram/30 menit	mg/l	-	12,290	
5.	1 gram/30 menit	mg/l	-	2,237	

Darussalam, 28 Maret 2022
Ketua,

Dr. Ir. Edi Munawar, S.T., M.Eng.
NIP. 19691210 199802 1001

جامعة السیاح کوالا

A R - R A N I R Y



LEMBAR HASIL UJI

Nomor: 085/JTK-USK/LTPKL/2022

Nama Pelanggan : Rio Batubara
Alamat Pelanggan : Lam Ujong-Aceh Besar
Tanggal di Terima : 22 Maret 2022
Jenis Contoh Uji : Limbah Artifisial
Parameter Analisa : Timbal (Pb)
Untuk Keperluan : Penelitian Mahasiswa
Tanggal di Analisa : 25 Maret 2022
Baku Mutu : -

No.	Kode Contoh Uji	Satuan	Baku Mutu	Hasil Analisa	Ket.
1.	0,2 gram/60 menit	mg/l	-	1,234	
2.	0,4 gram/60 menit	mg/l	-	1,263	
3.	0,6 gram/60 menit	mg/l	-	1,369	
4.	0,8 gram/60 menit	mg/l	-	0,683	
5.	1 gram/60 menit	mg/l	-	0,805	

Darussalam, 28 Maret 2022

Ketua,

Dr. Ir. Edi Munawar, S.T., M.Eng.
NIP. 19691210 199802 1001

جامعة الرانيري

A R - R A N I R Y



LAPORAN HASIL UJI

Nomor : B-161/Un.08/FST-Lab/KP.07.6/11/2022

Nama pengguna layanan : Rio Batubara
No. Telpn : 082341283447
Tanggal diterima : 4 November 2022
Tanggal pengujian : 4-8 November 2022
Nama sampel : Larutan kerja
Spesifikasi sampel : Cair
Jumlah sampel : 1 (satu) buah
Pengambilan sampel : Oleh yang bersangkutan

Informasi Hasil Pengujian Sampel
Larutan kerja

No	Nama Sampel	Parameter	Hasil Analisis	Satuan	Metode
1	0,8g/30m	Pb (Timbal)	0.6933	mg/L	AAS-Flame

- Catatan :
1. LHU yang ditampilkan hanya berhubungan dengan contoh yang di uji.
 2. LHU ini dibuat untuk penggunaan pelanggan yang disebutkan dalam LHU ini
 3. Laboratorium FST tidak bertanggung jawab atas setiap kerugian dan tanggung jawab hukum yang diderita oleh pihak ketiga atas penggunaan laporan ini.
 4. Laporan hasil uji tidak boleh digandakan kecuali seluruhnya dan atas persetujuan dari laboratorium.
LOQ Pb = 0,0918 mg/L

Banda Aceh, 8 November 2022
Kepala Laboratorium FST

Hadi Kurniawan

Lampiran.5 Foto Dokumentasi Penelitian



Gambar. Pengayakan *bottom ash*



Gambar. Aktivasi *bottom ash*



Gambar. Pencucian *bottom ash*



Gambar. Pengeringan *bottom ash*



Gambar. Pendinginan *bottom ash*



Gambar. Pembakaran *bottom ash*



Gambar. Pembuatan Larutan Pb



Gambar. Penimbangan *bottom ash*



Gambar. Proses adsorpsi

Lampiran.6 Standar Nasional Indonesia

SNI

Standar Nasional Indonesia

SNI 06-3730-1995



Badan Standardisasi Nasional - BSN

ARANG AKTIF TEKNIS

1. RUANG LINGKUP

Standar ini meliputi definisi, syarat mutu, cara pengambilan contoh, cara uji, cara pengemasan dan syarat penandaan arang aktif teknis.

2. DEFINISI

Arang aktif teknis adalah arang yang telah diaktifkan sehingga mempunyai daya serap yang tinggi terhadap warna, bau, zat-zat beracun dan zat-zat kimia lainnya yang tidak digunakan untuk bahan baku obat.

3. SYARAT MUTU

Syarat mutu arang aktif teknis seperti pada tabel dibawah ini:

Tabel
Syarat Mutu Arang Aktif Teknis

No.	Uraian	Satuan	persyaratan	
			Butiran	Serbuk
1.	Bagian yang hilang pada pemanasan 950°C,%	-	maks. 15	maks. 25
2.	Air, %	-	maks. 4,4	maks. 15,
3.	Abu, %	-	maks. 2,5	maks. 10
4.	Bagian yang tidak terarang	-	Tidak ter-nyata	Tidak ter-nyata
5.	Daya serap terhadap I ₂	mg/g	min. 750	min. 750
6.	Karbon aktif murni, %	-	min. 80	min. 65
7.	Daya serap terhadap benzena, %	-	min. 25	-
8.	Daya serap terhadap biru metilena	ml/g	min. 60	min.120
9.	Kerapatan jenis curah	g/ml	0,45-0,55	0,30-0,35
10.	Lolos ukuran mesh 325%	-	-	min. 90
11.	Jarak mesh, %	-	90	-
12.	Kekerasan, %	-	80	-

PT LAYAN LIPAT

Jember Plaza B.135-36-3.

tercapai cawan dan isinya biarkan dingin, keluarkan dan dinginkan dalam desikator kemudian timbang.

Perhitungan :

Bagian yang hilang pada pemanasan 950°C, % :

$$\frac{(W_1 - W_2)}{W_1} \times 100$$

Dimana :

W_1 = Bobot contoh semula, gram

W_2 = Bobot contoh setelah pemanasan, gram

5.2. Air

5.2.1. Prinsip

Air menguap pada suhu di atas 100°C. Kehilangan bobot contoh setelah pemanasan pada 115°C dihitung sebagai air yang terdapat dalam contoh.

5.2.2. peralatan

- Botol timbang
- Neraca
- Oven
- Desikator

5.2.3. prosedur

Timbang teliti 1 g contoh dalam botol timbang, yang telah diketahui bobotnya. Ratakan contoh kemudian masukkan ke dalam oven yang telah diatur suhunya (115° ± 5°C) selama 3 jam. Waktu pemanasan, tutup botol timbang dibuka. Dinginkan dalam desikator kemudian timbang sampai bobot tetap.

PT. LAUTAN LUAS

Komp. Ambengan Plaza B: 35-36-37
Jl. Ngemplak 30, P.O. Box. 1345 Sby.
SURABAYA - 60272
☎ (031) 5319835-7, 5459704-6, 5314827
Fax. (031-131) 5312634

perhitungan:

$$\text{Kadar Air, \%} = \frac{W_1}{W_2} \times 100$$

Dimana:

W_1 = Kehilangan bobot contoh, gram.

W_2 = Bobot contoh, gram

5.3. Abu

5.3.1. prinsip

Contoh diabukan pada suhu tinggi, sisa pengabuan dihitung sebagai abu dalam contoh.

5.3.2. peralatan

- Neraca
- Desikator
- Oven
- Cawan platina
- Gegep
- Tanur

5.3.3. prosedur

Timbangan 2-3 g contoh ke dalam cawan platina yang telah diketahui bobotnya. Abukan contoh pelan-pelan, setelah semua arang hilang, nyala diperbesar atau dipindahkan ke dalam tanur (800-900°C) selama 2 jam. Bila seluruh contoh telah menjadi abu, cawan dinginkan dalam desikator, timbang. Bila perlu diabukan kembali, timbang sampai bobot tetap.

perhitungan :

$$\text{Kadar Abu, \%} = \frac{W_1}{W_2} \times 100$$

P.T. LAUTAN LUAS

Komp. Ambengan Plaza B : 35-36-37
Jl. Ngemplak 30, P.O. Box.1345 Sby.
SURABAYA - 60272
☎ (031) 5319635-7, 5453734-5, 5319821
Fax: (031)-5319634

4

Dimana:

W_1 = Sisa pijar, gram

W_2 = Bobot contoh, gram

5.4. Bagian yang Tidak Terarang

5.4.1. prinsip

Bagian yang tidak diperarang dapat dibedakan dari arang secara visual.

5.4.2. prosedur

pemeriksaan dilakukan secara visual.

5.5. Daya Serap terhadap Iodium

5.5.1. prinsip

Arang mempunyai daya menyerap larutan I_2 . Berkurangnya kepekatan 0,1 N larutan I_2 diperhitungkan sehingga mendapatkan daya serap terhadap I_2 .

5.5.2. Pereaksi

- Larutan Iod 0,1 N
- Larutan natrium tio-sulfat 0,1 N
- Larutan kanji 1%

5.5.2.1. Larutan Iod 0,1 N

Larutan 25,0 g KI dengan 30 ml air ke dalam labu ukur 1.000 ml, tambahkan 13 g I_2 ke dalam larutan tadi kocok sampai larut. jadikan 1.000 ml volumenya dengan air. larutan disiapkan segera sebelum digunakan. Disimpan di tempat yang sejuk dan gelap. Larutan Iod ini hanya boleh dipergunakan sampai 10 hari.

Standarisasi:

Pipet 25 ml larutan dan titar dengan larutan natrium tio sulfat 0,1 N. Bila warna kuning dari larutan menjadi samar, tambah 1 ml laru-



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

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 μm dan diasamkan dengan HNO_3 hingga $\text{pH} < 2$. b) Untuk logam total, asamkan dengan 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 μm 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 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 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 HNO_3 1:1 (≈ 100 mg Pb/L);
- tambahkan 10 mL 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) < 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.

Air dan air limbah –
Bagian 11: Cara uji derajat keasaman (pH)
dengan menggunakan alat pH meter

SNI 06-6989.11-2004

4.3 Peralatan

- a) pH meter dengan perlengkapannya;
- b) pengaduk gelas atau magnetik;
- c) gelas piala 250 mL;
- d) kertas tissue;
- e) timbangan analitik; dan
- f) termometer.

4.4 Persiapan pengujian

- a) Lakukan kalibrasi alat pH-meter dengan larutan penyangga sesuai instruksi kerja alat setiap kali akan melakukan pengukuran.
- b) Untuk contoh uji yang mempunyai suhu tinggi, kondisikan contoh uji sampai suhu kamar.

4.5 Prosedur

- a) Keringkan dengan kertas tisu selanjutnya bilas elektroda dengan air suling.
- b) Bilas elektroda dengan contoh uji.
- c) Celupkan elektroda ke dalam contoh uji sampai pH meter menunjukkan pembacaan yang tetap.
- d) Catat hasil pembacaan skala atau angka pada tampilan dari pH meter.

5 Jaminan mutu dan pengendalian mutu

5.1 Jaminan mutu

- a) Gunakan bahan kimia berkualitas pro analisis (pa).
- b) Gunakan alat gelas bebas kontaminasi dan terkalibrasi.
- c) Gunakan pH meter yang terkalibrasi
- d) Dikerjakan oleh analis yang kompeten.
- e) Lakukan analisis segera atau lakukan analisis di lapangan.

5.2 Pengendalian mutu

- a) Lakukan analisis duplo untuk kontrol ketelitian analisis.
- b) Buat kartu kendali (*control chart*) untuk akurasi analisis dengan CRM.