

**PEMANFAATAN ARANG AKTIF DARI AMPAS KOPI DAN
SEKAM PADI SEBAGAI ADSORBEN LOGAM TIMBAL (Pb)**

TUGAS AKHIR

Diajukan Oleh:

ZATA ISMAH

NIM. 180702001

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



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
BANDA ACEH
2022 M/ 1443 H**

LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

**PEMANFAATAN ARANG AKTIF DARI AMPAS KOPI DAN SEKAM
PADI SEBAGAI ADSORBEN LOGAM TIMBAL (Pb)**

TUGAS AKHIR

Diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh
Sebagai Beban Studi Mem peroleh Gelar Sarjana dalam Ilmu Teknik Lingkungan

Diajukan Oleh:

Zata Ismah

NIM. 180702001

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

Banda Aceh, 7 April 2022

Telah Diperiksa dan Disetujui oleh:

Pembimbing I,

Pembimbing II,


Arief Rahman, M.T
NIDN. 2010038901

UIN AR-RANIRY


Teuku Muhammad Ashari, M. Sc
NIDN. 2002028301

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


Dr. Eng. Nur Aida, M. Si
NIDN. 201606780

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

**PEMANFAATAN ARANG AKTIF DARI AMPAS KOPI DAN SEKAM
PADI SEBAGAI ADSORBEN LOGAM TIMBAL (Pb)**

TUGAS AKHIR

Telah Diuji Oleh Panitia Ujian Munaqasyah 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: Jum'at, 24 Juni 2022
24 Dzulkaidah 1443

Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi:

Ketua,

Sekretaris,

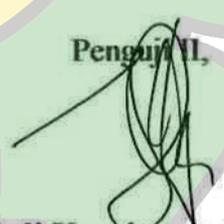

Arief Rahman, M.T.
NIDN. 2010038901


Teuku Muhammad Ashari, M. Sc.
NIDN. 2002028301

Penguji I,

Penguji II,


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


Hadi Kurniawan, M. Si.
NIDN. 2004038501

Mengetahui,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh




Dr. Azhar Amsal, M. Pd
NIDN. 201606802

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Zata Ismah
NIM : 180702001
Prog Studi : Teknik Lingkungan
Fakultas : Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh
Judul Skripsi : Pemanfaatan Arang Aktif Dari Ampas Kopi Dan Sekam Padi Sebagai Adsorben Logam Timbal (Pb)

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

Banda Aceh, 6 Juni 2022

Yang Menyatakan



Zata
ZATA ISMAH
NIM. 180702001

ABSTRAK

Nama : Zata Ismah
Nim : 180702001
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul : Pemanfaatan Arang Aktif dari Ampas Kopi dan Sekam Padi sebagai Adsorben Logam Timbal (Pb).
Tanggal Sidang : 24 Juli 2022
Jumlah Halaman : 89
Pembimbing I : Arief Rahman, M.T
Pembimbing II : Teuku Muhammad Ashari, M.Sc
Kata Kunci : Adsorben, adsorpsi, ampas kopi, sekam padi, timbal (Pb), efektivitas, kapasitas.

Timbal (Pb) tergolong sebagai limbah logam berat yang berbahaya karena toksisitasnya yang tinggi. Adsorben yang digunakan pada penelitian ini yaitu ampas kopi dan sekam padi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan adsorben ampas kopi, sekam padi dan kombinasi keduanya terhadap adsorpsi Pb dengan harapan ampas kopi dan sekam padi dapat menjadi solusi pencemaran lingkungan. Metode adsorpsi menjadi upaya yang efektif dalam menurunkan kadar logam berat. Variabel bebas yang digunakan dalam eksperimen ini adalah massa adsorben untuk ampas kopi dan sekam padi yaitu 0,5, 1, 1,5, dan 2 gram, sedangkan untuk kombinasi adsorben ampas kopi:sekam padi rasio massa yang digunakan yaitu 0,5:0,5, 1:1,5, dan 1,5:1 gram dengan waktu pengadukan 30 menit dan kecepatan pengadukan 90 rpm. Hasil eksperimen menunjukkan efektivitas penyerapan dari adsorben ampas kopi paling tinggi yaitu 98,08% dengan kapasitas penyerapan 6,03 mg/g sekam padi memiliki efektivitas penyerapan paling tinggi yaitu 92,45% dengan kapasitas penyerapan 18,49 mg/g, dan kombinasi memiliki efektivitas penyerapan paling tinggi yaitu 97,85% dengan kapasitas penyerapan 3,91 mg/g. Hasil ini menunjukkan bahwa arang aktif ampas kopi dan sekam padi dapat digunakan untuk penyerapan Pb dari limbah cair atau pengolahan air bersih.

ABSTRACT

Name : Zata Ismah
Student ID Number : 180702001
Department : Environmental Engineering
Title : Utilization of Activated Charcoal From Coffee Dregs and Rice Husk as Metal Lead (Pb) Adsorbent.
Date of Session : 24 July 2022
Number Of Page : 89
Advisor I : Arief Rahman, M.T
Advisor II : Teuku Muhammad Ashari, M. Sc
Keywords : Adsorption, adsorbent, coffee grounds, rice husk, lead (Pb), effectiveness, capacity

Lead (Pb) is classified as a hazardous heavy metal waste because of its high toxicity. The adsorbents used in this study were coffee grounds and rice husks. This study aims to determine the adsorbent ability of coffee grounds, rice husks and their combination to Pb adsorption in the hope that coffee grounds and rice husks can be a solution to environmental pollution. The adsorption method is an effective effort to reduce heavy metal levels. The independent variable used in this experiment was the mass of the adsorbent for coffee grounds and rice husks, namely 0.5, 1, 1.5, and 2 grams, while for the combination of coffee grounds: rice husk, the mass ratio used was 0.5:0.5, 1:1.5, and 1.5:1 gram with a stirring time of 30 minutes and a stirring speed of 90 rpm. The experimental results show the highest absorption effectiveness of coffee grounds adsorbent is 98.08% with an absorption capacity of 6.03 mg/g rice husk has the highest absorption effectiveness of 92.45% with an absorption capacity of 18.49 mg/g, and the combination has the highest absorption effectiveness is 97.85% with absorption capacity of 3.91 mg/g. These results indicate that activated charcoal of coffee grounds and rice husks can be used for Pb absorption from wastewater or clean water treatment.

KATA PENGANTAR

Segala puji hanya milik Allah Swt yang telah melimpahkan segala rahmat dan kemudahan sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal penelitian dengan judul “Pemanfaatan Arang Aktif Dari Ampas Kopi Dan Sekam Padi Sebagai Adsorben Logam Timbal (Pb)”. Shalawat dan salam selalu tercurah kepada Baginda Nabi Muhammad saw, sahabat serta keluarga beliau yang telah berjuang bersama yang telah menerangi seluruh alam dengan segala cahaya ilmunya.

Selama menyelesaikan proposal penelitian ini, penulis banyak mendapatkan pengetahuan dan wawasan baru yang sangat berharga dengan adanya bantuan dan dorongan dari berbagai pihak yang telah banyak membantu dalam proses pembuatan proposal penelitian. Dengan demikian, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Dr. Azhar Amsal, M. Pd selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi.
2. Dr. Eng. Nur Aida, M. Si selaku Ketua Prodi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.
3. Ibu Husnawati Yahya, S. Si., M. Sc selaku Sekretaris Prodi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.
4. Bapak Hadi Kurniawan, M.Si selaku Kepala Laboratorium Multifungsi dan Dewan Penguji Sidang yang sudah membantu dalam proses penelitian dan memberikan arahan serta masukan untuk tugas akhir saya.
5. Bapak Aulia Rohendi, S.T., M.Sc selaku Pembimbing Akademik yang telah berkenan mengarahkan dan membimbing saya.
6. Bapak Arief Rahman, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing I dan Ketua Laboratorium Prodi Teknik Lingkungan yang telah berkenan memberikan tambahan ilmu serta solusi pada setiap permasalahan dan kesulitan dalam penulisan tugas akhir.
7. Bapak Teuku Muhammad Ashari, M.Sc selaku Dosen Pembimbing II yang telah berkenan memberikan tambahan ilmu dan masukan dalam penulisan tugas akhir.

8. Dr. Abdullah Mujahid Hamdan M. Sc selaku Dosen Penguji pada sidang akhir atas segala arahan dan masukannya.
9. Ibu Nurul Huda, S. Pd selaku Laboran yang sudah banyak membantu dalam proses penelitian dan administrasi.
10. Seluruh staf/karyawan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh yang telah memberikan banyak bantuan.

Penulis berharap tugas akhir ini dapat menambah wawasan bagi pembaca pada umumnya dan penulis pada khususnya. Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini belum sempurna sebagaimana yang diharapkan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak untuk penyempurnaan tugas akhir ini. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

Banda Aceh, 04 Juli 2022

Penulis

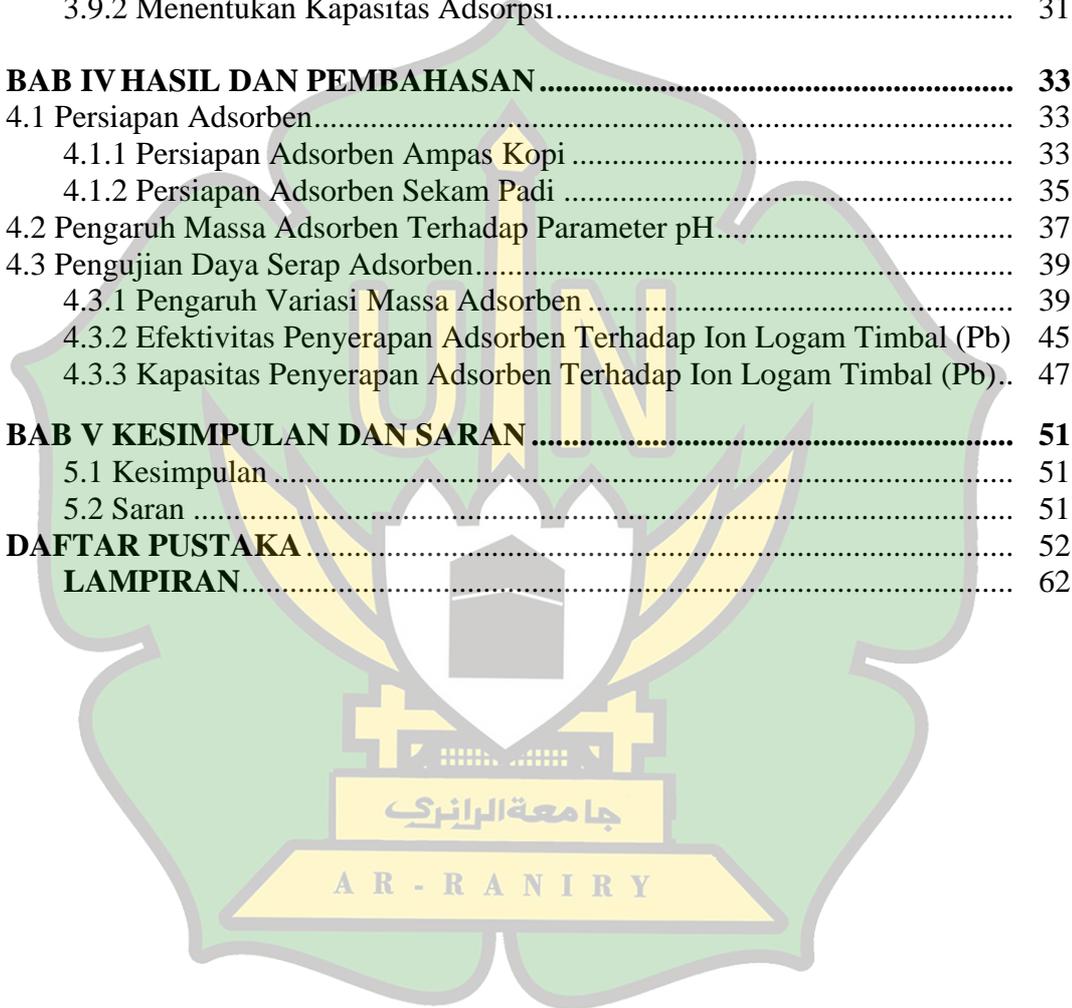
Zata Ismah



DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR	i
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	7
1.3 Tujuan Penelitian	7
1.4 Manfaat Penelitian	7
1.5 Batasan Penelitian	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 Timbal (Pb)	9
2.2 Adsorpsi	10
2.2.1 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Adsorpsi.....	12
2.3 Adsorben	14
2.4 Arang Aktif	15
2.4.1 Proses Pembuatan Arang Aktif.....	16
2.4.2 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Aktivasi.....	18
2.4.3 Standar Kualitas Arang Aktif.....	19
2.5 Ampas Kopi	19
2.6 Sekam Padi.....	21
2.7 AAS (<i>Atomic Absorption Spectrophotometer</i>)	22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	25
3.1 Tahapan Umum Penelitian.....	25
3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian.....	26
3.2.1 Waktu Penelitian	26
3.2.2 Lokasi Penelitian.....	26
3.3 Alat dan Bahan.....	27
3.3.1 Alat.....	27
3.3.2 Bahan	27
3.4 Prosedur Penelitian.....	27
3.4.1 Pembuatan Arang Aktif Ampas Kopi	27
3.4.2 Pembuatan Arang Aktif Sekam Padi	28
3.5 Analisis Karakteristik Arang Aktif	28
3.5.1 Rendemen	29
3.5.2 Kadar Air	29
3.5.3 Kadar Abu	29
3.6 Pembuatan Larutan Timbal (Pb)	29

3.7 Proses Adsorpsi.....	30
3.7.1 Proses Adsorpsi dengan Arang Aktif Ampas Kopi	30
3.7.2 Proses Adsorpsi dengan Arang Aktif Sekam Padi.....	30
3.7.3 Proses Adsorpsi dengan Kombinasi Arang Aktif Ampas Kopi dan Sekam Padi.....	30
3.8 Analisis Laboratorium	31
3.9 Analisis Data	31
3.9.1 Menentukan Efektivitas Adsorpsi.....	31
3.9.2 Menentukan Kapasitas Adsorpsi.....	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	33
4.1 Persiapan Adsorben.....	33
4.1.1 Persiapan Adsorben Ampas Kopi	33
4.1.2 Persiapan Adsorben Sekam Padi	35
4.2 Pengaruh Massa Adsorben Terhadap Parameter pH.....	37
4.3 Pengujian Daya Serap Adsorben.....	39
4.3.1 Pengaruh Variasi Massa Adsorben	39
4.3.2 Efektivitas Penyerapan Adsorben Terhadap Ion Logam Timbal (Pb)	45
4.3.3 Kapasitas Penyerapan Adsorben Terhadap Ion Logam Timbal (Pb)..	47
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	51
5.1 Kesimpulan	51
5.2 Saran	51
DAFTAR PUSTAKA	52
LAMPIRAN.....	62



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1 Limbah Ampas Kopi	3
Gambar 1.2 Limbah Sekam Padi	5
Gambar 2.1 Bentuk Arang Aktif.....	17
Gambar 2.2 Ampas Kopi.....	21
Gambar 2.3 Sekam Padi.....	22
Gambar 2.4 Alat <i>Atomic Absorption Spectrophotometry</i> (AAS).....	24
Gambar 3.1 Diagram Alir Tahapan Penelitian.....	28
Gambar 4.1 Pengaruh Variasi Massa Adsorben Ampas Kopi pada Adsorpsi Ion Logam (Pb).....	43
Gambar 4.2 Pengaruh Variasi Massa Adsorben Sekam Padi pada Adsorpsi Ion Logam (Pb).....	44
Gambar 4.3 Pengaruh Variasi Massa Kombinasi Adsorben Ampas Kopi dan Sekam Padi pada Adsorpsi Ion Logam (Pb).....	45
Gambar 4.4 Efektivitas Adsorpsi Logam Timbal (Pb)	48
Gambar 4.5 Kapasitas Adsorpsi Logam Timbal (Pb).....	51



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Perbedaan Adsorpsi Fisika dan Adsorpsi Kimia.....	13
Tabel 2.2 Standar Kualitas Arang Aktif.....	20
Tabel 2.3 Komposisi Kimiawi Ampas Kopi	21
Tabel 2.4 Komposisi Kimia Sekam Padi	22
Tabel 3.1 Standar Baku Mutu Arang Aktif.....	30
Tabel 4.1 Hasil analisa karakteristik adsorben ampas kopi sesuai dengan SNI No. 06-3730-1995	35
Tabel 4.2 Hasil analisa karakteristik adsorben sekam padi sesuai dengan SNI No. 06-3730-1995	37
Tabel 4.3 Pengaruh massa adsorben terhadap parameter pH.....	38
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Pengaruh Adsorben dan Variasi Massa Adsorben Pada Adsorpsi Ion Logam (Pb)	42
Tabel 4.5 Efektivitas Adsorpsi Logam Timbal (Pb)	47
Tabel 4.6 Kapasitas Adsorpsi Logam Timbal (Pb).....	50



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pencemaran merupakan salah satu permasalahan lingkungan yang perlu diselesaikan karena hal itu mempengaruhi kesehatan, keselamatan, dan kehidupan kita. Pencemaran di lingkungan terjadi karena adanya aktivitas manusia yang dapat mengganggu ekosistem darat dan perairan. Pencemaran yang mampu merusak sistem lingkungan hidup, terutama berasal dari limbah yang sangat beracun seperti limbah logam berat (Agusti, 2019). Sumber pencemaran logam berat salah satunya berasal dari limbah buangan industri (Wibowo dkk, 2017). Meningkatnya perkembangan industri yang seharusnya membuat hidup lebih mudah saat ini, telah terbukti menjadi salah satu penyebab paling berbahaya dari masalah lingkungan, hal ini dikarenakan adanya industri yang membuang limbah ke perairan tanpa pengolahan (Ayu, 2016). Menurut Apriliani (2010) limbah buangan industri memberikan kontribusi yang besar dalam pelepasan logam berat. Limbah yang mengandung logam berat termasuk sebagai limbah yang berbahaya karena dapat memberikan dampak toksik bagi makhluk hidup (Setiawan, 2013).

Keberadaan logam berat di sekitar lingkungan menjadi masalah serius, karena jumlahnya yang terus bertambah, bersifat racun, dan dapat mempengaruhi kualitas air (Saragih, 2019). Logam berat yang berada di perairan memberikan dampak buruk bagi organisme air dan manusia. Logam berat dapat terakumulasi di tubuh organisme akuatik, ketika manusia mengkonsumsi organisme akuatik yang telah mengandung logam berat maka akan menimbulkan efek buruk bagi kesehatan manusia seperti dermatitis, anemia, gagal ginjal, kanker, pneumonia, dan lain sebagainya (Pratiwi, 2020). Beberapa jenis logam berat yang umum digunakan dalam kehidupan sehari-hari baik langsung atau tidak langsung menjadi penyebab pencemaran lingkungan jika melampaui batas yang dapat diterima. Salah satu logam berat yang tergolong pencemar lingkungan ialah timbal (Pb) (Rahmi, 2017).

Salah satu logam berat yang secara alami terdapat di kerak bumi adalah timbal (Pb). Kandungan timbal dalam kerak bumi yaitu 15 mg/kg (Herlandien,

2013). Timbal banyak digunakan pada industri seperti pembuatan baterai, pengecoran, bahan bakar, penyulingan, industri kabel dan industri kimia lainnya. Timbal (Pb) atau biasa disebut timah hitam tergolong sebagai pencemar berbahaya karena toksisitasnya yang tinggi (Ifa dkk., 2020). Senyawa timbal terbentuk secara alami dan sebagian melalui aktivitas manusia yang kemudian masuk ke perairan. Konsentrasi timbal (Pb) di perairan hingga 188 ppm dapat mematikan biota air. Kandungan timbal di perairan kemudian terakumulasi dan terkontaminasi ke dalam tubuh makhluk hidup. Timbal yang berada dalam tubuh manusia memberikan dampak buruk, seperti terhambatnya pembentukan hemoglobin, menurunkan kecerdasan anak, gangguan sistem reproduksi, dan kelumpuhan. Beberapa gejala keracunan logam timbal yaitu mual, sakit perut dan anemia (Widayanto, 2017).

Berdasarkan penelitian Rizkiana dkk. pada tahun 2017 melakukan analisis kandungan timbal pada sedimen dan air laut di kawasan pelabuhan perikanan Gampong Deah, Kota Banda Aceh. Karena pelabuhan Gampong Deah Glumpang merupakan salah satu pelabuhan dengan berbagai kegiatan, seperti pembuatan kapal, pengecatan dan pengelasan kapal, pembersihan kapal dan tempat lalu lintas kapal nelayan, maka rentan terhadap pencemaran dari logam berat seperti timbal. Pengambilan sampel dilakukan di empat stasiun. Lokasi pengambilan sampel adalah kawasan pemukiman, kawasan mangrove, tempat pendaratan kapal, dan kawasan wisata Ulee Lheu. Analisis kandungan logam berat Pb pada sedimen menunjukkan kandungan logam Pb tertinggi di kawasan mangrove yaitu 15,41 mg/kg dan analisis kandungan Pb pada air laut di tiga stasiun di Pelabuhan Perikanan Gampong Deah Glumpang, yaitu di kawasan pemukiman, kawasan mangrove, dan tempat pendaratan kapal ditetapkan bahwa kandungan Pb dalam air laut melebihi ambang baku mutu air pelabuhan menurut persyaratan Menteri Lingkungan Hidup No. 51 tahun 2004.

Beberapa metode yang dapat digunakan dalam mengurangi kandungan logam berat dalam limbah, seperti pengendapan, penukaran ion menggunakan resin, filtrasi dan adsorpsi (Nurohmah, 2019). Menurut Haura dkk (2017) adsorpsi merupakan salah satu upaya yang sangat efektif dalam menyerap kadar logam yang terlarut di limbah cair, metode ini sering digunakan dalam proses pengolahan pada

limbah cair industri. Penggunaan metode adsorpsi memiliki kelebihan yaitu efisien, lebih aman, sangat ekonomis, dan tidak membutuhkan lahan yang luas. Dalam metode adsorpsi, logam diserap oleh adsorben. Karakteristik adsorben, waktu pengadukan, pH larutan, temperatur dan ukuran adsorben merupakan faktor-faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi. Beberapa adsorben yang digunakan dalam metode adsorpsi antara lain zeolit, arang aktif dan bentonit (Wibowo dkk., 2017). Arang aktif atau karbon aktif merupakan karbon yang telah diaktivasi melalui proses fisika dan kimia untuk membuka pori-pori karbon sehingga kapasitas adsorpsinya lebih tinggi (Saputra dkk., 2020). Karbon aktif terdiri dari 87-97% karbon, namun karbon aktif memiliki kandungan beberapa senyawa yang berbeda tergantung dari metode dan material bahan baku yang digunakan (Wirani, 2017). Arang aktif yang digunakan pada penelitian ini yaitu ampas kopi dan sekam padi.



Gambar 1.1 Limbah Ampas Kopi
Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2021.

Kopi sudah menjadi salah satu minuman favorit bagi masyarakat Aceh. Karena banyaknya warung kopi yang dapat ditemukan, maka banyak juga ampas kopi yang dihasilkan. Diperkirakan 1 ton kopi akan menghasilkan 650 kg ampas kopi (Ramadhan, 2019). Ampas kopi bagi kebanyakan orang adalah sampah, sehingga kurang dimanfaatkan. Padahal, ampas kopi memiliki banyak manfaat

sebagai pupuk, kecantikan, bio-oil, arang aktif, dan lain sebagainya. Ampas kopi termasuk salah satu biomassa yang dapat dijadikan arang aktif, karena memiliki ruang pori cukup banyak dan kandungan hidrokarbon yang terdapat dalam biji kopi sekitar 19,9% (Suhariyanto dkk., 2020). Ampas kopi dapat mengadsorpsi ion logam dan zat warna dalam limbah. Menurut Ramadhan (2019) pemilihan ampas kopi sebagai bahan baku pembuatan adsorben karena dapat ditemukan dengan mudah, gratis, dan dapat digunakan untuk mengurangi kadar limbah organik. Limbah ampas kopi merupakan salah satu bahan organik yang dapat dijadikan sebagai arang aktif untuk material adsorben atau bahan dalam proses penyerapan. Ampas kopi memiliki kandungan biomassa lignoselulosa yang terdiri dari selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Biomaterial selulosa dan lignin yang memiliki kandungan gugus fungsional dalam ampas kopi akan memberikan sifat aktif penyerapan logam berat.

Arang aktif dapat diaktifkan melalui dua metode, yaitu aktivasi kimia dengan menambahkan larutan kimia dan aktivasi fisika menggunakan suhu tinggi pada proses pemanasan. Proses aktivasi dapat meningkatkan daya serap ampas kopi. Setelah melalui proses aktivasi ampas kopi mampu menyerap 66-99,5% ion logam, sedangkan yang tidak diaktivasi sebesar 55-89%. Ampas kopi mengandung karbon 47,8-58,9%, nitrogen sebesar 1,9-2,3%, selulosa 8,6% dan abu sebesar 0,43-1,6% (Pratama, 2017). Produk arang aktif dari ampas kopi dihasilkan sekitar 14,56% yang terdiri dari kadar air sebanyak 3,29%, kadar abu 1,37%, dan daya serap terhadap iodium sekitar 750,245 mg/g (Anggriani dkk., 2020). Mengingat sumber adsorben ini mudah ditemukan di Aceh, maka ampas kopi dapat digunakan sebagai bahan baku adsorben.



Gambar 1.2 Limbah Sekam Padi
Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2021.

Menurut Badan Pusat Statistik (BPS) Aceh, produksi padi pada 2021 diperkirakan sebesar 1,68 juta ton GKG (Gabah Kering Giling), bila dikonversikan menjadi beras, maka produksi beras pada 2021 sebesar 0,96 juta ton, dari produksi tersebut dapat diperkirakan jumlah limbah sekam padi yang dihasilkan akan sangat banyak dan belum dapat dimanfaatkan secara optimal. Sekam padi diperoleh sebanyak 25% dari hasil penggilingan padi dan menjadi limbah biomassa (Roni dkk., 2020). Salah satu limbah pertanian yang memiliki banyak manfaat ialah sekam padi. Jika sekam padi hasil dari penggilingan tidak dikelola dan diolah dengan baik, akan timbul sebagai limbah baru yang dapat mencemari lingkungan. Di Aceh, banyak petani yang hanya menggunakan sekam padi sebagai pupuk, mengolah sebagai makanan ternak, dan abu gosok. Sekam padi memiliki manfaat lain yaitu sebagai adsorben alami dan dapat dijadikan sumber energi terbarukan (Yahya, 2017).

Limbah sekam padi memiliki kandungan selulosa dan hemiselulosa yang diperlukan untuk penyerapan logam berat, sehingga dapat dimanfaatkan menjadi adsorben (Fasya, 2017). Sekam padi terdiri dari beberapa komposisi yaitu selulosa sebanyak 32%, hemiselulosa 21%, lignin 22%, abu 15%, air 8%, dan sari 2%. Abu sekam padi memiliki komposisi silika (SiO_2) sekitar 94,5 sampai 96,34% (Wirani,

2017). Sifat sekam padi yang kurang tercampur dalam air dan mempunyai stabilitas kimia baik, menjadikan sekam padi memiliki potensial sebagai adsorben dalam mengolah limbah kontaminan seperti logam berat dan pewarna. Setelah melalui tahap karbonisasi dan aktivasi sekam padi dapat dipakai sebagai bahan penyerap (adsorben) dalam proses adsorpsi (Putranto, 2009).

Berdasarkan penelitian Sitanggang (2010) karbon aktif dari sekam padi dapat menurunkan kandungan Fe (besi) 77,24% dalam air sumur gali. Hasil penelitian Lubis dan Nasution (2002) menggunakan ampas kopi sebagai arang aktif dapat menyerap 99,34% ion besi dalam air minum, dan dapat mereduksi logam merkuri sampai 99%. Menurut hasil penelitian Baryatik dkk (2019) menunjukkan pemanfaatan arang aktif dari ampas kopi mampu mengurangi kandungan Cd (Kadmium) pada air sumur sebesar 55,75%. Studi penelitian Nurhasni dkk (2014) arang aktif sekam padi mampu melakukan penyerapan ion Cu (tembaga) dalam air limbah sebesar 78,57%. Dan hasil penelitian Wardalia (2017) menyatakan bahwa sekam padi efektif dalam menyerap ion timbal dengan efisiensi maksimum 92,7%.

Menurut penelitian Nurhidayanti dkk (2021) kombinasi kitosan dan ampas kopi sebagai adsorben alami menghasilkan efisiensi penurunan logam arsen sebesar 86,18%. Berdasarkan penelitian Adeko dan Muallim (2020) kombinasi limbah sekam padi dan kulit kapuk sebagai adsorben dapat menurunkan kadar besi (Fe) hingga 90,75% di sumur gali. Dari hasil penelitian yang telah disebutkan, peneliti ingin mengkombinasi ampas kopi dan sekam padi karena keduanya merupakan limbah yang memiliki nilai persentase penyerapan yang baik sebagai adsorben. Kombinasi ampas kopi dan sekam padi merupakan kombinasi dari adsorben organik. Kombinasi adsorben organik memiliki kelebihan yaitu mudah dimodifikasi dan kemampuan adsorpsi yang tergolong tinggi (Haqiqi, 2018). Adsorben organik mempunyai pori-pori relatif lebih besar dibandingkan adsorben anorganik, sehingga penggunaan adsorben organik memiliki tingkat efektivitas dan kapasitas penyerapan yang lebih baik (Astari dan Budi, 2018).

Pada aplikasinya proses adsorpsi cukup luas digunakan sebagai solusi penanganan masalah lingkungan, contohnya pada penggunaan adsorben di *chamber* adsorpsi pada unit filtrasi pengolahan air limbah. Berdasarkan hasil dari latar

belakang tersebut, maka perlu dilakukan penelitian tentang pemanfaatan ampas kopi, sekam padi dan kombinasi keduanya sebagai arang aktif pada proses adsorpsi logam timbal (Pb) sebagai upaya mengatasi pencemaran limbah yang mengandung logam-logam berat.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang yang telah dijelaskan, maka pertanyaan penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana kemampuan adsorben ampas kopi, sekam padi dan kombinasi keduanya terhadap adsorpsi Pb dalam larutan?
2. Bagaimana pengaruh rasio massa dari kombinasi adsorben ampas kopi dan sekam padi terhadap adsorpsi Pb dalam larutan?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah ditetapkan, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui kemampuan adsorben ampas kopi, sekam padi dan kombinasi keduanya terhadap adsorpsi kadar Pb dalam larutan.
2. Untuk mengetahui pengaruh rasio massa dari kombinasi adsorben ampas kopi dan sekam padi terhadap adsorpsi Pb dalam larutan.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini, yaitu:

1. Dapat menambah informasi bahwa ampas kopi dan sekam padi dapat dijadikan sebagai material adsorben dari bahan alami dalam penyisihan logam timbal.
2. Diharapkan dapat menambah potensi dan memperbanyak sumber-sumber yang digunakan sebagai bahan baku dalam proses penyerapan untuk menangani limbah yang memiliki kandungan logam berat.

1.5 Batasan Penelitian

Adapun batasan dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Adsorbat pada penelitian ini adalah adsorbat sintetis ion Pb.
2. Efektivitas dan kapasitas adsorben dari ampas kopi dan sekam padi dipengaruhi oleh beberapa parameter konsentrasi larutan, waktu pengadukan, kecepatan pengadukan, dan massa adsorben. Namun, pada penelitian ini hanya menguji pengaruh variasi massa adsorben ampas kopi dan sekam padi terhadap efektivitas dan kapasitas adsorpsi kadar Pb dalam larutan.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Timbal (Pb)

Timbal atau plumbum pada kehidupan sehari-hari dikenal dengan sebutan timah hitam. Logam ini termasuk dalam golongan IV-A dalam tabel periodic yang memiliki nomor atom 82 dan berat atom (BA) 207,2 (Purba, 2018). Timbal ialah jenis logam yang lunak dan tahan karat, sehingga banyak digunakan untuk bahan pelapis. Logam timbal termasuk bahan alami yang terdapat di kerak bumi, logam ini tersebar di alam hanya sekitar 0,0002%. Timbal dapat berwujud logam murni ataupun senyawa organik dan anorganik. Dalam wujud apapun logam timbal mempunyai toksisitas yang berbahaya bagi makhluk hidup (Apriliani, 2010). Kadar dan efek keracunan timbal dapat dipengaruhi oleh alkalinitas, kesadahan, kadar oksigen dan pH (Ayu, 2018).

Timbal dibagi menjadi dua jenis: organik dan anorganik. Timbal organik lebih berbahaya daripada timah anorganik. Timbal anorganik ditemukan di lingkungan. Jenis timbal ini ditemukan dalam cat, kotoran, debu, kosmetik, mainan, dan berbagai produk konsumen. Timbal anorganik memiliki perubahan warna yang berbeda tergantung pada unsur kimianya, dan timbal anorganik yang paling banyak adalah timbal karbonat (PbCO_3) atau timbal putih, senyawa timbal kromat (PbCrO_4) dalam bentuk timbal warna kuning, timbal monoksida (PbO), dan timbal merah (Pb_3O_4). 95% timbal bersifat anorganik dan biasanya berupa garam anorganik yang sulit bercampur dengan air. Sisanya adalah timbal organik. Timbal organik berupa timbal tetraetil (TEL) dan timbal tetrametil (TML), timbal organik biasanya berasal dari knalpot kendaraan (Sudarwin, 2008).

Jenis senyawa ini sulit tercampur dalam air, tetapi lebih mudah tercampur dalam pelarut organik seperti lipid. Di alam, timbal jarang ditemukan dalam keadaan bebas, biasanya terdapat dalam bentuk senyawa yang terikat pada molekul lain seperti PbBr_2 dan PbCl_2 (Gusnita, 2012).

2.2 Adsorpsi

Adsorpsi merupakan proses yang terjadi ketika suatu fluida, baik cair atau gas terikat oleh partikel. Secara umum, adsorpsi ialah hubungan atau interaksi yang terjadi antara adsorbat pada permukaan adsorben yang berupa cairan atau padatan. Adsorpsi melibatkan akumulasi adsorbat pada adsorben, yang terjadi di dua fasa dalam proses ini. Fasa yang menyerap dinyatakan sebagai adsorben, dan fasa yang terserap sebagai adsorbat. Proses adsorpsi tergantung pada jenis padatan yang diadsorpsi, jenis molekul yang diserap, konsentrasi, suhu, dan lain-lain (Oktasari, 2017). Adsorpsi merupakan sebuah yang dapat digunakan dalam menghilangkan polutan dalam air limbah. Dikenal dengan istilah adsorpsi karena mampu menyerap zat molekul pada permukaan adsorben (Syauqiah dkk, 2011).

Proses adsorpsi bergantung pada luas permukaan adsorben, konsentrasi tekanan adsorpsi gas, temperatur, serta sifat adsorben dan adsorbat. Adsorpsi bersifat *irreversible* dan membutuhkan banyak energi untuk mengembalikan adsorbat ke proses adsorpsi. Adsorben yang bagus memiliki luas permukaan per-partikel yang besar, aktif dan murni, memiliki pori-pori dan tidak dapat bereaksi dengan adsorbat (Rahmawati, 2020). Semakin luas permukaan adsorben maka semakin kuat daya adsorpsi. Daya adsorpsi adalah kemampuan adsorben dalam memikat adsorbat. Agar menghasilkan kemampuan adsorpsi yang baik maka dapat dilakukan perubahan. Perubahan dilakukan dengan cara aktivasi fisika dan kimia. Aktivasi bertujuan untuk meningkatkan energi pada permukaan adsorben sehingga dapat meningkatkan daya tarik terhadap molekul terlarut (Cahyaningrum, 2016).

Perpindahan massa dari cairan ke permukaan padatan merupakan proses awal terjadinya adsorpsi, kemudian adanya proses difusi dari permukaan melalui pori-pori ke dalam padatan, dan proses terakhir terjadi ketika massa dalam cairan berpindah ke dinding pori. Adsorpsi terjadi karena terdapat energi dan gaya gravitasi bekerja pada permukaan. Proses adsorpsi dapat dilakukan dengan menggunakan sistem pengadukan dan filtrasi. Adsorpsi menggunakan sistem pengadukan dilakukan dengan memasukkan adsorben yang berbentuk serbuk ke dalam air selanjutnya diaduk. Sedangkan adsorpsi dengan sistem filtrasi

menggunakan adsorben sebagai media adsorpsi selanjutnya ditempatkan dalam wadah kemudian air dialirkan dengan cara gravitasi (Elvida, 2021).

Sesuai dengan interaksi molekul antara permukaan adsorben dan adsorbat adsorpsi dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu:

a. Adsorpsi Fisika

Adsorpsi terjadi karena adanya gaya *Van der Waals*, yaitu gaya tarik yang relatif lemah antara adsorbat dan permukaan adsorben. Dalam proses adsorpsi fisika, adsorbat yang terjerap di permukaan adsorben tidak terlalu kuat memungkinkan adsorbat dapat berpindah dari satu permukaan ke permukaan yang lainnya (Pabhassaro, 2008). Interaksi yang terjadi pada proses adsorpsi fisika lebih lemah, akibatnya zat yang diadsorpsi mudah lepas, dan sangat *reversible*. Tebalnya lapisan yang diadsorpsi lebih besar dibandingkan dari diameter adsorbatnya (Astuti, 2018).

b. Adsorpsi Kimia

Adsorpsi kimia terjadi disebabkan terbentuknya sebuah ikatan kovalen dan ionik antara molekul adsorbat dan adsorben. Lapisan yang terbentuk merupakan lapisan monoatomik karena ikatan yang terbentuk ialah ikatan yang kuat. Adsorpsi kimia (*kemosorpsi*) memiliki sifat *irreversible* dan biasanya terjadi di atas suhu kritis dari adsorbat dan menghasilkan panas adsorpsi yang lebih tinggi (Pabhassaro, 2008). Pada adsorpsi kimia, memiliki sifat-sifat tertentu dan gaya dalam adsorpsi ini jauh lebih besar daripada adsorpsi fisika, sehingga hanya satu lapisan adsorpsi yang dihasilkan (Arif, 2014).

Perbedaan antara adsorpsi fisika dan kimia dapat dilihat pada tabel 2.1 berikut:

Tabel 1.1 Perbedaan Adsorpsi Fisika dan Adsorpsi Kimia

Parameter	Adsorpsi Fisika	Adsorpsi Kimia
Adsorben	Semua jenis padatan	Beberapa padatan (terbatas)
Adsorbat	Semua gas	Beberapa gas secara kimiawi, reaktif. Kecuali gas mulia
Energi aktivasi	Kurang dari 1 kcal/gmol	10-60 kcal/gmol
Jumlah zat yang teradsorpsi	Sebanding dengan kenaikan tekanan	Sebanding dengan jumlah adsorben yang bereaksi dengan adsorbat
Kecepatan Adsorpsi	Besar	Kecil
Kegunaan	Untuk menentukan ukuran dan luas permukaan pori	Untuk menentukan daerah pusat aktif dan penjelasan kinetika dari reaksi permukaan
Lapisan	<i>Multilayer</i>	<i>Monolayer</i>
Panas adsorpsi	5-10 kcal/gmol	10-100 kcal/gmol
Reversibilitas	<i>Reversible</i>	<i>Irreversible</i>

Sumber: Pabhassaro, 2008.

Kesetimbangan adsorpsi terjadi ketika molekul adsorben bergerak dari larutan kepadatan sampai larutan bersentuhan dengan adsorben padat dan konsentrasi adsorben larut dan padatan berada dalam kesetimbangan. Kesetimbangan adsorpsi diukur dengan mengukur konsentrasi larutan awal, dan ketika kesetimbangan terjadi, model kesetimbangan yang biasanya digunakan dalam metode adsorpsi yaitu model isoterm Freundlich dan Langmuir (Arif, 2014).

2.2.1 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Adsorpsi

Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi proses adsorpsi, sebagai berikut:

1. Luas Permukaan

Semakin kecil dan banyak pori yang terdapat pada adsorben, maka semakin besar luas permukaan sehingga jumlah molekul teradsorpsi yang diserap akan lebih banyak, dan semakin seragam proses penyerapan, sehingga menghasilkan adsorpsi yang lebih besar. Hal ini dikarenakan bagian asli yang awalnya tidak berfungsi sebagai permukaan, setelah dihaluskan bagian tersebut berfungsi sebagai permukaan yang dapat menyerap adsorbat. (Widayatno dkk., 2017).

2. Massa Adsorben

Karena massa adsorben yang sebanding dengan banyaknya partikel, dan luas permukaan adsorben juga meningkatkan proses penghilangan logam yang terkandung dalam air (Ismiyati, 2020).

3. pH

pH berpengaruh pada proses adsorpsi. 1-3 merupakan pH yang optimum dalam penyisihan logam. Pada saat pH melebihi 3 maka kapasitas adsorpsi menurun.

4. Sifat adsorben

Efisiensi adsorpsi tergantung pada sifat fisikokimia, terutama luas permukaan adsorben, ukuran partikel, dan porositas. Semakin kecil ukuran partikel maka kapasitas adsorpsi semakin besar. Peningkatan proses difusi terjadi seiring dengan semakin kecilnya ukuran partikel adsorben

5. Temperatur

Ketika molekul yang teradsorpsi menempel pada permukaan adsorben, mereka melepaskan sejumlah energi. Saat suhu turun, jumlah bahan teradsorpsi yang teradsorpsi meningkat (Siringo-Ringo, 2019).

6. Ukuran Partikel

Ukuran partikel merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi. Semakin kecil ukuran partikel, semakin cepat proses adsorpsi. Adsorben yang telah dihaluskan dapat digunakan untuk meningkatkan laju adsorpsi.

7. Sifat Adsorbat

Jika ukuran adsorbat kecil dari ukuran pori-pori adsorben, maka adsorpsi yang terjadi akan cepat. Proses adsorpsi terjadi karena molekul yang teradsorpsi terperangkap di dalam rongga adsorben.

8. Waktu Kontak

Proses adsorpsi oleh adsorben membutuhkan kesetimbangan. Waktu kontak yang digunakan tidak mengikuti dengan massa adsorben. Waktu kontak lebih lama diperlukan saat menggunakan larutan yang sangat kental.

9. Kecepatan Pengadukan

Pengadukan yang lambat memperlambat proses adsorpsi, tetapi pengadukan yang terlalu cepat merusak struktur adsorben dan tidak mengoptimalkan proses adsorpsi. Variasi pengadukan sangat berpengaruh pada pembentukan lapisan batas luar dan mengoptimalkannya sangat penting untuk meminimalkan hambatan pengalihan massa. Jika pengadukan cepat (tidak terlalu cepat), unsur adsorbat dan adsorben akan saling bertabrakan sehingga proses adsorpsi yang terjadi lebih cepat (Purba, 2018).

10. Koadsorpsi

Adsorben yang telah menyerap bahan memiliki kapasitas adsorpsi yang lebih tinggi dibandingkan dengan kapasitas adsorben asli untuk adsorben tertentu (Widayatno dkk., 2017).

2.3 Adsorben

Adsorben adalah padatan yang mampu menyerap partikel selama proses adsorpsi. Salah satu adsorben yang banyak digunakan dalam proses penyerapan ialah karbon aktif. Berbagai polutan dapat diserap oleh adsorben dalam bentuk senyawa organik (pewarna) ataupun senyawa anorganik (logam berat) dapat diserap oleh adsorben. Adsorben diperoleh dari aktivasi bahan-bahan yang digunakan memiliki kandungan karbon (Nurhasni dkk, 2018). Umumnya adsorben berbentuk zat padat seperti alumina, karbon aktif, platina, selulosa, dan silica gel (Abdi dkk., 2015).

Syarat-syarat adsorben yang bagus digunakan dalam proses adsorpsi, antara lain:

- a. Memiliki daya adsorpsi yang kuat
- b. Zat padat yang memiliki permukaan luas yang besar
- c. Dapat diperbarui dengan mudah
- d. Tidak dapat terlarut di dalam zat yang akan di adsorpsi
- e. Tidak terjadi reaksi kimia saat campuran akan dibersihkan
- f. Tidak memiliki kandungan yang bersifat toksik
- g. Tidak menghasilkan endapan
- h. Mudah didapat dan harga relatif murah (Ayu, 2016).

2.4 Arang Aktif

Arang aktif dikenal juga dengan karbon aktif. Arang aktif merupakan salah satu material adsorben dengan lapisan permukaan yang besar berupa serbuk atau butiran. Arang aktif ialah arang yang dihasilkan selama proses pembakaran dan diaktifkan dengan cara direndam dalam bahan kimia. Arang aktif ialah padatan berpori yang memiliki kandungan karbon 85-95%, dan diperoleh dari cara pemanasan dengan suhu tinggi menggunakan bahan-bahan yang mengandung karbon (Syauqiah dkk, 2014). Struktur arang aktif adalah arang hitam tidak berbau dan tidak berasa. Arang aktif merupakan bahan amorf tersusun dari unsur-unsur karbon. Agar menghasilkan permukaan yang luas, arang diperlakukan dengan metode khusus, yaitu melalui proses aktivasi dengan tekanan tinggi dan suhu tinggi. Luas permukaan arang aktif sekitaran 300-3500 m²/g dan berhubungan dengan struktur pori-pori internal dimana karbon aktif dapat diserap dengan baik (Herlandien, 2013).



Gambar 2.1 Arang Aktif

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2022.

Luas satu gram arang aktif biasanya sekitar 500 hingga 1500 m² dan efektif untuk menarik partikel yang sangat kecil dengan ukuran berkisar antara 0,01-0,0000001 mm. Dalam jangka waktu 60 jam, arang aktif tersebut jenuh dan tidak aktif lagi (Govint, 2017). Pada arang aktif yang berbentuk serbuk semakin besar permukaan pori dari adsorben maka semakin besar daya serapnya. Permukaan arang aktif yang besar dapat dimanfaatkan untuk menghilangkan bau, warna dan rasa, pemurni dalam industri, dalam proses penjernihan air dari industri batik, produksi air minum, serta dapat digunakan dalam penanganan limbah. Komposisi arang aktif tersusun dari unsur-unsur karbon bebas yang terikat secara kovalen, sehingga permukaan dari karbon aktif akan menjadi non-polar. Senyawa yang mudah diserap oleh arang aktif umumnya kurang larut dibandingkan arang aktif. Kemampuan adsorpsi dari arang aktif akan meningkat ketika diaktifkan melalui proses aktivasi yang memakai aktivator bahan kimia maupun pemanasan suhu tinggi (Wirawan, 2012).

2.4.1 Proses Pembuatan Arang Aktif

Pembuatan arang aktif secara umum melalui tiga tahapan, yaitu:

a. Proses Dehidrasi

Proses dehidrasi terjadi ketika bahan baku dipanaskan pada rentang suhu 150-170 °C dalam waktu 18-24 jam. Tujuan dari dehidrasi ialah agar menurunkan kandungan air yang ada di bahan baku dengan cara diuapkan,

selanjutnya diukur kadar air. Tahapan dehidrasi bisa juga dilakukan dengan mengeringkan bahan baku di bawah sinar matahari langsung. Dehidrasi dilakukan untuk menyempurnakan pada proses karbonisasi.

b. Proses Karbonisasi

Karbonisasi merupakan proses pirolisis dimana komponen-komponen organik dipecah menjadi karbon. Proses karbonisasi dilakukan pada suhu 400-750 °C. Hasil dari proses karbonisasi ialah karbon, *tar* dan gas. Menurut Rohmah (2014) karbonisasi memiliki tujuan agar bahan-bahan organik berubah menjadi unsur karbon. Agar menghasilkan arang aktif yang baik, perlunya dilakukan beberapa pengontrolan dan pengaturan selama proses karbonisasi yaitu, kecepatan penambahan temperatur, lama proses karbonisasi dan tinggi suhu akhir. Pada proses karbonisasi karbon yang dihasilkan memiliki struktur pori yang lemah. Oleh sebab itu, perlu dilakukan perbaikan struktur pori melalui proses aktivasi.

c. Proses Aktivasi

Aktivasi ialah proses perubahan fisika yang meningkatkan luas permukaan arang aktif karena hilangnya kandungan hidrokarbon dalam karbon. Proses aktivasi arang aktif dilakukan untuk meningkatkan daya adsorpsi dari suatu adsorben. Tujuan dari proses aktivasi adalah untuk menghasilkan karbon dengan pori-pori yang banyak dan luas permukaan besar (Rahmawati dkk, 2010).

Aktivasi dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu:

- Aktivasi Fisika

Aktivasi secara fisika memakai uap air, gas karbon dioksida (CO₂), oksigen (O₂) dan nitrogen (N₂). Aktivasi menggunakan uap air berlangsung pada temperatur 750-900 °C, sedangkan aktivasi menggunakan karbon dioksida berlangsung pada temperatur 850-1100 °C. Aktivasi yang menggunakan karbon dioksida sangat jarang digunakan karena reaksinya menyebabkan reaksi eksotermik dan sulit untuk dikendalikan. Tujuan dari aktivasi fisika adalah untuk membuat pori-pori baru dengan meningkatkan volume dan diameter pori-pori yang akan dibentuk selama karbonisasi.

- Aktivasi Kimia

Aktivasi secara kimia merupakan aktivasi yang dilakukan memakai zat kimia. Aktivator yang digunakan biasanya asam klorida (HCl), natrium hidroksida (NaOH) magnesium klorida ($MgCl_2$), seng klorida ($ZnCl_2$), kalsium klorida ($CaCl_2$), natrium klorida (NaCl), dan natrium karbonat (Na_2CO_3). Aktivator yang digunakan mampu menyebabkan membengkaknya adsorben. Pada proses aktivasi, bahan kimia bertindak sebagai penstabil, mencegah adsorben mengempis. Beberapa keuntungan menggunakan aktivasi secara kimia antara lain menghasilkan *yield* yang lebih tinggi, mikropori dapat dikontrol dan hanya membutuhkan temperatur rendah. Metode aktivasi kimia juga dapat dilakukan dengan perendaman (Hartini, 2014).

2.4.2 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Aktivasi

Proses aktivasi pada arang aktif dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu :

a. Waktu Aktivasi

Waktu aktivasi optimum yang akan dihasilkan oleh setiap bahan baku berbeda, tergantung dari jenis aktivator.

b. Jenis Aktivator

Penggunaan aktivator mempengaruhi banyak hal dalam proses pembuatan arang aktif. Jenis aktivator yang digunakan akan berpengaruh pada kenaikan daya serap dari arang aktif.

c. Konsentrasi Aktivator

Semakin tinggi konsentrasi aktivator maka semakin tinggi pula penyerapan karbon aktif tersebut.

d. Waktu Karbonisasi

Waktu karbonisasi optimum yang digunakan oleh setiap aktivator berbeda, tergantung dari jenis bahan baku.

e. Suhu Karbonisasi

Besarnya suhu selama proses karbonisasi mempengaruhi penyerapan karbon aktif.

f. Ukuran Partikel

Semakin kecil ukuran partikel maka semakin baik dan luas permukaannya semakin besar karena karbon aktif terikat langsung dengan larutan aktifnya (Setiyoningsih, 2018).

2.4.3 Standar Kualitas Arang Aktif

Kualitas dari arang aktif yang menjadi parameter kelayakan perlu diperhatikan seperti persyaratan arang aktif yang sesuai SNI. Beberapa persyaratan untuk arang aktif sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-3730-1995 dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Standar Kualitas Arang Aktif

Karakteristik	Nilai	
	Butiran	Serbuk
Bagian yang hilang pada pemanasan 950 °C (%)	Maks 15	Maks 25
Kadar Abu (%)	Maks 2.5	Maks 10
Kadar Air (%)	Maks 4.5	Maks 15
Bagian tidak mengarang	-	-
Daya jerap terhadap I (mg/g)	Min 750	Min 750
Karbon aktif murni (%)	Min 80	Min 65
Daya jerap terhadap Benzena (%)	Min 25	-
Daya jerap terhadap biru metilen (mg/g)	Min 60	Min 120
Berat jenis curah (gr/ml) 0,3-0,35	0,45-0,55	0,3-0,35
Lolos mesh 325 (%)	-	Min 90
Jarak mesh (%)	90	-
Kekerasan (%)	80	-

Sumber: SNI 06-3730-1995

2.5 Ampas Kopi

Ampas kopi memiliki kandungan karbon, nitrogen, senyawa lipofilik, lignin, etanol, alkaloid, tannin, senyawa polifenol, asam chlorogenic dan polisakarida. Ampas kopi termasuk salah satu bahan organik yang mempunyai kandungan karbon yang cukup besar sebesar 47,8-58,9%, sehingga baik digunakan

untuk arang aktif sebagai adsorben dalam proses adsorpsi (Fauzi, 2020). Kandungan hidrokarbon dalam biji kopi relatif tinggi yaitu sekitar 19,9%. Menurut Fernianti (2013), pemanasan biji kopi meningkatkan kandungan hidrokarbon yang cukup untuk menghasilkan karbon yang dapat digunakan sebagai karbon aktif. Arang aktif dari ampas kopi mudah ditemukan dan biaya yang relatif murah memiliki banyak manfaat yaitu dapat mengurangi kadar ammonia, nitrit dan nitrat.



Gambar 2.2 Ampas Kopi
Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2021.

Secara kimiawi ampas kopi memiliki kandungan karbohidrat, kafein dan mineral. Komposisi kimia dari ampas kopi dapat dilihat pada tabel 2.3:

Tabel 2.3 Komposisi Kimiawi Ampas Kopi

Komponen	Jumlah (%)
Asam klorogenik	18,50
Kafein	1,25
Karbohidrat	19,90
Gula	1,45
Mineral lain	13,60
Peptida	6,0
Potasium	10,00

Sumber: Sari, 2019

2.6 Sekam Padi

Salah satu limbah pertanian yang sangat melimpah adalah sekam padi. Sekam padi tergolong limbah biomassa dan memiliki banyak keunggulan sebagai bahan utama industri, makanan ternak, bahan bakar, dan material adsorben pada proses adsorpsi logam berat. Komponen organik yang terkandung dalam sekam padi terdiri dari senyawa nitrogen, lemak, pentosa, protein, serat, selulosa dan lignin. Sekam padi dikategorikan sebagai salah satu material adsorben yang mempunyai peluang baik yang berasal dari limbah pertanian. Sekam padi memiliki karakteristik yang tidak mudah mengalami pelapukan, tingginya kandungan abu dan kandungan karbon, sehingga dapat digunakan sebagai adsorben (Jannah dkk, 2019).



Gambar 2.3 Sekam Padi
Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2021.

Penggilingan padi menghasilkan sekitar 20% sekam padi. Bagian terluar dari butir padi akan menghasilkan sekam padi. Sekam padi yang dibakar dapat menghasilkan abu sekitar 15%. Selulosa dan hemiselulosa merupakan senyawa sekam padi dan dapat digunakan sebagai adsorben karena adanya gugus OH yang terikat untuk berinteraksi dengan adsorben. Abu sekam padi mengandung senyawa pozzolan yaitu silika (SiO_2). Abu sekam padi mengandung 94-96% silika. Kandungan silika di abu sekam padi banyak digunakan pada proses pembentukan senyawa silika (Sayyidatul, 2010). Silika mempunyai sifat adsorpsi serta pertukaran

ion yang sangat baik. Silika memiliki gugus silanol [SiOH] dan gugus siloksan [SiOSi], serta memiliki pori-pori yang lebar dan luas permukaan yang besar, sehingga dapat digunakan sebagai adsorben (Safitri dkk, 2020). Komposisi kimia dari sekam padi dapat dilihat pada tabel 2.4

Tabel 2.4 Komposisi Kimia Sekam Padi

Komponen	Kandungan (%)
Abu	17,71
Kadar Air	9,02
Karbohidrat Kasar	33,71
Lemak	1,18
Protein Kasar	3,03
Serat Kasar	35,68

Sumber: Fasya, 2017.

Komposisi kimia sekam padi dapat digunakan untuk berbagai kebutuhan. Selain itu, senyawa selulosa, hemiselulosa dan lignin pada sekam padi merupakan sumber karbon dalam pembuatan arang aktif. Kandungan selulosa dalam sekam yang tinggi yaitu sekitar 35% membuat selulosa mempunyai kemampuan yang baik untuk dijadikan adsorben karena gugus O-H dapat melakukan interaksi dengan komponen adsorbat. Setelah melalui proses karbonisasi sekam padi membentuk abu yang memiliki densitas 1,2-1,5 g/cm³ dengan faktor bentuk sekitar 0,81. Abu sekam padi adalah karbon yang telah mengalami aktivasi dan menjadi material adsorben pada proses adsorpsi (Putranto, 2009).

2.7 AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*)

AAS merupakan sebuah metode yang digunakan dengan mengukur penyerapan radiasi pada panjang gelombang dengan spesifik dan karakteristik dari sampel dalam proses pertimbangan (Saragih, 2019). AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*) merupakan salah satu metode dalam menganalisis logam. Prinsip dasar dari AAS ialah interaksi antara sampel dan reaksi elektromagnetik. AAS ialah metode untuk analisis zat dengan konsentrasi rendah (Lestari, 2015).

Pada alat AAS secara umum, sebuah cahaya monokromatik yang memiliki intensitas cahaya dilewatkan melalui kuvet dengan diameter menuju sampel dengan konsentrasi tertentu (Sari, 2010).



Gambar 2.4 Alat *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS)

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2022.

Metode untuk menganalisis logam dengan *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS) didasarkan pada penyerapan cahaya oleh atom. Atom-atom dalam sampel menyerap sebagian cahaya yang dipancarkan oleh sumber cahaya. Penyerapan energi oleh atom terjadi pada panjang gelombang tertentu tergantung pada energi yang dibutuhkan oleh atom (Purnamasari, 2021). Pengujian *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS) logam berat dimulai dengan memasukkan data standar tertinggi, seri standar, serta data berat dan volume sampel ke dalam perangkat lunak aplikasi *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS). Langkah selanjutnya adalah menambahkan sampel ke dalam vial yang disediakan oleh *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS) dan mengujinya (Hidayati, 2013).

Analisa menggunakan AAS menjadi salah satu alat yang canggih dalam menganalisis logam berat karena memiliki kelebihan diantaranya kecepatan analisisnya, tingkat ketelitiannya tinggi, dan tidak memerlukan pemisahan

pendahuluan (Suryati, 2011). *Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS)* lebih peka dari spektroskopi emisi atom. AAS merupakan metode analisis yang sangat spesifik dan bermanfaat dalam beberapa aspek pengendalian mutu. Selain itu, AAS mudah digunakan, sangat akurat, dan sederhana. AAS hanya dapat digunakan pada unsur-unsur logam, setiap unsur membutuhkan lampu katode rongga yang berbeda sebagai penentunya (Yatimah, 2014).



BAB III

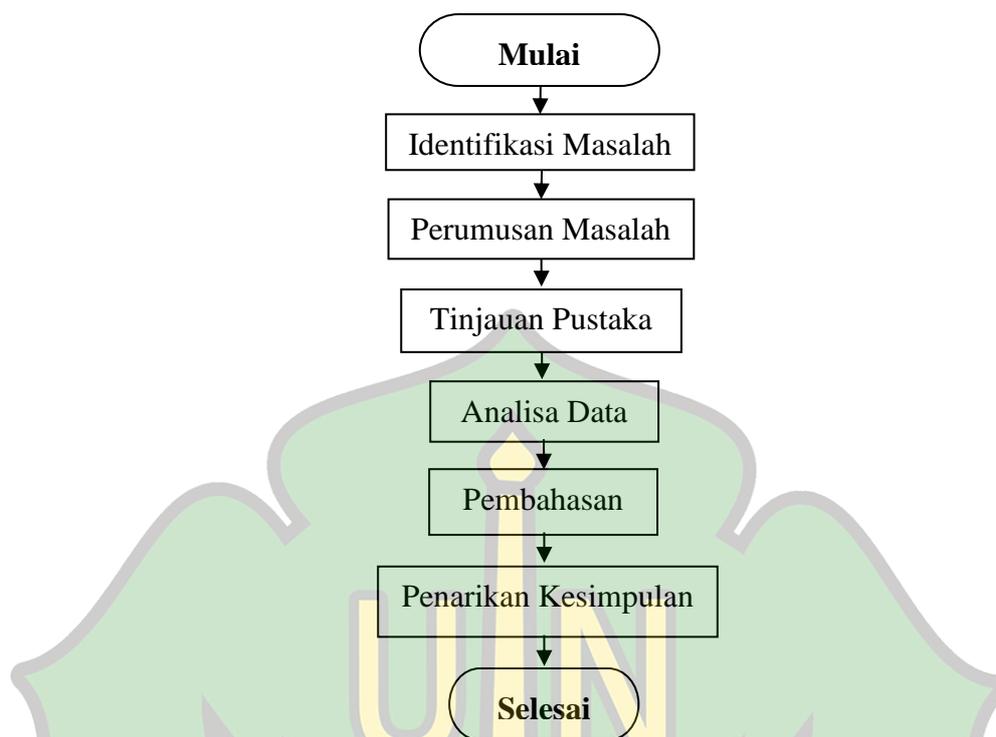
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tahapan Umum Penelitian

Penelitian ini melalui beberapa tahapan yaitu sebagai berikut:

1. Tahap identifikasi masalah merupakan langkah awal dalam meneliti suatu masalah.
2. Tahap perumusan masalah, merupakan tahapan untuk menyusun pertanyaan mengenai masalah yang akan dipecahkan.
3. Tahap tujuan penelitian, merupakan jawaban atas masalah dan tujuan yang diharapkan dapat tercapai dari penelitian.
4. Tahap tinjauan pustaka, dilakukan agar memperoleh informasi mengenai penelitian yang akan dilaksanakan. Sumber tinjauan pustaka dalam penelitian ini yaitu dari buku, jurnal, dan skripsi sebelumnya.
5. Tahap pengumpulan data, merupakan tahapan pengumpulan data yang diperoleh dalam penelitian ini.
6. Tahap analisa data, merupakan tahapan dalam mengubah data menjadi sebuah informasi.
7. Tahap pembahasan, menjelaskan hasil dari rumusan masalah.
8. Tahap kesimpulan dan saran, menarik kesimpulan dari hasil analisa data dan memberikan saran-saran yang menjadikan acuan pada penelitian selanjutnya.

Tahapan umum penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Diagram alir tahapan penelitian

3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian

3.2.1 Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan selama dua bulan yang dilaksanakan Desember 2021 – Januari 2022.

3.2.2 Lokasi Penelitian

Lokasi pengambilan material adsorben dilakukan pada dua tempat, yaitu:

- Lokasi pengambilan ampas kopi di warung kopi daerah Jeulingke dengan titik koordinat $5^{\circ}57'85.6''N$, $95^{\circ}34'34.2''E$.
- Lokasi pengambilan sekam padi pada Kilang Padi di Blang Bintang dengan titik koordinat $5^{\circ}59'24.0''N$, $95^{\circ}39'39.8''E$.

Lokasi penelitian dilakukan pada tiga tempat berdasarkan proses penelitian, yaitu:

- Proses pembuatan larutan standar Pb dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.

- Proses pembuatan arang aktif, uji efektifitas dan efisiensi arang aktif dilakukan di Laboratorium Kimia Lingkungan Universitas Serambi Mekah dan Laboratorium Teknik Lingkungan, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
- Proses analisis kadar timbal (Pb) dilakukan di Laboratorium Teknik Pengujian Kualitas Lingkungan Universitas Syiah Kuala.

3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Alat

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah *Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)*, erlenmeyer, ayakan 40 mesh, timbangan analitik, pH meter, *muffle furnace*, gelas beaker, kertas saring, labu ukur, batang pengaduk, jar test dan oven.

3.3.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu ampas kopi, sekam padi, aquadest, HCl 0,1 M, asam nitrat (HNO_3) dan serbuk $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$.

3.4 Prosedur Penelitian

Sebelum melalui proses adsorpsi, penelitian dilaksanakan dalam beberapa tahapan. Pertama tahap persiapan adalah proses pembuatan arang aktif dari ampas kopi dan sekam padi. Kedua adalah proses aktivasi kimia dan ketiga tahap pengujian produk adsorben.

3.4.1 Pembuatan Arang Aktif Ampas Kopi

Pembuatan arang aktif dilakukan dengan mencuci ampas kopi hingga bersih dan menjemurnya di bawah sinar matahari selama sehari (Rizki, 2015). Ampas kopi yang telah dikeringkan dibawah sinar matahari diambil sebanyak 1 kg dan dikeringkan kembali menggunakan oven selama 2 jam dalam temperatur $105\text{ }^\circ\text{C}$, ampas kopi dihaluskan kemudian disaring menggunakan ayakan dengan ukuran 40 mesh. Hasil ayakan ampas kopi selanjutnya di aktivasi secara kimia dengan perendaman dalam larutan pengaktif HCl 0,1M 1000 mL selama 2 hari. Selanjutnya ampas kopi disaring menggunakan kertas saring, ampas kopi yang telah halus

dicuci dengan aquadest untuk menghilangkan sisa larutan HCl 0,1M yang terkandung pada ampas kopi, dan ampas kopi dikeringkan dalam oven dengan temperatur 105 °C selama 2 jam (Suyata, 2010). Setelah diaktivasi, ampas kopi diarangkan di dalam *muffle furnace* 400°C selama 3 jam. Setelah proses pengarangkan selesai, dilakukan perhitungan rendemen, kadar abu, kadar air agar dapat dibandingkan dengan standar baku mutu arang aktif sesuai SNI No.06-3730-1995.

3.4.2 Pembuatan Arang Aktif Sekam Padi

Cuci bersih sekam padi dan keringkan di bawah sinar matahari. Sekam padi kering diambil 1 kg dikeringkan kembali menggunakan oven dengan temperatur 115 °C selama 2 jam, selanjutnya ditempatkan ke dalam *muffle furnace* pada temperatur 250 °C selama 1 jam untuk menghasilkan arang yang kering, sekam padi selanjutnya dihaluskan menggunakan lumpang porselen dan disaring menggunakan ayakan dengan ukuran 40 mesh. Selanjutnya diaktivasi secara kimia menggunakan larutan HCl 0,1M sebanyak 1000 mL selama 2 jam perendaman. Kemudian sekam padi disaring dan dicuci menggunakan aquadest, setelah menjadi karbon aktif kemudian diarangkan menggunakan oven dengan temperatur 115 °C selama 2 jam (Wardalia, 2017).

3.5 Analisis Karakteristik Arang Aktif

Karbon aktif dapat diidentifikasi berdasarkan sifat-sifatnya dengan mengukur hasil dari rendemen, kadar air, dan kadar abu untuk menentukan apakah karbon aktif terbentuk dengan benar setelah melalui beberapa proses. Pengujian kualitas arang aktif mengacu pada SNI No. 06-3730-1995 tentang standar mutu arang aktif yang ditunjukkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.2 Standar Baku Mutu Arang Aktif

Parameter	Standar Baku Mutu Arang Aktif (SNI No. 06-3730_1995)
Rendemen	-
Kadar Air	Maksimum 15%
Kadar Abu	Maksimum 10%

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

3.5.1 Rendemen

Rendemen arang aktif dihitung dengan membandingkan berat bahan baku dengan berat arang aktif setelah karbonisasi (Sari, 2019)

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{b}{a} \times 100\% \quad (3.1)$$

Dengan a adalah berat bahan baku yang dikarbonisasi (g) dan b adalah berat arang yang dihasilkan (g).

3.5.2 Kadar Air

2 gram arang aktif diletakkan ke dalam cawan porselin yang telah ditimbang terlebih dahulu dan diketahui bobotnya. Cawan porselin yang berisi arang aktif dimasukkan ke dalam oven pada suhu 105°C selama 3 jam, didinginkan dalam desikator kemudian ditimbang (Sari, 2019).

$$\text{Kadar Air} = \frac{w_2 - w_3}{w_2 - w_1} \times 100\% \quad (3.2)$$

Dengan w_1 adalah berat cawan kosong (g), w_2 adalah berat cawan kosong + sampel awal (g), dan w_3 adalah berat cawan kosong + sampel akhir (g).

3.5.3 Kadar Abu

Masukkan 2 gram arang aktif ke dalam cawan porselin yang telah ditimbang terlebih dahulu dan diketahui bobotnya. Cawan porselin yang berisi arang aktif ditempatkan ke dalam *muffle furnace* selama 3 jam pada suhu 600 °C selanjutnya didinginkan dalam desikator dan ditimbang (Sari, 2019).

$$\text{Kadar Abu} = \frac{a}{b} \times 100\% \quad (3.3)$$

Dengan a adalah berat abu (g) dan b adalah berat arang aktif kering di saat awal (g).

3.6 Pembuatan Larutan Timbal (Pb)

Larutan Pb dibuat dengan melarutkan 0,16 gram serbuk Pb (NO₃)₂ dalam gelas kimia 1000 ml, ditambahkan aquades sampai tanda batas dan dihomogenkan. Selanjutnya ditambahkan 10 ml asam nitrat (HNO₃) untuk membuat larutan Pb 100 ppm. Selanjutnya diambil 10 ml larutan Pb 100 ppm, dimasukkan ke dalam gelas kimia 100 ml dan ditambahkan aquades sampai tanda batas sehingga diperoleh larutan Pb 10 ppm (10 mg/L) (SNI 6989.8-2009).

3.7 Proses Adsorpsi

3.7.1 Proses Adsorpsi dengan Arang Aktif Ampas Kopi

Disiapkan 4 sampel logam Pb dengan konsentrasi 10 ppm dalam gelas beaker 1000 mL. Arang aktif ampas kopi dimasukkan ke dalam sampel logam Pb dengan variasi massa 0,5, 1, 1,5 dan 2 gram. Selanjutnya campuran diaduk menggunakan jar test dengan kecepatan pengadukan 90 rpm dan waktu pengadukan 30 menit. Setelah pengadukan, sampel didiamkan selama satu jam dan sampel kemudian diambil sebanyak 100 mL menggunakan pipet atau siphon sebagai contoh uji yang akan dianalisis menggunakan AAS untuk menentukan kadar Pb (SNI 19-6449-2000).

3.7.2 Proses Adsorpsi dengan Arang Aktif Sekam Padi

Disiapkan 4 sampel logam Pb dengan konsentrasi 10 ppm dalam gelas beaker 1000 mL. Arang aktif sekam padi dimasukkan ke dalam sampel logam Pb dengan variasi massa 0,5, 1, 1,5 dan 2 gram. Selanjutnya masing-masing sampel diaduk menggunakan jar test dengan kecepatan pengadukan 90 rpm dan waktu pengadukan 30 menit. Setelah pengadukan, sampel didiamkan selama satu jam dan sampel kemudian diambil sebanyak 100 mL menggunakan pipet atau siphon sebagai contoh uji yang akan dianalisis menggunakan AAS untuk menentukan kadar Pb (SNI 19-6449-2000).

3.7.3 Proses Adsorpsi dengan Kombinasi Arang Aktif Ampas Kopi dan Sekam Padi

Disiapkan 3 sampel logam Pb dengan konsentrasi 10 ppm dalam gelas beaker 1000 mL. Arang aktif ampas kopi dan sekam padi dimasukkan ke dalam sampel logam Pb dengan variasi 0,5gr:0,5gr, 1,5gr:1gr, dan 1gr:1,5gr. Selanjutnya masing-masing sampel diaduk menggunakan jar test dengan kecepatan pengadukan 90 rpm dan waktu pengadukan 30 menit. Setelah pengadukan, sampel didiamkan selama satu jam dan sampel kemudian diambil sebanyak 100 mL menggunakan pipet atau siphon sebagai contoh uji yang akan dianalisis menggunakan AAS untuk menentukan kadar Pb (SNI 19-6449-2000).

3.8 Analisis Laboratorium

3.8.1 Pengukuran derajat Keasaman (pH)

Pengukuran pH dilakukan dua kali, yaitu sebelum dan setelah penambahan adsorben pada larutan Pb. Prosedur pengukuran pH sesuai SNI 06-6989.11-2004, sebagai berikut:

- a) Dilakukan kalibrasi alat pH-meter dengan larutan penyangga sesuai instruksi kerja alat setiap melakukan pengukuran.
- b) Dikeringkan dengan kertas tisu dan dibilas elektroda dengan air suling.
- c) Dibilas elektroda dengan contoh uji.
- d) Dichelupkan elektroda ke dalam contoh uji sampai pH meter menunjukkan pembacaan yang tetap.
- e) Dicatat hasil pembacaan skala atau angka pada tampilan dari pH meter.

3.8.2 Pengukuran suhu

Pengukuran suhu dilakukan dua kali, yaitu sebelum dan setelah penambahan adsorben pada larutan Pb. Prosedur pengukuran suhu sesuai SNI 06-6989.23-2005, sebagai berikut:

- a) Termometer langsung dicelupkan ke dalam contoh uji dan biarkan 2 menit sampai dengan 5 menit sampai termometer menunjukkan nilai yang stabil
- b) Catat pembacaan skala termometer tanpa mengangkat lebih dahulu termometer dari air.

3.9 Analisis Data

3.9.1 Menentukan Efektivitas Adsorpsi

Efektivitas adsorpsi dihitung menggunakan rumus efektivitas penurunan yaitu:

$$E_f(\%) = \frac{Y_i - Y_f}{Y_i} \times 100 \quad (3.4)$$

Dengan E_f adalah efektivitas penurunan, Y_i adalah kandungan awal logam berat dan Y_f adalah kandungan akhir logam berat.

3.9.2 Menentukan Kapasitas Adsorpsi

Kapasitas Adsorpsi dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$Q_e = \frac{(C_i - C_e) \times V}{w} \quad (3.5)$$

Dengan Q_e adalah kapasitas adsorpsi (mg/g), C_i adalah konsentrasi awal (mg/l), C_e adalah konsentrasi akhir (mg/l), V adalah volume larutan yang digunakan (L) dan W adalah massa adsorben (g).



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini terdiri dari hasil analisa rendemen, kadar air, dan kadar abu, kemudian dilanjutkan dengan parameter pH, suhu dan kadar timbal sebelum dan sesudah perlakuan penambahan adsorben ampas kopi, sekam padi, dan kombinasi keduanya. Setelah mendapatkan data dari hasil pengujian kadar timbal sebelum dan sesudah perlakuan penambahan adsorben ampas kopi, sekam padi, dan kombinasi keduanya, maka dilakukan pengolahan data untuk mengetahui bagaimana kemampuan adsorben ampas kopi, sekam padi, dan kombinasi keduanya terhadap adsorpsi Pb dalam larutan. Untuk mengetahui kemampuan daya adsorpsi dan pengaruh adsorben ampas kopi, sekam padi, dan kombinasi keduanya dalam larutan dilakukan perhitungan yang meliputi efektivitas adsorpsi dengan persamaan efektivitas dan kapasitas adsorpsi.

4.1 Persiapan Adsorben

4.1.1 Persiapan Adsorben Ampas Kopi

Persiapan adsorben ampas kopi terdiri dari proses aktivasi dan pengujian rendemen, kadar air dan kadar abu. Proses aktivasi meliputi pencucian, pengeringan, penyaringan dan perendaman ampas kopi dengan larutan aktivator HCl 0,1 M. Langkah pertama adalah mencuci ampas kopi dengan air, hal ini untuk menghilangkan kotoran yang tersisa pada ampas kopi. Ampas kopi yang telah dicuci kemudian dijemur di bawah sinar matahari, selanjutnya ampas kopi yang telah kering diambil sebanyak 1 kg kemudian dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 105 °C untuk menghilangkan air yang masih tersisa. Tahap selanjutnya ampas kopi dihaluskan dan dilakukan penyaringan dengan ukuran 40 mesh untuk menyeragamkan ukuran adsorben yang akan digunakan. Menurut Setiyoningsih (2018) semakin kecil ukuran adsorben maka semakin luas permukaannya dan semakin luas permukaan adsorben maka semakin banyak pula zat yang dapat diadsorpsi.

Ampas kopi yang telah dihaluskan kemudian direndam menggunakan larutan HCl 0,1 M selama 2 hari, agar ampas kopi terendam secara sempurna dan permukaan pori menjadi terbuka. Setelah proses perendaman ampas kopi, selanjutnya tiriskan dan dicuci dengan aquades untuk menghilangkan sisa larutan HCl yang masih tersisa pada ampas kopi dan dilanjutkan dengan pengeringan selama 2 jam di dalam oven pada suhu 105 °C. Ampas kopi selanjutnya diarangkan di dalam *muffle furnace* dengan suhu 400 °C selama 3 jam. Setelah proses pengarangan selesai, selanjutnya dilakukan pengujian kualitas adsorben ampas kopi yang meliputi rendemen, kadar air dan kadar abu untuk melihat apakah telah sesuai dengan SNI No. 06-3730-1995 dan bisa digunakan sebagai adsorben. Hasil dari pengujian rendemen, kadar air dan kadar abu pada adsorben tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut ini.

Tabel 4.2 Hasil analisa karakteristik adsorben ampas kopi sesuai dengan SNI No. 06-3730-1995

Parameter	Hasil Analisa (%)	SNI No. 06-3730-1995
Rendemen	4,6	-
Kadar Air	5,5	Maksimum 15%
Kadar Abu	8,1	Maksimum 10%

Perhitungan rendemen dilakukan untuk mengetahui persentase dari jumlah arang aktif yang dihasilkan dari bahan awal ampas kopi setelah melalui proses aktivasi dan karbonisasi. Menurut Alimah (2011) suhu aktivasi, waktu aktivasi berpengaruh terhadap rendemen yang dihasilkan. Dari hasil analisa tersebut, didapatkan bahwa nilai rendemen 4,6%, menunjukkan bahwa rendemen cenderung menurun seiring dengan bertambahnya waktu aktivasi dan suhu aktivasi. Pemanasan dengan suhu yang tinggi dapat menurunkan hasil persentase rendemen karena zat volatil dalam bahan banyak hilang.

Hasil analisa kadar air pada adsorben ampas kopi tergolong rendah yakni 5,5%. Kadar air yang rendah tentunya akan meningkatkan kapasitas adsorpsi dari adsorben ampas kopi. Menurut Mu'jizah (2010), semakin rendah kadar air maka semakin banyak tempat dalam pori-pori yang dapat ditempati oleh adsorbat,

sehingga kapasitas adsorpsi semakin tinggi. Selanjutnya, untuk kadar abu pada adsorben ampas kopi terbilang tinggi yaitu 8,1%. Pengujian kadar abu pada adsorben dilakukan untuk mengetahui oksida logam dan mineral-mineral yang terdapat di dalam abu yang tidak terbuang saat pembakaran dan aktivasi (Telaumbanua, 2017). Dari hasil pengujian kadar air dan kadar abu yang dilakukan menandakan bahwa adsorben dari ampas kopi dapat digunakan sebagai adsorben dan telah sesuai dengan ketentuan SNI No. 06-3730-1995 tentang baku mutu arang aktif.

4.1.2 Persiapan Adsorben Sekam Padi

Persiapan adsorben sekam padi terdiri dari proses aktivasi dan pengujian rendemen, kadar air dan kadar abu. Proses aktivasi meliputi pencucian, pengeringan, penyaringan dan perendaman sekam padi dengan larutan aktivator HCl 0,1 M. Tahap pertama sekam padi dicuci menggunakan air, hal ini bertujuan untuk menghilangkan kotoran-kotoran yang masih menempel pada sekam padi. Setelah dicuci sekam padi kemudian dikeringkan dibawah sinar matahari, sekam padi yang telah kering diambil sebanyak 1 kg kemudian dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 115 °C untuk menghilangkan air yang masih tersisa, selanjutnya ditempatkan ke dalam *muffle furnace* pada temperatur 250 °C selama 1 jam untuk menghasilkan arang yang kering. Tahap selanjutnya sekam padi dihaluskan dan dilakukan penyaringan dengan ukuran 40 mesh untuk menyeragamkan ukuran adsorben yang akan digunakan. Shafirinia dkk (2016) Semakin kecil ukuran adsorben maka semakin luas permukaan kontak antara adsorben dengan ion logam berat, sehingga semakin banyak ion yang tersisihkan.

Sekam padi yang sudah halus, kemudian direndam menggunakan larutan HCl 0,1 M selama 2 jam, perendaman dilakukan agar permukaan pori adsorben menjadi terbuka. Setelah proses perendaman, sekam padi ditiriskan dan dicuci dengan aquades untuk menghilangkan sisa larutan HCl yang masih tersisa pada sekam padi. Sekam padi selanjutnya dikeringkan di dalam oven dengan suhu 115 °C selama 2 jam. Selesai proses pembuatan adsorben selesai, selanjutnya dilakukan pengujian kualitas adsorben ampas kopi yang meliputi randemen, kadar air dan kadar abu untuk melihat apakah telah sesuai dengan SNI No. 06-3730-1995 dan

bisa digunakan sebagai adsorben. Hasil dari pengujian rendemen, kadar air dan kadar abu pada adsorben tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.2 berikut ini.

Tabel 4.2 Hasil analisa karakteristik adsorben sekam padi sesuai dengan SNI No. 06-3730-1995

Parameter	Hasil Analisa (%)	SNI No. 06-3730-1995
Rendemen	32	-
Kadar Air	6,5	Maksimum 15%
Kadar Abu	7,1	Maksimum 10%

Hasil analisa didapatkan nilai rendemen 32%, faktor suhu aktivasi, waktu aktivasi sangat berpengaruh terhadap rendemen yang dihasilkan. Rendemen adsorben sekam padi lebih tinggi dibandingkan dengan adsorben ampas kopi 4,6%, menggunakan suhu 400 °C selama 3 jam. Peningkatan suhu aktivasi cenderung menurunkan rendemen arang aktif. Suhu aktivasi yang semakin meningkat menyebabkan reaksi dalam *furnace* semakin cepat dan mengakibatkan berkurangnya rendemen arang aktif. Semakin lama waktu aktivasi semakin banyak bagian arang yang terdegradasi. Menurut Pane dan Hamzah (2018) rendemen arang aktif tidak memiliki standar mutu menurut Standar Nasional Indonesia, sehingga rendemen arang aktif yang dihasilkan dapat dianggap sebagai nilai tambah suatu produk.

Berdasarkan hasil analisa, didapatkan kadar air pada adsorben sekam padi yakni 6,5%. Kadar air ini tentunya akan memberikan pengaruh terhadap kemampuan adsorpsi dari adsorben sekam padi. Menurut Legiso dkk (2019) penentuan kadar air dilakukan untuk mengetahui sifat higroskopis, kadar air akan mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya jumlah adsorben. Sekam padi memiliki kadar air yang lebih besar dibandingkan dengan ampas kopi, hal ini dikarenakan pengaruh suhu aktivasi dari adsorben ampas kopi yang lebih tinggi, semakin tinggi suhu aktivasi semakin rendah kadar air arang aktif.

Hasil analisa untuk kadar abu pada adsorben sekam padi yaitu 7,1%. Kadar abu mempengaruhi kualitas adsorben. Abu yang dihasilkan berupa oksida logam, terdiri dari mineral yang tidak dapat diuapkan selama pembakaran. Kadar abu yang

diinginkan adalah serendah mungkin, dikarenakan kandungan dalam kadar abu seperti kalium, kalsium, natrium dan magnesium dapat menyebar, menutupi situs aktif dan mengurangi daya serap adsorben (Legiso dkk, 2019). Dari hasil pengujian kadar air dan kadar abu yang dilakukan menandakan bahwa adsorben dari sekam padi dapat digunakan sebagai adsorben dan telah sesuai dengan ketentuan SNI No. 06-3730-1995 tentang baku mutu arang aktif.

4.2 Pengaruh Massa Adsorben Terhadap Parameter pH

Menurut Apriliani (2010) nilai pH merupakan salah satu parameter penting pada proses adsorpsi dan dapat memberikan pengaruh kesetimbangan kimia pada adsorbat maupun adsorbat. Pada pengujian pH ini, konsentrasi larutan, kecepatan pengadukan dan waktu pengadukan sama yaitu 10 ppm logam Pb dengan kecepatan 90 rpm dalam waktu 30 menit. Pada proses adsorpsi, pengecekan pH dilakukan untuk menghindari perubahan pH yang dikhawatirkan dapat mempengaruhi kemampuan penyerapan adsorben.

Tabel 4.3 Pengaruh massa adsorben terhadap parameter pH

Jenis Adsorben	Massa Adsorben (gr)	pH Awal	pH Akhir
Ampas Kopi	0,5	2	2,4
	1	2	2,7
	1,5	2	2,9
	2	2	3,5
Sekam Padi	0,5	2	2,5
	1	2	2,6
	1,5	2	2,8
	2	2	2,8
Kombinasi Ampas Kopi: Sekam Padi	0,5:0,5	2	2,4
	1:1,5	2	2,8
	1,5:1	2	2,7

Dari Tabel 4.3 terlihat bahwa dengan penambahan adsorben ampas kopi, sekam padi dan kombinasi adsorben dapat meningkatkan parameter pH dalam larutan Pb. Serbuk Timbal (II) Nitrat atau $Pb(NO_3)_2$ membentuk larutan sedikit asam. Nilai pH dari larutan timbal ($Pb(NO_3)_2$) yang diperoleh dalam penelitian ini yaitu 2, pH dengan nilai tersebut bersifat asam. pH menjadi faktor yang perlu diperhatikan karena menjadi salah satu faktor yang penting dalam proses adsorpsi. Penambahan massa adsorben menyebabkan kenaikan pH, kenaikan pH ini dikarenakan terjadinya ikatan kimia antara adsorben dengan adsorbat. Hal ini berhubungan dengan protonasi atau deprotonasi permukaan sisi aktif dari sorben. pH akan mempengaruhi muatan permukaan adsorben, dan derajat ionisasi yang dapat terserap dalam adsorpsi tersebut. Nilai pH juga dapat mempengaruhi kesetimbangan kimia, baik pada adsorbat maupun pada adsorben.

Peningkatan pH ini dipengaruhi oleh adanya reaksi pertukaran ion-ion logam dengan gugus fungsi yang terkandung dalam adsorben. Semakin banyak adsorben maka reaksi pertukaran ion-ion logam dengan gugus fungsi adsorben juga akan semakin banyak. Menurut Puspita (2011) logam timbal akan terlarut dalam air jika $pH < 5$, timbal mempunyai kelarutan tinggi pada kondisi air asam. Adsorpsi akan ditentukan oleh pH larutan karena pH larutan akan menentukan muatan adsorben. Penurunan pH sering menyebabkan desorpsi (Widwastuti dkk, 2019). Berdasarkan penelitian Siringo-Ringo (2019) tingkat keasamaan atau pH memiliki pengaruh yang besar terhadap tingkat proses adsorpsi, karena perubahan keasamaan dalam larutan menyebabkan perubahan muatan pada permukaan adsorben ataupun ion logam dalam larutan. Dalam keadaan asam, permukaan adsorben akan bermuatan positif, yang akan menyebabkan gaya tolak menolak antara permukaan adsorben dengan ion logam, sehingga adsorpsi menjadi lemah.

Sarah dkk (2016) menyatakan bahwa pH asam penyerapan ion logam timbal akan berkurang karena situs positif pada permukaan adsorbennya cenderung tinggi. Hal ini disebabkan pada kondisi asam, gugus fungsi yang terdapat pada adsorben terprotonasi, sehingga terjadi pengikatan ion hidrogen (H^+) dan ion hidronium (H_3O^+).

Menurut Apriliani (2010) molekul yang teradsorpsi secara kimia diduga memiliki sisi aktif atau gugus fungsi yang dapat berinteraksi dengan logam. Pada proses adsorpsi dengan pertukaran ion, adsorpsi dipengaruhi oleh jumlah proton dalam larutan dan bersaing dengan ion logam pada permukaan adsorben, sehingga mempengaruhi jumlah proton pada pH rendah atau asam, yaitu di bawah pH 5, dan jumlah proton (H^+) melimpah. Karena itu, kesempatan terjadinya pengikatan logam oleh adsorben relatif kecil (efisiensi penyerapannya menurun). Pada kondisi asam permukaan adsorben bermuatan positif, sehingga terjadi tolakan antara permukaan adsorben dengan ion logam, dan adsorpsi pun menjadi rendah (Nurhasni dkk, 2014).

Berdasarkan Tabel 4.3 menunjukkan bahwa setelah penambahan adsorben ampas kopi, sekam padi, dan kombinasi keduanya mengalami kenaikan pH dalam kategori asam, sehingga dapat dilihat bahwa keefektifan adsorben baik dalam meningkatkan nilai pH. Menurut Siringo-Ringo (2019) pH antara 1-3 merupakan pH yang optimum untuk menyisihkan logam. Jiang *et.al* (2012) menyatakan bahwa kation Pb diserap secara maksimal oleh adsorben pada pH asam (1-6). Penelitian ini menjelaskan bahwa ion asam Pb^{2+} bereaksi optimal pada kondisi lingkungan yang asam. Dari data tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa dari massa adsorben ampas kopi yang dapat meningkatkan pH hingga batas optimum adalah 2 gr dengan nilai pH 3,5. Massa adsorben sekam padi yang dapat meningkatkan pH hingga batas optimum adalah 1,5 gr dan 2 gr dengan nilai pH 2,8. Dan, untuk kombinasi ampas kopi dan sekam padi didapatkan massa adsorben yang dapat meningkatkan pH hingga batas optimum yaitu dengan perbandingan massa 1gr:1,5gr dengan nilai pH 2,8.

4.3 Pengujian Daya Serap Adsorben

4.3.1 Pengaruh Variasi Massa Adsorben

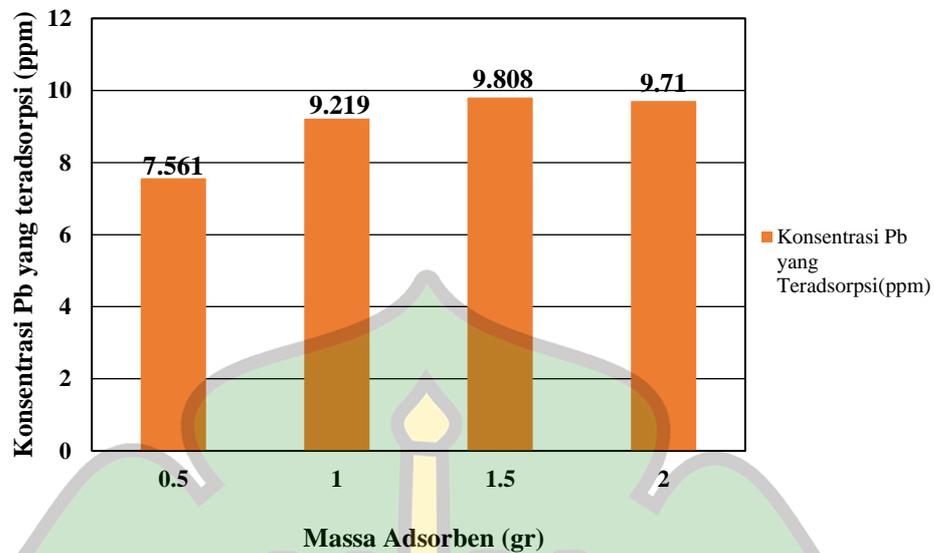
Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kadar ion logam timbal (Pb) yang mampu diserap oleh adsorben setelah dikontakkan dengan adsorben ampas kopi, sekam padi, dan kombinasi keduanya. Pengecekan timbal menggunakan alat AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*). Berikut ini merupakan hasil uji daya serap

adsorben ampas kopi, sekam padi, dan kombinasi keduanya terhadap ion logam timbal (Pb) dengan variasi massa, kecepatan pengadukan, dan waktu pengadukan yang disajikan pada Tabel 4.6:

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Pengaruh Adsorben dan Variasi Massa Adsorben Pada Adsorpsi Ion Logam (Pb)

Jenis Adsorben	Kecepatan Pengadukan: 90 rpm			
	Waktu Pengadukan: 30 Menit			
	Massa Adsorben (gr)	Konsentrasi Awal (ppm)	Konsentrasi Akhir (ppm)	Konsentrasi Pb yang Teradsorpsi (ppm)
Ampas Kopi	0,5	10	2,439	7,561
	1	10	0,781	9,219
	1,5	10	0,192	9,808
	2	10	0,290	9,71
Sekam Padi	0,5	10	0,755	9,245
	1	10	2,156	7,844
	1,5	10	0,906	9,094
	2	10	0,780	9,22
Kombinasi	0,5:0,5	10	0,535	9,465
Ampas Kopi:	1:1,5	10	0,215	9,785
Sekam Padi	1,5:1	10	0,326	9,674

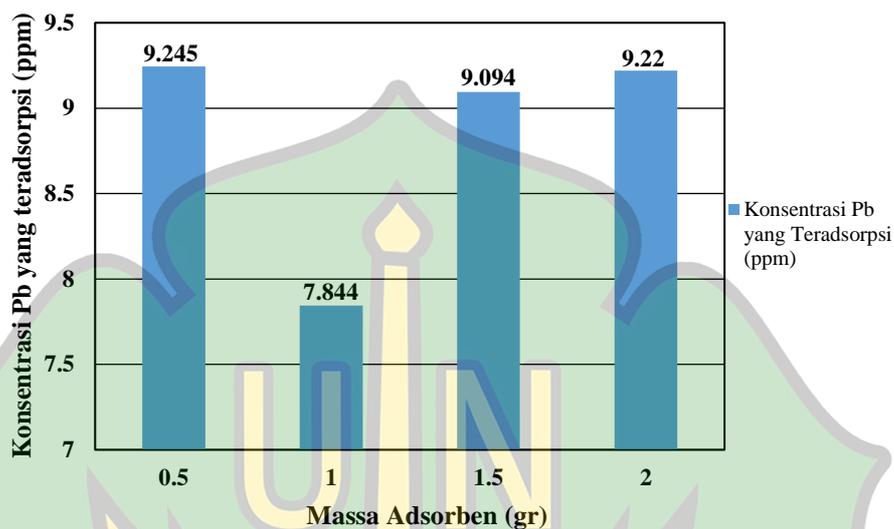
Dari Tabel 4.4 terlihat bahwa hasil kemampuan penyerapan adsorben terhadap ion logam timbal (Pb) mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya jumlah adsorben. Hal ini dikarenakan semakin tinggi jumlah adsorben maka semakin banyak pori-pori yang tersedia dan semakin banyak pula adsorpsi yang akan terjadi pada permukaan adsorben.



Gambar 4.1 Pengaruh Variasi Massa Adsorben Ampas Kopi Pada Adsorpsi Ion Logam (Pb)

Menurut Anjani dan Koestiari (2014) pengaruh massa adsorben menjadi parameter penting karena dapat menentukan kapasitas adsorben selama penambahan konsentrasi adsorbat. Adanya penambahan massa adsorben cenderung meningkatkan daya serap adsorbat. Berdasarkan Gambar 4.1 dalam penentuan massa optimum ditunjukkan adanya peningkatan dan penurunan konsentrasi Pb yang teradsorpsi dalam variasi massa. Pb yang teradsorpsi mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya massa adsorben ampas kopi dari 0,5 gr sampai massa 1,5 gr. Hal tersebut menunjukkan bahwa massa adsorben ampas kopi berpengaruh terhadap proses adsorpsi, karena semakin bertambahnya massa adsorben maka semakin meningkat Pb yang teradsorpsi dan konsentrasi Pb dalam larutan ikut menurun sehingga mencapai kesetimbangan. Pada massa adsorben ampas kopi 2 gr penyerapan mengalami penurunan dibandingkan dengan massa adsorben 1,5 gr, dikarenakan Pb yang teradsorpsi telah mendekati kesetimbangan karena jumlah molekul adsorbat yang berikatan dengan adsorben semakin sedikit. Hal tersebut disebabkan jumlah massa adsorben mempengaruhi proses adsorpsi dimana semakin bertambahnya massa menyebabkan adsorben telah mencapai titik jenuh jika permukaannya telah terisi oleh adsorbat. Sehingga pmasa adsorben ampas kopi 1,5

gr ditetapkan sebagai massa optimum dalam menurunkan konsentrasi Pb 10 ppm menjadi 0,192 ppm dan Pb yang teradsorpsi sebanyak 9,808 ppm dalam 1 liter larutan.

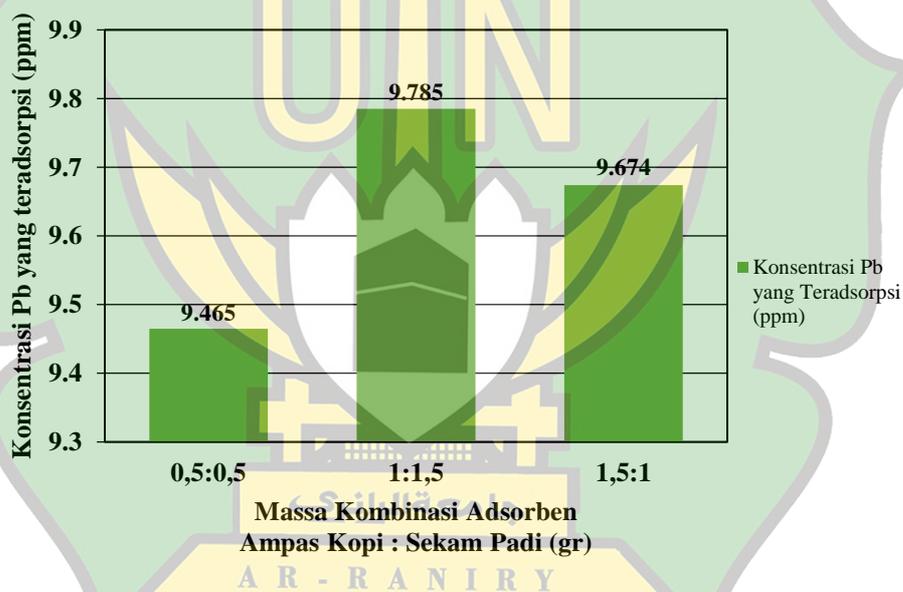


Gambar 4.2 Pengaruh Variasi Massa Adsorben Sekam Padi Pada Adsorpsi Ion Logam (Pb)

Berdasarkan Gambar 4.2 dapat disimpulkan penyerapan ion mengalami peningkatan dan penurunan, hal tersebut menunjukkan bahwa berat adsorben berpengaruh terhadap proses adsorpsi karena semakin bertambahnya berat adsorben maka Pb yang teradsorpsi terhadap ion logam juga semakin meningkat dan mencapai kesetimbangan. Dari data yang disajikan pada Gambar 4.2 terjadinya peningkatan adsorpsi logam pada massa adsorben sekam padi 0,5 gr. Menurut Nurafriyanti dkk (2017) semakin banyak adsorben yang digunakan maka semakin banyak gugus aktif yang tersedia sehingga pertukaran H^+ dengan ion logam, namun terjadi penurunan penyerapan oleh adsorben karena adsorben dan ion logam telah mencapai titik jenuh yang menyebabkan adsorben tidak mampu lagi menyerap ion logam.

Berdasarkan penelitian Ningsih dkk (2016) peningkatan adsorpsi terjadi dikarenakan bertambahnya jumlah adsorben yang berinteraksi dengan logam Pb. Terjadinya peningkatan adsorpsi karena kerapatan sel adsorben dalam larutan

sehingga menghasilkan interaksi yang cukup baik antara pusat aktif dinding sel adsorben dengan logam timbal. Namun, pada berat adsorben 1 gr sampai 2 gr serapannya relatif menurun. Penurunan massa Pb teradsorpsi disebabkan konsentrasi timbal (Pb) yang terserap pada permukaan sekam padi lebih besar dibandingkan konsentrasi Pb yang tersisa dalam larutan. Perbedaan konsentrasi menyebabkan ion Pb yang sudah terikat pada sekam padi akan lepas kembali ke dalam larutan. Berdasarkan hasil uji menunjukkan bahwa massa adsorben sekam padi 0,5 gr merupakan massa yang optimum dalam menurunkan konsentrasi Pb 10 ppm menjadi 0,755 ppm dan Pb yang teradsorpsi sebanyak 9,245 ppm dalam 1 liter larutan.

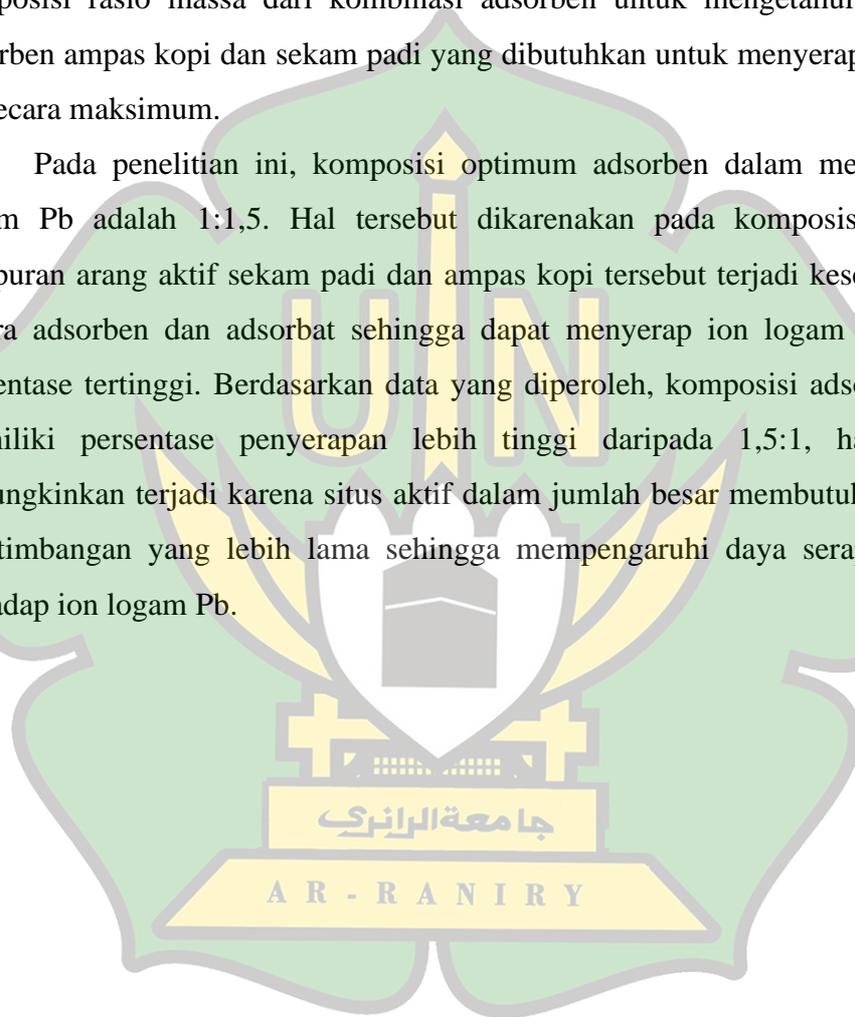


Gambar 4.3 Pengaruh Variasi Massa Kombinasi Adsorben Ampas Kopi dan Sekam Padi Pada Adsorpsi Ion Logam (Pb)

Gambar 4.3 dapat disimpulkan bahwa kombinasi adsorben mengalami peningkatan penyerapan pada rasio massa 0,5:0,5 dan massa kombinasi adsorben ampas kopi dan sekam padi 1:1,5 nilai konsentrasi akhir yaitu 0,535 ppm dan 0,215 ppm. Dan pada rasio massa kombinasi 1,5:1 mengalami penurunan penyerapan. Hal ini menunjukkan bahwa komposisi adsorben dengan jumlah adsorben sekam padi yang lebih banyak menghasilkan penyerapan ion logam Pb lebih tinggi daripada

komposisi dengan jumlah adsorben ampas kopi yang lebih banyak. Daya adsorpsi meningkat seiring bertambahnya massa adsorben sehingga jumlah sisi aktif pada permukaan adsorben makin bertambah. Namun, pada kondisi tertentu daya adsorpsi akan konstan atau bahkan dapat menurun dikarenakan adsorben telah mengalami kejenuhan akibat dari menurunnya jumlah sisi aktif (Nurlaili dkk, 2017). Penentuan komposisi rasio massa dari kombinasi adsorben untuk mengetahui komposisi adsorben ampas kopi dan sekam padi yang dibutuhkan untuk menyerap ion logam Pb secara maksimum.

Pada penelitian ini, komposisi optimum adsorben dalam menyerap ion logam Pb adalah 1:1,5. Hal tersebut dikarenakan pada komposisi adsorben campuran arang aktif sekam padi dan ampas kopi tersebut terjadi kesetimbangan antara adsorben dan adsorbat sehingga dapat menyerap ion logam Pb dengan persentase tertinggi. Berdasarkan data yang diperoleh, komposisi adsorben 1:1,5 memiliki persentase penyerapan lebih tinggi daripada 1,5:1, hal tersebut dimungkinkan terjadi karena situs aktif dalam jumlah besar membutuhkan waktu kesetimbangan yang lebih lama sehingga mempengaruhi daya serap adsorben terhadap ion logam Pb.



4.3.2 Efektivitas Penyerapan Adsorben Terhadap Ion Logam Timbal (Pb)

Tabel 4.5 Efektivitas Adsorpsi Logam Timbal (Pb)

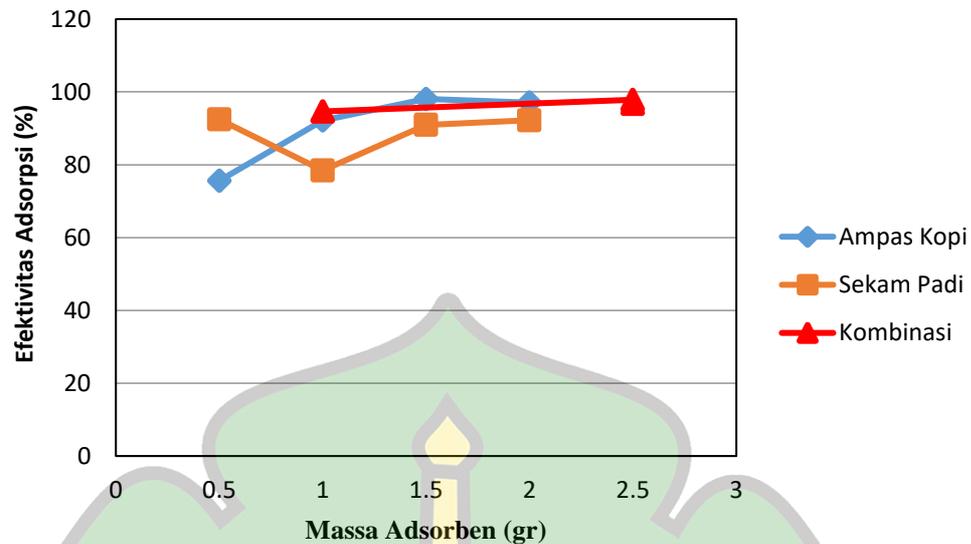
Jenis Adsorben	Massa Adsorben (gr)	Konsentrasi Awal (ppm)	Konsentrasi Akhir (ppm)	Efektivitas Adsorpsi (%)
Ampas Kopi	0,5	10	2,439	75,61
	1	10	0,781	92,19
	1,5	10	0,192	98,08
	2	10	0,290	97,1
Efektivitas Adsorpsi Rata-rata				90,75
Sekam Padi	0,5	10	0,755	92,45
	1	10	2,156	78,44
	1,5	10	0,906	90,94
	2	10	0,780	92,2
Efektivitas Adsorpsi Rata-rata				88,51
Kombinasi	0,5:0,5	10	0,535	94,65
Ampas Kopi	1:1,5	10	0,215	97,85
:Sekam Padi	1,5:1	10	0,326	96,74
Efektivitas Adsorpsi Rata-rata				96,41

Sebagai contoh, untuk perhitungan efektivitas penyerapan Pb dengan massa adsorben ampas kopi 0,5 gr, konsentrasi awal 10 ppm sebagai Y_i dan konsentrasi akhir 2,439 ppm sebagai Y_f , dihitung dengan persamaan berikut:

$$E_f(\%) = \frac{Y_i - Y_f}{Y_i} \times 100$$

$$E_f(\%) = \frac{10 - 2,439}{10} \times 100 = 75,61$$

Menurut Apriliani (2010) efektivitas adsorpsi menyatakan banyaknya konsentrasi ion logam yang diserap oleh adsorben dan nilainya ditentukan oleh perubahan dari ion logam setelah mengalami proses adsorpsi oleh adsorben. Semakin banyak adsorben yang digunakan, semakin banyak ion logam yang teradsorpsi. Pada saat peningkatan jumlah adsorben, maka akan terjadi penurunan kapasitas dan kenaikan efektivitas penyerapan.



Gambar 4.4 Efektivitas Adsorpsi Logam Timbal (Pb)

Berdasarkan Gambar 4.4 dapat dilihat efektivitas penyerapan maksimum berdasarkan jenis adsorben, untuk adsorben ampas kopi penyerapan maksimum terjadi pada berat adsorben 1,5 gr dengan tingkat efektivitas 98,08%, untuk adsorben sekam padi penyerapan maksimum terjadi pada berat adsorben 0,5 gr dengan tingkat efektivitas 92,45%, dan untuk adsorben kombinasi penyerapan maksimum terjadi pada rasio massa 1gr:1,5gr dengan tingkat efektivitas mencapai 97,85%. Dilihat dari gambar diatas seiring bertambahnya jumlah adsorben terjadinya penurunan nilai efektivitas, hal ini menunjukkan adanya batas kemampuan menyerap dan adsorben akan menjadi jenuh apabila semua pori-porinya telah terisi penuh dalam mengadsorpsi ion logam Pb. Berdasarkan Tabel 4.5 efektivitas adsorpsi rata-rata dari adsorben ampas kopi 90,75%, efektivitas adsorpsi rata-rata dari adsorben sekam padi 88,51% dan efektivitas adsorpsi rata-rata dari kombinasi adsorben ampas kopi dan sekam padi 96,41% dalam menurunkan konsentrasi timbal 10 ppm dalam 1 liter larutan.

Sesuai dengan pernyataan Ahayla (2005) bahwa massa adsorben akan mempengaruhi proses adsorpsi, dimana variasi berat yang tertinggi memiliki gangguan diantara ruang pengikatan karena penggumpalan adsorben yang mengakibatkan permukaan aktif dari adsorben tidak seluruhnya terbuka untuk

melakukan penyerapan, sehingga proses penyerapan yang terjadi tidak efektif dan penyisihan berkurang. Pada rasio massa kombinasi menunjukkan bahwa seiring bertambahnya massa adsorben maka nilai efektivitas penyerapan logam juga akan meningkat, hal ini karena ampas kopi dan sekam padi saling berinteraksi untuk meningkatkan kapasitas adsorpsi dan efektivitas penyerapan ion logam Pb.

4.3.3 Kapasitas Penyerapan Adsorben Terhadap Ion Logam Timbal (Pb)

Tabel 4.6 Kapasitas Adsorpsi Logam Timbal (Pb)

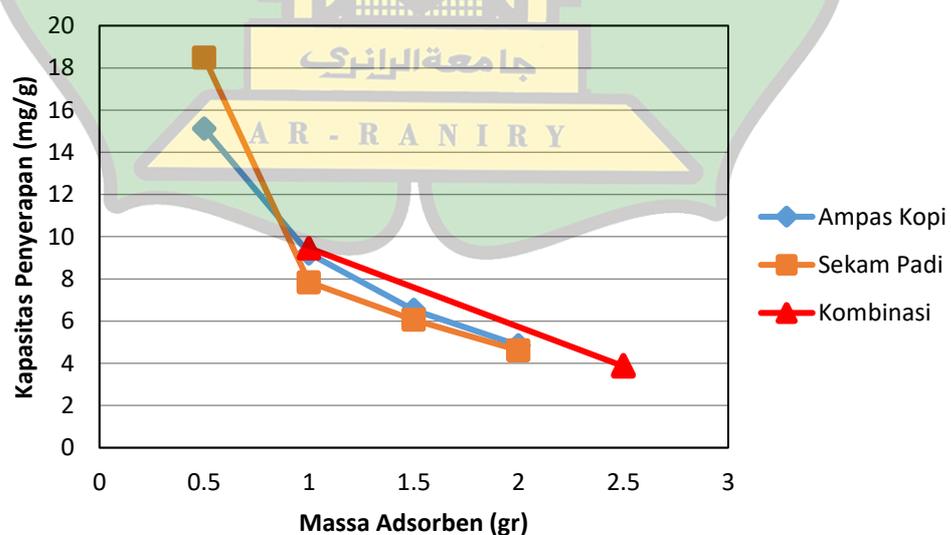
Jenis Adsorben	Massa Adsorben (gr)	Konsentrasi Awal (ppm)	Konsentrasi Akhir (ppm)	Kapasitas Adsorpsi (mg/g)
Ampas Kopi	0,5	10	2,439	15,12
	1	10	0,781	9,21
	1,5	10	0,192	6,53
	2	10	0,290	4,85
Kapasitas Adsorpsi Rata-rata				8,92
Sekam Padi	0,5	10	0,755	18,49
	1	10	2,156	7,84
	1,5	10	0,906	6,06
	2	10	0,780	4,61
Kapasitas Adsorpsi Rata-rata				9,25
Kombinasi	0,5:0,5	10	0,535	9,46
Ampas Kopi:	1:1,5	10	0,215	3,91
Sekam Padi	1,5:1	10	0,326	3,86
Kapasitas Adsorpsi Rata-rata				5,74

Sebagai contoh, untuk perhitungan kapasitas penyerapan Pb dengan massa adsorben ampas kopi 0,5 gr dalam volume larutan 1 liter sebagai v , konsentrasi awal 10 ppm sebagai C_i dan konsentrasi akhir 2,439 ppm sebagai C_e , dihitung dengan persamaan berikut:

$$Q_e = \frac{(C_i - C_e) \times V}{w}$$

$$Q_e = \frac{(10 - 2,439) \times 1}{0,5} = 15,12 \text{ mg/g}$$

Berdasarkan Tabel 4.6 dapat dilihat bahwa nilai kapasitas adsorpsi tidak sejalan dengan nilai efektivitas adsorpsi. Saat kondisi massa adsorben yang berbeda tetapi dengan konsentrasi yang sama, peningkatan berat adsorben menyebabkan penurunan kapasitas adsorpsi akan tetapi efektivitas adsorpsi memiliki nilai yang tinggi. Menurut Apriliani (2010) kapasitas adsorpsi menunjukkan banyaknya adsorbat yang diserap per massa adsorben, sehingga besarnya massa adsorben mempengaruhi tingginya tingkat kapasitas penyerapan. Jika massa adsorben ditingkatkan, terjadi peningkatan sisi aktif yang akan meningkatkan penyerapan adsorben. Efektivitas adsorpsi menyatakan banyaknya konsentrasi ion logam yang diserap oleh adsorben dan nilainya ditentukan oleh perubahan dari ion logam setelah mengalami proses adsorpsi oleh adsorben. Semakin banyak adsorben yang digunakan, semakin banyak ion logam yang teradsorpsi. Pada saat peningkatan jumlah adsorben, maka akan terjadi penurunan kapasitas dan kenaikan efektivitas penyerapan (Apriliani, 2010). Berdasarkan Tabel 4.6 didapatkan kapasitas adsorpsi rata-rata untuk masing-masing adsorben sebagai berikut, adsorben ampas kopi memiliki kapasitas adsorpsi rata-rata 8,92 mg/g, adsorben sekam padi memiliki kapasitas adsorpsi rata-rata sebanyak 9,25 mg/g, dan kombinasi adsorben ampas kopi dan sekam padi memiliki kapasitas adsorpsi rata-rata 5,74 mg/g dalam 1 liter larutan dengan konsentrasi 10 ppm.



Gambar 4.5 Kapasitas Adsorpsi Logam Timbal (Pb)

Berdasarkan Gambar 4.5 menunjukkan besarnya kapasitas penyerapan ion logam timbal (Pb) yang terjadi pada masing-masing variasi massa adsorben. Berdasarkan jenis adsorben, pada adsorben ampas kopi dalam volume larutan 1 liter kapasitas penyerapan yang terendah terjadi pada massa adsorben 2 gr sebesar 4,85 mg/g, dan kapasitas penyerapan yang tertinggi pada massa adsorben 0,5 gr sebesar 15,12 mg/g, hal ini memperlihatkan bahwa pada setiap gram adsorben dapat menyerap 15,12 mg logam Pb. Pada adsorben sekam padi kapasitas penyerapan yang terendah pada massa adsorben 2 gr sebesar 4,61 mg/g, dan kapasitas penyerapan yang tertinggi pada massa adsorben 0,5 gr sebesar 18,49 mg/g, hal ini memperlihatkan bahwa pada setiap gram adsorben dapat menyerap 18,49 mg logam Pb. Dengan massa adsorben 0,5 gr kapasitas penyerapan yang terjadi sangat efektif dan penyisihan juga tinggi. Sedangkan untuk jenis adsorben yang dikombinasi, kapasitas penyerapan yang terendah pada rasio massa adsorben 1,5gr:1gr sebesar 3,86 mg/g, dan kapasitas penyerapan yang tertinggi pada rasio massa adsorben 0,5gr:0,5gr sebesar 9,46 mg/g, hal ini memperlihatkan bahwa pada setiap gram adsorben dapat menyerap 9,46 mg logam Pb.

Nurhasni (2012) menyatakan bahwa meningkatnya jumlah massa adsorben maka akan menambah jumlah partikel dan luas permukaan akan semakin besar, sehingga meningkatkan nilai efektivitas penyerapan. Namun, bertambahnya nilai efektivitas penyerapan menyebabkan penurunan kapasitas adsorpsi. Kapasitas adsorpsi akan menyebabkan desorpsi. Berdasarkan Gambar 4.4, dan 4.5 dapat dilihat perbedaan berat adsorben optimal dari jenis adsorben menunjukkan besarnya nilai efektivitas dan kapasitas penyerapan yang dihasilkan. Jika disimpulkan secara keseluruhan maka didapatkan jenis adsorben dengan berat optimal adalah adsorben ampas kopi dengan efektivitas penyerapan tertinggi pada massa 1,5 gr sebesar 98,08% dengan waktu pengadukan 30 menit dengan kecepatan pengadukan 90 rpm yang mampu menyisihkan hingga 0,192 ppm dari konsentrasi awal larutan logam 10 ppm.

Hasil analisa data pada Tabel 4.8 disimpulkan bahwa semakin banyak massa adsorben yang digunakan maka kapasitas adsorpsi (penyerapan) semakin menurun. Semakin bertambah massa adsorben yang digunakan, dapat

menyebabkan permukaan adsorben jenuh karena terjadi penggumpalan adsorben sehingga permukaan adsorben tidak terbuka seluruh dan kapasitas penyerapannya menurun. Diperkuat oleh Barros *et.al* (2003) yang menyatakan pada saat penambahan massa adsorben, maka terjadi peningkatan efektivitas adsorpsi dan mengalami penurunan kapasitas adsorpsi. Semakin tinggi kapasitas adsorpsi dari adsorben menunjukkan bahwa adsorben kurang efektif dalam menurunkan konsentrasi Pb dalam larutan, atau massa adsorben yang sedikit menyebabkan adsorben harus mengadsorpsi polutan sampai pada puncak kemampuannya, sehingga masih menyisakan polutan di dalam sampel yang membuat proses penyerapan tidak efektif dan berkurangnya kapasitas penyerapan.

Penggunaan massa adsorben memiliki pengaruh terhadap kapasitas adsorpsi. Kapasitas adsorpsi akan menurun seiring dengan bertambahnya massa adsorben. Penurunan kapasitas adsorpsi dikarenakan adanya sisi aktif adsorben yang belum berikatan dengan adsorbat. Menurut Reyra dkk (2017) ukuran partikel adsorben juga mempengaruhi kapasitas adsorpsi. Hal ini menyangkut dengan luas permukaan adsorben yang tersedia untuk menyerap adsorbat pada larutan. Diperkuat oleh Sukir (2008) yang menyatakan bahwa semakin tinggi ukuran mesh adsorben, kapasitas adsorpsi akan semakin besar, semakin tinggi ukuran mesh maka akan semakin halus ukuran partikel adsorben sehingga luas permukaan adsorben semakin besar, dengan demikian akan semakin banyak jumlah bagian aktif yang tersedia menyebabkan semakin banyak partikel adsorbat yang dapat diserap.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang diperoleh, maka kesimpulan pada penelitian ini adalah:

1. Penggunaan adsorben ampas kopi dapat menghasilkan efektivitas penurunan logam timbal tertinggi pada massa adsorben 1,5 gr, adsorben sekam padi terhadap adsorpsi Pb dalam larutan berada pada massa adsorben 0,5 gr yang memiliki efektivitas penyerapan paling tinggi, sedangkan untuk kombinasi adsorben ampas kopi dan sekam padi pada massa adsorben 1 gr:1,5 gr memiliki efektivitas adsorpsi paling tinggi.
2. Variasi rasio massa kombinasi adsorben ampas kopi dan sekam padi yang paling efektif untuk menurunkan kadar Pb yaitu pada perbandingan massa 1 gr:1,5 gr dengan efektivitas 97,85% dan kapasitas penyerapan 3,91 mg/g.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, adapun saran untuk penelitian lebih lanjut adalah:

1. Bagi peneliti selanjutnya diharapkan melakukan penelitian lebih lanjut mengenai pemanfaatan kombinasi adsorben ampas kopi dan sekam padi untuk adsorpsi logam berat lainnya.
2. Perlu dilakukan penelitian menggunakan aktivator lainnya, misalnya: NaOH, HNO₃, H₂SO₄, dan lainnya.
3. Bagi peneliti selanjutnya mengenai pemanfaatan kombinasi adsorben ampas kopi dan sekam padi dapat dilakukan dengan menambahkan variabel bebas seperti variasi massa, variasi waktu pengadukan, variasi kecepatan pengadukan dan variasi konsentrasi larutan.
4. Bagi peneliti selanjutnya mengenai efektivitas adsorpsi dari adsorben dilakukan dengan membandingkan ukuran mesh yang digunakan untuk menyamakan ukuran partikel adsorben.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdi, C., R. M. Khair dan M. W. Saputra. 2015. Pemanfaatan limbah kulit pisang kepok (*Musa acuminata* L.) sebagai karbon aktif untuk pengolahan air sumur kota Banjarbaru: Fe dan Mn. *Jukung Jurnal Teknik Lingkungan*, 1(1), 8-15.
- Adeko, R., dan Mualim (2020). Kombinasi Limbah Sekam Padi dan Limbah Kulit Kapuk Sebagai Adsorben Dalam Menurunkan Kadar Besi (Fe) Di Sumur Gali Warga Rawa Makmur Kota Bengkulu. *Journal of Nursing and Public Health*, 8(1), 97-103.
- Adhani, R., dan Husaini (2017). *Logam Berat Sekitar Manusia*. Banjarmasin. Lambung Mangkurat University Press.
- Agusti, A. N. (2019). *Analisis Logam Timbal dan Tembaga Terhadap Daya Serap Rumput Laut *Gracilaria* sp. Sebagai Biosorben*. Skripsi. Banda Aceh. Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.
- Ahayla. (2005). Biosorption Of Chromium (Cr) From Aqueous Solution By The Husk Of Bengal Gram (*Cicer Arrentinum*). *Electronic Journal Of Biotechnology*, 8(3).
- Anjani, P. R., dan Koestiari, T. (2014) Penentuan Massa dan Waku Kontak Optimum Adsorpsi Karbon Granular Sebagai Adsorben Logam Berat Pb (II) Dengan Pesaing Ion Na^+ . *UNESA Journal Of Chemistry*, 3(3), 159-163.
- Alimah, D. (2011). Sifat dan Mutu Arang Aktif Dari Tempurung Biji Mete (*Anacardium occidentale* L). *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 35(2), 123-133.
- Anggriani, E. J., Wirawan, T., dan Alimuddin. (2020). Pemanfaatan Ampas Kopi Sebagai Arang Aktif Untuk Adsorben Rhodamin B. *Jurnal Kimia Mulawarman*, 18(1), 22-29.
- Apriliani, A. (2010). *Pemanfaatan Arang Ampas Tebu Sebagai Adsorben Ion Logam Cd, Cr, Cu, dan Pb Dalam Air Limbah*. Skripsi. Jakarta. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.

- Arif, A. R. (2014). *Adsorpsi Karbon Aktif Dari Tempurung Kluwak (Pangium edule) Terhadap Penurunan Fenol*. Skripsi. Makassar. Universitas Islam Negeri Alauddin.
- Astari, M. A., dan Utami, B. (2018). Uji Daya Adsorpsi Adsorben Kombinasi Sekam Padi dan Bagasse Fly Ash Untuk Menjerap Logam Cu Pada Sistem Batch. *Jurnal Proceeding Biology Education Convergence*, 15(1), 766-774.
- Astuti, W. (2018). *Adsorpsi Menggunakan Material Berbasis Lignoselulosa*. Semarang. Unnes Press.
- Ayu. (2016). *Adsorpsi Logam Timbal (Pb) Dengan Menggunakan Kitin Dari Limbah Kulit Udang Putih*. Skripsi. Makassar. Universitas Islam Negeri Alauddin.
- Barros, J. L., Macedo, G. R., Duarte, M.M., Silvia, E. P., & Lobato. (2003). Biosorption Cadmium Using The Fungus *aspergillus niger*. *Brazilian Journal Of Chemical Engineering*, 20(3), 1-17.
- Baryatik, P., Moelyaningrum, A.D., Asihta, U., dan Nurcahyaningih, W. (2019). Pemanfaatan Arang Aktif Ampas Kopi sebagai Adsorben Kadmium pada Air Sumur. *Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 02(1), 11–19.
- Cahyaningrum, P. U. (2016). *Daya Adsorpsi Adsorben Kulit Salak Termodifikasi Terhadap Ion Tembaga (II)*. Skripsi. Yogyakarta. Universitas Negeri Yogyakarta.
- Elvida, D. (2021). *Uji Efektivitas Nanopartikel Karbon Aktif Dari Kulit Pisang Kepok (Musa acuminata) Untuk Pengelolaan Air Bersih*. Skripsi. Banda Aceh. Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.
- Fasya, A. Z., & Fadila, N. (2017). *Pemanfaatan Arang Aktif Sekam Padi Sebagai Adsorben Guna Mengurangi Limbah Cr*. Tugas Akhir. Surabaya. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Fauzi, A. (2020). Penurunan Kadar Amonia Dengan Menggunakan Arang Aktif Ampas Kopi. *Journal of Chemical Engineering*, 1(2), 22-26.
- Fernianti, D. (2013). Analisis Kemampuan Adsorpsi Karbon Aktif Dari Ampas Kopi Bubuk Yang Sudah Diseduh. *Jurnal Berkata Teknik*, 3(2), 563-572.

- Govint, A. M. (2017). *Efektivitas Sekam Padi Dan Kulit Pisang Kepok Sebagai Karbon Aktif Dalam Menurunkan Kadar Besi (Fe) Pada Air Sumur Gali Di Desa Paya Lombang Kecamatan Tebing Tinggi Kabupaten Serdang Bedagai Tahun 2017*. Skripsi. Medan. Universitas Sumatera Utara.
- Gusnita, D. (2012). Pencemaran Logam Berat Timbal (Pb) di Udara dan Upaya Penghapusan Bensi Bertimbal. *Jurnal Peneliti Bidang Komposisi Atmosfer*. 13(3): 95-101.
- Haqiqi, E. R. (2018). *Analisis FTIR (Fourier Transform Infra Red) Adsorben Zat Warna Dari Limbah Cangkang Telur Ayam Dikombinasi Biomassa Sekam Padi*. Pros Semin Nas Kim, 17-25.
- Hartini, L. (2014). *Karakterisasi Karbon Aktif Teraktivasi NaCl Dari Ampas Tahu*. Skripsi. Malang. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Haura, U., Razi, F., dan Meilina, H. (2017). Karakteristik Adsorben Dari Kulit Manggis Dan Kinerjanya Pada Adsorpsi Logam Pb (II) Dan Cr (VI). *BIOPORSAL INDUSTRI*, 8(1), 47-54.
- Herlandien, Y. L. (2013). *Pemanfaatan Arang Aktif sebagai Adsorban Logam Berat dalam Air Lindi di TPA Pakusari Jember*. Skripsi. Jember. Universitas Jember.
- Ifa, L., Pakala, F. R., Burhan, R. W., Jaya, F., dan Majid, R. A. (2020). Coconut Fiber Utilization As A Heavy Metal Bio adsorbent Pb (II) On Industrial Waste Water. *Journal Of Chemical Process Engineering*, 5(1), 54-60.
- Ilmi, M., M. (2018). *Studi Adsorpsi Zat Warna Auramin Menggunakan ZSM-5 Yang Disintesis Dari Kaolin Bangka Tanpa Templat Organik*. Skripsi. Surabaya. Institut Teknologi Sepuluh November.
- Ismiyati, M. (2020). *Pemanfaatan Sabut Kelapa dan Tempurung Kelapa Sebagai Bioadsorben Untuk Penurunan Kadar Besi (Fe) Dengan Sistem Batch*. Skripsi. Surabaya. Universitas Islam Negeri Sunan Ampel.
- Jannah, R., Daud, S., dan Edward. (2019). Pengaruh Waktu dan Massa Terhadap Penyerapan Logam Fe Dalam Air Gambut Menggunakan Adsorben Sekam Padi. *Jom FTEKNIK*, 6(1), 1-5.

- Jiang, H., Tinggiang, L., Xuan, H., Xiaoe, Y., & Zhenli, H. (2012). Effects Of pH And Low Molecular Weight Organic Acids On Competitive Adsorption And Desorption Of Cadmium And Lead In Paddy Soils. *Environ Monit Asses* 184.6325-6335. Springer.
- Legiso., Juniar, H., dan Sari, M. U. (2019). *Perbandingan Efektivitas Karbon Aktif Sekam Padi dan Kulit Pisang Sebagai Adsorben Pada Pengolahan Air Sungai Enim*. Seminar Nasional Sains dan Teknologi.
- Lestari, W. F. (2015). *Analisi Kadar Logam Merkuri (Hg) Dan Timbal (Pb) Pada Teripang terung (Phyllophorus Sp.) Asal Pantai Kenjeran Surabaya Secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)*. Skripsi. Malang. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Lubis, S. dan R. Nasution. (2002). Pemanfaatan Limbah Bubuk Kopi sebagai Adsorben pada Penurunan Kadar Besi (Fe anorganik) dalam Air Minum. *Jurnal Natural*, 2(2) 12-16. <http://elib.pdii.lipi.go.id/katalog/index.php/searchkatalog/byId/40005> Diakses pada 13 Mei 2016.
- Mu'jizah, S. (2010). *Pembuatan dan Karakterisasi Karbon Aktif Dari Biji Kelor (Moringa oleifera Lamk) Dengan NaCl Sebagai Bahan Pengaktif*. Skripsi. Malang. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Ningsih, A. D., Said, I., dan Ningsih, P. (2016) Adsorpsi Logam Timbal (Pb) Dari Larutannya Dengan Menggunakan Adsorben Dari Tongkol Jagung. *Jurnal Akademik Kimia*, 5(2), 55-60.
- Nurafriyanti., Nopi, S. P., dan Isna, S. (2017). Pengaruh Variasi pH dan Berat Adsorben Dalam Pengurangan Konsentrasi Cr Total Pada Limbah Artifisial Menggunakan Adsorben Ampas Daun Teh. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 3(1),56-65.
- Nurhasni., Hendrawati., dan Saniyyah, N. (2014). Sekam Padi Untuk Menyerap Ion Logam Tembaga dan Timbal Dalam Air Limbah. *Jurnal Valensi*, 4(1), 130-138.

- Nurhasni., Mar'af, R., Hendrawati. (2018). Pemanfaatan Kulit Kacang Tanah (*Arachis hipogaea* L.) sebagai Adsorben Zat Warna Metilen Biru. *Jurnal Kimia VALENSI*, 4(2), 156-167.
- Nurhidayanti, N., Ilyas, N, I., dan Suwazan, D. (2021). Efektivitas Kombinasi Kitosan dan Ampas Kopi sebagai Adsorben Alami dalam Menurunkan Konsentrasi Arsen Pada Limbah Cair PT PXI. *Jurnal Teknik Intensif*, 15(2), 76-87.
- Nurlaili, T., Kurniasari, L., dan Ratnani, D. R. (2017). Pemanfaatan Limbah Cangkang Telur Ayam Sebagai Adsorben Zat Warna Methyl Orange Dalam Larutan. *Jurnal Inovasi Teknik Kimia*, 2(2), 11-14.
- Nurohmah, L., Wulandari, P. A., dan Fathoni, R. (2019). Adsorption Ability Of Cu And Pb Heavy Metal Using Corn Skin Adsorben (*Zea Mays*). *Jurnal Chemugry*, 03(2), 18-22.
- Oktasari. (2017). *Adsorpsi Ion Logam Fe Dalam Limbah Air Asam Tambang Sintetis Menggunakan Metode Batch*. Skripsi. Palembang. Universitas Muhammadiyah.
- Pabhrasso, D. (2008). *Pengembangan Model Adsorpsi Tekanan Tinggi Terhadap Gas Metana Untuk Memprediksi Potensi Coaled Methane Indonesia Sebagai Sumber Energi Baru*. Skripsi. Depok. Universitas Indonesia.
- Pane, C. G., dan Hamzah, F. (2018) Pemanfaatan Buah Pada Pembuatan Arang Aktif Dengan Metode Aktivasi Fisika-Kimia Menggunakan Asam Fosfat. *Jurnal JOM FAPERTA*, 5(2), 1-8.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.
- Pratama, A. B. (2017). Penggunaan Ampas Kopi Sebagai Bahan Penyerap Logam Nikel (Ni) dan Tembaga (Cu) Dari Air Limbah Pelapisan Logam. *Laporan Hasil Penelitian*. Palembang. Universitas Muhammadiyah.
- Pratiwi, D. Y. (2020). Dampak Pencemaran Logam Berat (Timbal, Tembaga, Merkuri, Kadmium, Krom) Terhadap Organisme Perairan dan Kesehatan Manusia. *Jurnal Akuatik*, 1(1), 59-65.

- Purba, A. S. (2018). *Pengaruh Waktu Kontak Dan Kecepatan Pengadukan Pada Proses Penurunan Kadar Dan Campuran Logam Pb dan Cu Menggunakan Karbon Aktif Dari Batang Pisang Kepok (Musa paradisiaca forma typical)*. Skripsi. Medan. Universitas Sumatera Utara.
- Purnamasari, R. N. A., Mubarak, A. S., dan Mulyono. (2021). Analisis Kadar Logam Berat Kadmium (Cd) Dengan Metode *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS) Pada Produk Rajungan Kaleng di Balai Pengujian Mutu Hasil Perikanan (BPMHP) Semarang, Jawa Tengah. *Journal Of Marine and Coastal Science*, 10(2), 93-98.
- Puspita, A. D. (2011). *Evaluasi Kandungan Logam Berat Pb dan Cd Dalam Tanaman Kangkung (Ipomoea aquatica) Di Sekitar Sungai Bengawan Solo Di Kawasan Industri-Karanganyar*. Skripsi. Surakarta. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Putranto, A. (2009). *Pembuatan Karbon Aktif Dari Sekam Padi Dengan Aktivasi Kimia*. Laporan Penelitian. Bandung. Universitas Katolik Parahyangan.
- Rahmawati, A. (2020). *Adsorpsi Logam Timbal (Pb) Menggunakan Adsorben Eceng Gondok (Eichornia Crassipes) Termodifikasi Asam Sitrat*. Skripsi. Malang. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Rahmi, R., dan Sajidah. (2017). Pemanfaatan Adsorben Alami (Biosorben) Untuk Mengurangi Kadar Timbal (Pb) Dalam Limbah Cair. *Prosiding Seminar Nasional Biotik*. 271-279.
- Ramadhan, M. (2019). *Optimasi Campuran Biosorben Kulit Kakao, Ampas Kopi, dan Cangkang Telur Terhadap Penurunan Total Krom dan Sulfida Limbah Cair Penyamakan Kulit*. Skripsi. Malang. Universitas Brawijaya.
- Reyra, S. A., Daud, S., dan Yenti, R. S. (2017). Pengaruh Massa dan Ukuran Partikel Adsorben Daun Nanas Terhadap Efisiensi Penyisihan Fe Pada Air Gambut. *Jurnal Jom FTEKNIK*, 4(2), 1-9.
- Rizkiana, L., Karina, S., dan Nurfadillah. (2017). Analisis Timbal (Pb) Pada Sedimen dan Air Laut di Kawasan Pelabuhan Nelayan Gampong Deah Glumpang Kota Banda Aceh. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan dan Perikanan Unsyiah*, 2(1), 90-96.

- Rohmah, P. M., dan Redjeki, A. S. (2014). Pengaruh Waktu Karbonisasi Pada Pembuatan Karbon Aktif Berbahan Baku Sekam Padi Dengan Aktivator KOH. *Jurnal KONVERSI*, 3(1), 19-27.
- Rohman Abdul. (2017). *Kimia Farmasi Analisis*. Yogyakarta. Pustaka Belajar.
- Roni, K. A., Kurniati, E., Legiso., dan Susanto, T. (2020). Pemanfaatan Karbon Aktif Dari Limbah Sekam Padi Dan Bonggol Jagung Untuk Mengurangi Kadar Pencemar Pada Sungai Sekanak. *Jurnal Riset Teknologi Industri*, 14(2), 200-208.
- Safitri, O., Alrasyid, H., dan Udyani, K., (2020). Pembuatan Silika Termodifikasi Dari Sekam Padi Sebagai Adsorben Logam Berat Pada Limbah Cair. *Jurnal Envirotek*, 12(2), 19-24.
- Saputra, M. R., Andrio, D., dan Darmayanti, L. (2020). Karakteristik Dan Analisis Pengolahan Greywater Menggunakan Karbon Aktif. *Jom FTEKNIK*, 7(1), 1-5.
- Saragih, F. T. (2019). *Kajian Kemampuan Adsorpsi Logam Berat Kadmium (Cd^{2+}) Dengan Menggunakan Adsorben Dari Pasir Putih*. Skripsi. Medan. Universitas Sumatera Utara.
- Sarah, F., Ibnu, K., dan Muhammad, N. (2016). Uji Daya Serap Serbuk Gergaji Kayu Merbau (*Intsia sp*) Terhadap Logam Timbal (II). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pendidikan Kimia (JIMK)*, 1(4), 105-114.
- Sari, F. P. (2019). *Pemanfaatan Dan Karakterisasi Kitosan-Karbon Aktif Dari Ampas Kopi Sebagai Adsorben Untuk Menurunkan Kadar Logam Kadmium dan Nikel*. Tesis. Medan. Universitas Sumatera Utara.
- Sari, N. K. (2010). *Analisa Instrumentasi*. Klaten : Yayasan Humaniora.
- Sayyidatul, U. (2010). Kajian penambahan abu sekam padi dari berbagai suhu pengabuan terhadap plastisin kaolin. *Alchemy*, 1(2), 53-103.
- Setiawan, H. (2013). Akumulasi Dan Distribusi Logam Berat Pada Vegetasi Mangrove Di Perairan Pesisir Sulawesi Selatan. *Jurnal Ilmu Kehutanan*. 7(1), 12-24.

- Setiyonongsih, L. A. (2018). *Pembuatan Dan Karakterisasi Arang Aktif Kulit Singkong Menggunakan Aktivator ZnCl₂*. Skripsi. Jember. Universitas Jember.
- Shafirinia, R., Wardana, W. I., dan Okiawan, W. (2016). Pengaruh Variasi Ukuran Adsorben dan Debit Aliran Terhadap Penurunan Khrom (Cr) dan Tembaga (Cu) Dengan Arang Aktif Dari Limbah Kulit Pisang Pada Limbah Cair Industri Pelapisan Logam (Elektroplating) Krom. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 5(1), 1-9.
- Sidabutar, Y. M. (2019). *Studi Adsorpsi Fe Dan Mn Pada Air Sumur Menggunakan Karbon Aktif Pelepah Kelapa Sawit Sebagai Adsorben*. Tugas Akhir. Medan. Universitas Sumatera Utara.
- Sidik, M.H. 2012. Plot Coloum Studies on Adsorption of Fluoride onto Coated High Aluminium Content Bauxide Ore (HABO) and Charcoal. A Thesis of Master of Science in Water Supply and Environmental Sanitation. Kwame Nkrumah University of Science and Technology Kumasi, Ghana.
- Siringo-Ringo, E. P. (2019). *Pengaruh Waktu Kontak, pH dan Dosis Adsorben Dalam Penurunan Kadar Pb dan Cd Menggunakan Adsorben Dari Kulit Pisang*. Skripsi. Medan. Universitas Sumatera Utara.
- Sitanggang, S. L. (2010). *Pra Rancangan Pabrik Pembuatan Magnesium Klorida Dari Magnesium Hidroksida Dengan Kapasitas 600 Ton/Tahun*. Medan. Universitas Sumatera Utara.
- SNI, Standar Kualitas Karbon Aktif, No, 06-3730-1995, (1995).
- SNI 19-6449. 2000. Metode pengujian koagulasi-flokulasi dengan cara jar.
- SNI 6989.8. (2009). Air dan air limbah – Bagian 8 : Cara uji timbal (Pb) secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)- nyala.
- SNI 06-6989.11-2004. Air dan air limbah – Bagian 11 : Cara uji derajat keasaman (pH) dengan menggunakan alat pH meter.
- SNI 6989.23. (2005). Air dan air limbah – Bagian 23 : Cara uji suhu dengan thermometer.
- Sudarwin. (2008). *Analisis Spasial Pencemaran Logam Berat (Pb Dan Cd) Pada Sedimen Aliran Sungai Dari Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah*

- Jatibarang Semarang*. Tesis. Semarang. Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro.
- Suhariyanto, R., Purwanti, E., Setyawan, D., Permana, f. H., dan Fauzi, A. (2020). Kemampuan Adsorben Arang Aktif Ampas Kopi Dalam Mengurangi Kadar Limbah Industri Laundry. *Prosiding Seminar Nasional V*, 234-251.
- Sukir. (2008). *Pembuatan dan Karakterisasi Karbon Aktif Dari Sekam Padi*. Tesis. Bandung. Institut Teknologi Bandung.
- Suryati. (2011). *Analisa Kandungan Logam Berat Pb dan Cu Dengan Metode SSA (Spektrofotometri Serapan Atom) Terhadap Ikan Baung (Hemibagrus Nemurus) Di Sungai Kampar Kanan Desa Muara Takus Kecamatan Xiii Koto Kampar Kabupaten Kampar*. Skripsi. Pekanbaru. Universitas Islam Negeri Syarif Kasim Riau.
- Suyata, S., dan Irmanto, I. (2010). Optimasi Penurunan Nilai BOD, COD, dan TSS Limbah Cair Industri Tapioka Menggunakan Arang Aktif Ampas Kopi. *Molekul*, 5(1), 22.
- Syauqiah, I., Amalia, M., dan Kartini, H. A. (2011). Analisis Variasi Waktu dan Kecepatan Pengaduk Pada Proses Adsorpsi Limbah Logam Berat dengan Arang Aktif. *Info Teknik*, 12(1), 11–20.
- Telaumbanua, P. J. J. (2017). *Penggunaan Fly Ash dan Bottom Ash Boiler Pabrik Kelapa Sawit Sebagai Adsorben Untuk Mengadsorpsi Warna Pada Limbah Cair Buatan*. Skripsi. Medan. Universitas Sumatera Utara.
- Undang- Undang Republik Indonesia No.32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.
- Wardalia. (2017). Pengaruh Massa Adsorben Limbah Sekam Padi Terhadap Penyerapan Konsentrasi Timbal. *Jurnal TEKNIKA*, 13(1), 71-80.
- Wibowo, E. A. P., Hardyanti, I. S., Nurani, I., Hardjono, D. S., dan Rizkita , A. D. (2017). Studi Penurunan Kadar Logam Besi (Fe) Dan Logam Tembaga (Cu) Pada Air Embung Menggunakan Adsorben Nanosilika. *Jurnal Ilmiah Sains*, 17(2), 131-134.

- Widayatno, T., Yuliatwati, T., dan Susilo, A. A. (2017). Adsorpsi Logam Berat (Pb) Dari Limbah Cair Dengan Adsorben Arang Bambu Aktif. *Jurnal Teknologi Bahan Alam*, 1(1), 17-23.
- Widwiasuti, H., Bisri, C., dan Rumhayati, B. (2019). *Pengaruh Massa Adsorben dan Waktu Kontak Terhadap Adsorpsi Fosfat Menggunakan Kitin Hasil Isolasi Dari Cangkang Udang*. Seminar Nasional Inovasi dan Aplikasi Teknologi di Industri. Institut Teknologi Nasional Malang.
- Wirani, L. I. (2017). *Aktivasi Karbon Dari Sekam Padi Dengan Aktivator Asam Klorida (HCl) Dan Pengaplikasiannya Pada Limbah Pengolahan Baterai Mobil Untuk Mengurangi Kadar Timbal (Pb)*. Skripsi. Medan. Universitas Sumatera Utara.
- Wirawan, T. (2012). Adsorpsi Fenol oleh Arang Aktif dari Tempurung Biji Jarak Pagar (*Jatropha curcas L.*). *Mulawarman Scientifie*, 11(1), 20-21.
- Yahya, H. (2017). Kajian Beberapa Manfaat Sekam Padi Di Bidang Teknologi Lingkungan Sebagai Upaya Pemanfaatan Limbah Pertanian Bagi Masyarakat Aceh Di Masa Akan Datang. *Prosiding Seminar Nasional Biotik*. 266-270.
- Yatimah, D, Y. (2014). *Analisa Cemar Logam Berat Cadmium dan Timbal Pada Beberapa Merek Lipstik Yang Beredar Di Daerah Ciputat Dengan Menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)*. Skripsi. Jakarta. UIN Syarif Hidayatullah.

LAMPIRAN A

Hasil Perhitungan

Lampiran A.1. Rendemen, Kadar Air dan Kadar Abu

1. Rendemen

- Adsorben Ampas Kopi

Diketahui:

a = Berat bahan baku yang dikarbonisasi = 1 kg = 1000 gr

b = Berat arang yang dihasilkan = 46,91 gr

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{b}{a} \times 100\%$$

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{46,91}{1000} \times 100\% = 4,6\%$$

- Adsorben Sekam Padi

Diketahui:

a = Berat bahan baku yang dikarbonisasi = 1 kg = 1000 gr

b = Berat arang yang dihasilkan = 324,47 gr

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{b}{a} \times 100\%$$

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{324,47}{1000} \times 100\% = 32\%$$

2. Kadar air

- Adsorben Ampas Kopi

Diketahui:

W_1 = Berat cawan kosong = 68,90 gr

W_2 = Berat cawan kosong + sampel awal = 70,90 gr

W_3 = Berat cawan kosong + sampel akhir = 70,79 gr

$$\text{Kadar Air} = \frac{w_2 - w_3}{w_2 - w_1} \times 100\%$$

$$\text{Kadar Air} = \frac{70,90 - 70,79}{70,90 - 68,90} \times 100\% = 5,5\%$$

- Adsorben Sekam Padi

Diketahui:

W_1 = Berat cawan kosong = 61,31 gr

$W_2 = \text{Berat cawan kosong} + \text{sampel awal} = 63,31 \text{ gr}$

$W_3 = \text{Berat cawan kosong} + \text{sampel akhir} = 63,18 \text{ gr}$

$$\text{Kadar Air} = \frac{w_2 - w_3}{w_2 - w_1} \times 100\%$$

$$\text{Kadar Air} = \frac{63,31 - 63,18}{63,31 - 61,31} \times 100\% = 6,5\%$$

3. Kadar Abu

- Adsorben Ampas Kopi

$a = \text{Berat abu} = 0,162 \text{ gr}$

$b = \text{Berat arang aktif kering disaat awal} = 2 \text{ gr}$

Diketahui:

$$\text{Kadar Abu} = \frac{a}{b} \times 100\%$$

$$\text{Kadar Abu} = \frac{0,162}{2} \times 100\% = 8,1\%$$

- Adsorben Sekam Padi

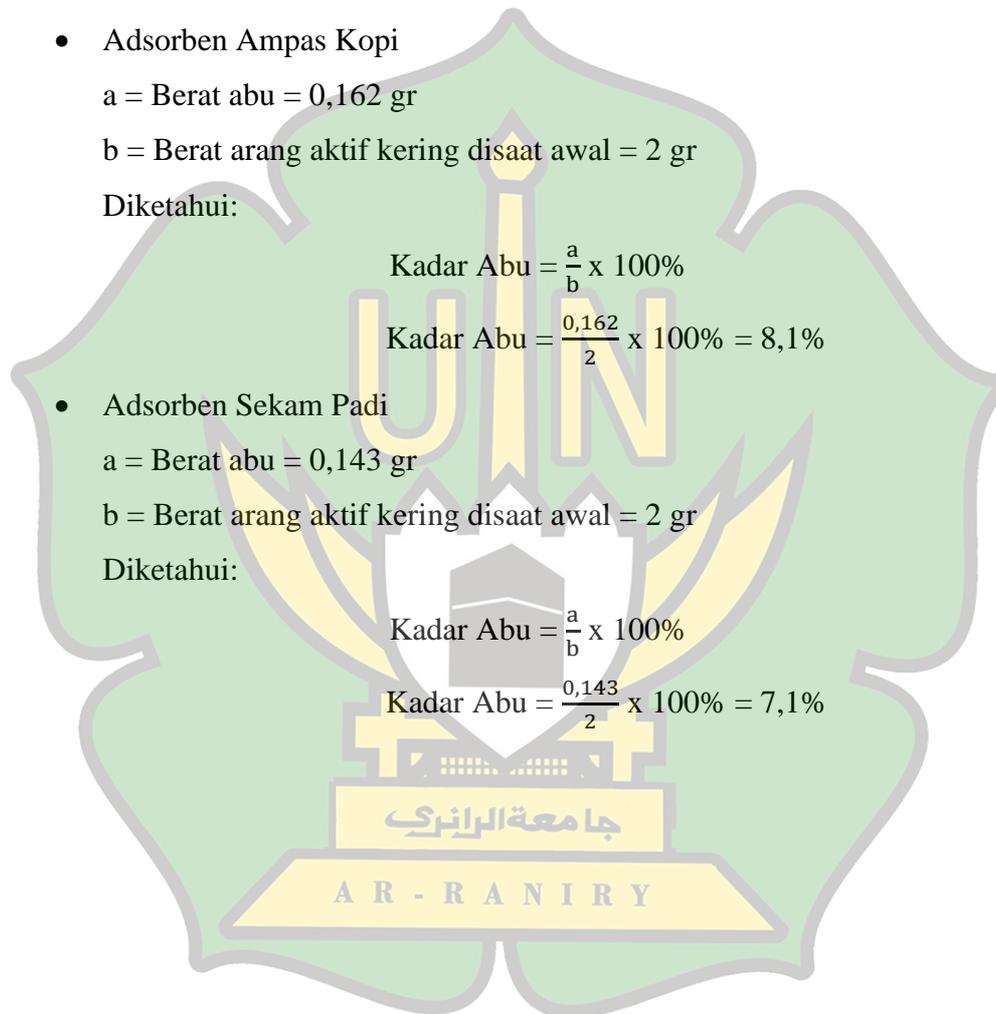
$a = \text{Berat abu} = 0,143 \text{ gr}$

$b = \text{Berat arang aktif kering disaat awal} = 2 \text{ gr}$

Diketahui:

$$\text{Kadar Abu} = \frac{a}{b} \times 100\%$$

$$\text{Kadar Abu} = \frac{0,143}{2} \times 100\% = 7,1\%$$



Lampiran A.2. Perhitungan Efektivitas Penyerapan Adsorben Ampas Kopi

- 1) Massa Adsorben 0,5 gr

Diketahui:

Y_i = kandungan awal logam berat = 10 ppm

Y_f = kandungan akhir logam berat = 2,439 ppm

$$E_f(\%) = \frac{Y_i - Y_f}{Y_i} \times 100$$

$$E_f(\%) = \frac{10 - 2,439}{10} \times 100$$

$$= 75,61\%$$

- 2) Massa Adsorben 1 gr

Diketahui:

Y_i = kandungan awal logam berat = 10 ppm

Y_f = kandungan akhir logam berat = 0,781 ppm

$$E_f(\%) = \frac{Y_i - Y_f}{Y_i} \times 100$$

$$E_f(\%) = \frac{10 - 0,781}{10} \times 100$$

$$= 92,19\%$$

- 3) Massa Adsorben 1,5 gr

Diketahui:

Y_i = kandungan awal logam berat = 10 ppm

Y_f = kandungan akhir logam berat = 0,192 ppm

$$E_f(\%) = \frac{Y_i - Y_f}{Y_i} \times 100$$

$$E_f(\%) = \frac{10 - 0,192}{10} \times 100$$

$$= 98,08\%$$

- 4) Massa Adsorben 2 gr

Diketahui:

Y_i = kandungan awal logam berat = 10 ppm

Y_f = kandungan akhir logam berat = 0,290 ppm

$$E_f(\%) = \frac{Y_i - Y_f}{Y_i} \times 100$$

$$E_f(\%) = \frac{10 - 0,290}{10} \times 100$$
$$= 97,1\%$$



Lampiran A.3. Perhitungan Efektivitas Penyerapan Adsorben Sekam Padi

- 1) Massa Adsorben 0,5 gr

Diketahui:

Y_i = kandungan awal logam berat = 10 ppm

Y_f = kandungan akhir logam berat = 0,755 ppm

$$E_f(\%) = \frac{Y_i - Y_f}{Y_i} \times 100$$

$$E_f(\%) = \frac{10 - 0,755}{10} \times 100$$

$$= 92,45\%$$

- 2) Massa Adsorben 1 gr

Diketahui:

Y_i = kandungan awal logam berat = 10 ppm

Y_f = kandungan akhir logam berat = 2,156 ppm

$$E_f(\%) = \frac{Y_i - Y_f}{Y_i} \times 100$$

$$E_f(\%) = \frac{10 - 2,156}{10} \times 100$$

$$= 78,44\%$$

- 3) Massa Adsorben 1,5 gr

Diketahui:

Y_i = kandungan awal logam berat = 10 ppm

Y_f = kandungan akhir logam berat = 0,906 ppm

$$E_f(\%) = \frac{Y_i - Y_f}{Y_i} \times 100$$

$$E_f(\%) = \frac{10 - 0,906}{10} \times 100$$

$$= 90,94\%$$

- 4) Massa Adsorben 2 gr

Diketahui:

Y_i = kandungan awal logam berat = 10 ppm

Y_f = kandungan akhir logam berat = 0,780 ppm

$$E_f(\%) = \frac{Y_i - Y_f}{Y_i} \times 100$$

$$E_f(\%) = \frac{10-0,780}{10} \times 100$$
$$= 92,2\%$$



Lampiran A.4. Perhitungan Efektivitas Penyerapan Kombinasi Adsorben Ampas Kopi: Sekam Padi

- 1) Rasio Massa Adsorben 0,5 gr:0,5 gr

Diketahui:

Y_i = kandungan awal logam berat = 10 ppm

Y_f = kandungan akhir logam berat = 0,535 ppm

$$E_f(\%) = \frac{Y_i - Y_f}{Y_i} \times 100$$

$$E_f(\%) = \frac{10 - 0,535}{10} \times 100$$

$$= 94,65\%$$

- 2) Rasio Massa Adsorben 1 gr:1,5 gr

Diketahui:

Y_i = kandungan awal logam berat = 10 ppm

Y_f = kandungan akhir logam berat = 0,215 ppm

$$E_f(\%) = \frac{Y_i - Y_f}{Y_i} \times 100$$

$$E_f(\%) = \frac{10 - 0,215}{10} \times 100$$

$$= 97,85\%$$

- 3) Rasio Massa Adsorben 1,5 gr: 1 gr

Diketahui:

Y_i = kandungan awal logam berat = 10 ppm

Y_f = kandungan akhir logam berat = 0,326 ppm

$$E_f(\%) = \frac{Y_i - Y_f}{Y_i} \times 100$$

$$E_f(\%) = \frac{10 - 0,326}{10} \times 100$$

$$= 96,74\%$$

Lampiran A.5. Perhitungan Kapasitas Penyerapan Adsorben Ampas Kopi

- 1) Massa Adsorben 0,5 gr

Diketahui:

C_i = kandungan awal logam berat = 10 ppm

C_e = kandungan akhir logam berat = 2,439 ppm

$V = 1$ L

$w = 0,5$ gr

$$Q_e = \frac{(C_i - C_e) \times V}{w}$$

$$Q_e = \frac{(10 - 2,439) \times 1}{0,5}$$

$$= 15,12 \text{ mg/g}$$

- 2) Massa Adsorben 1 gr

Diketahui:

C_i = kandungan awal logam berat = 10 ppm

C_e = kandungan akhir logam berat = 0,781 ppm

$V = 1$ L

$w = 1$ gr

$$Q_e = \frac{(C_i - C_e) \times V}{w}$$

$$Q_e = \frac{(10 - 0,781) \times 1}{1}$$

$$= 9,21 \text{ mg/g}$$

- 3) Massa Adsorben 1,5 gr

Diketahui:

C_i = kandungan awal logam berat = 10 ppm

C_e = kandungan akhir logam berat = 0,192 ppm

$V = 1$ L

$w = 1,5$ gr

$$Q_e = \frac{(C_i - C_e) \times V}{w}$$

$$Q_e = \frac{(10 - 0,192) \times 1}{1,5}$$

$$= 6,53 \text{ mg/g}$$

4) Massa Adsorben 2 gr

Diketahui:

C_i = kandungan awal logam berat = 10 ppm

C_e = kandungan akhir logam berat = 0,290 ppm

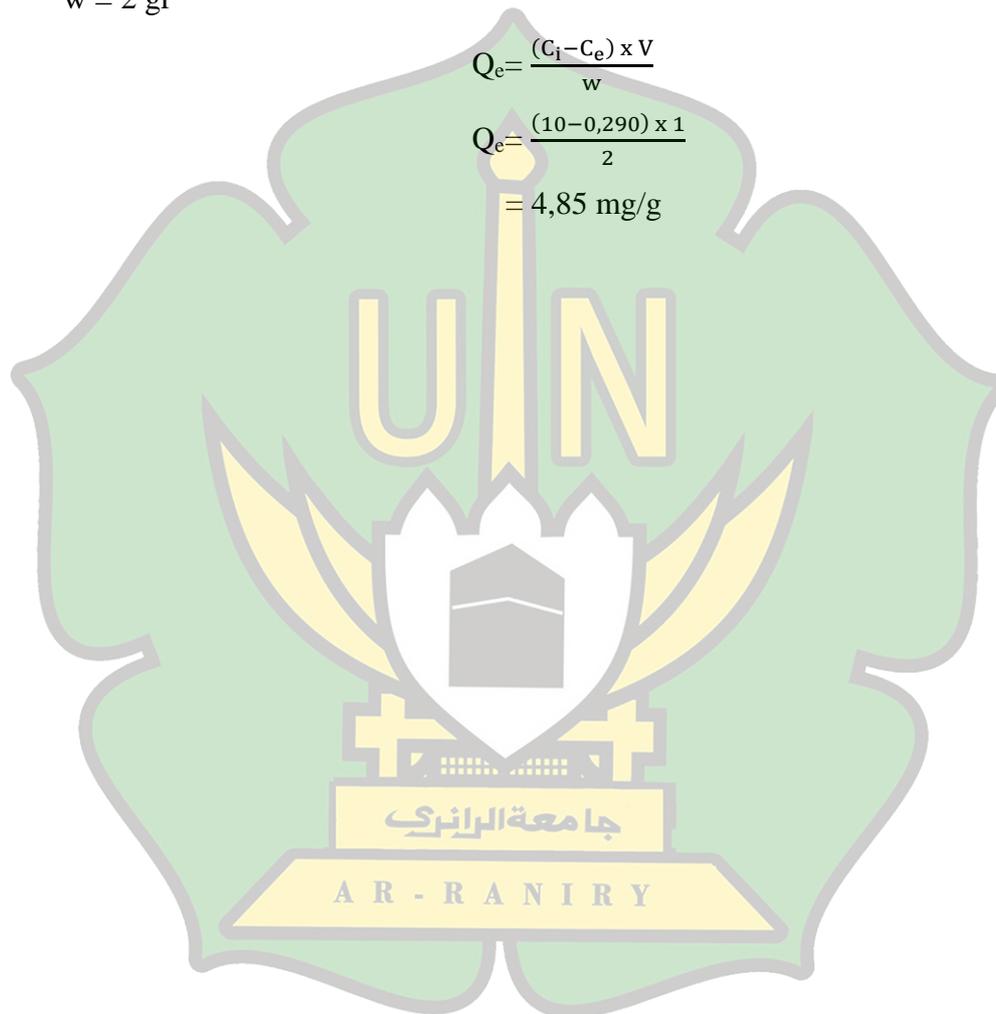
$V = 1 \text{ L}$

$w = 2 \text{ gr}$

$$Q_e = \frac{(C_i - C_e) \times V}{w}$$

$$Q_e = \frac{(10 - 0,290) \times 1}{2}$$

$$= 4,85 \text{ mg/g}$$



Lampiran A.6. Perhitungan Kapasitas Penyerapan Adsorben Sekam Padi

- 1) Massa Adsorben 0,5 gr

Diketahui:

C_i = kandungan awal logam berat = 10 ppm

C_e = kandungan akhir logam berat = 0,755 ppm

$V = 1$ L

$w = 0,5$ gr

$$Q_e = \frac{(C_i - C_e) \times V}{w}$$

$$Q_e = \frac{(10 - 0,755) \times 1}{0,5}$$

$$= 18,49 \text{ mg/g}$$

- 2) Massa Adsorben 1 gr

Diketahui:

C_i = kandungan awal logam berat = 10 ppm

C_e = kandungan akhir logam berat = 2,156 ppm

$V = 1$ L

$w = 1$ gr

$$Q_e = \frac{(C_i - C_e) \times V}{w}$$

$$Q_e = \frac{(10 - 2,156) \times 1}{1}$$

$$= 7,84 \text{ mg/g}$$

- 3) Massa Adsorben 1,5 gr

Diketahui:

C_i = kandungan awal logam berat = 10 ppm

C_e = kandungan akhir logam berat = 0,906 ppm

$V = 1$ L

$w = 1,5$ gr

$$Q_e = \frac{(C_i - C_e) \times V}{w}$$

$$Q_e = \frac{(10 - 0,906) \times 1}{1,5}$$

$$= 6,06 \text{ mg/g}$$

4) Massa Adsorben 2 gr

Diketahui:

C_i = kandungan awal logam berat = 10 ppm

C_e = kandungan akhir logam berat = 0,780 ppm

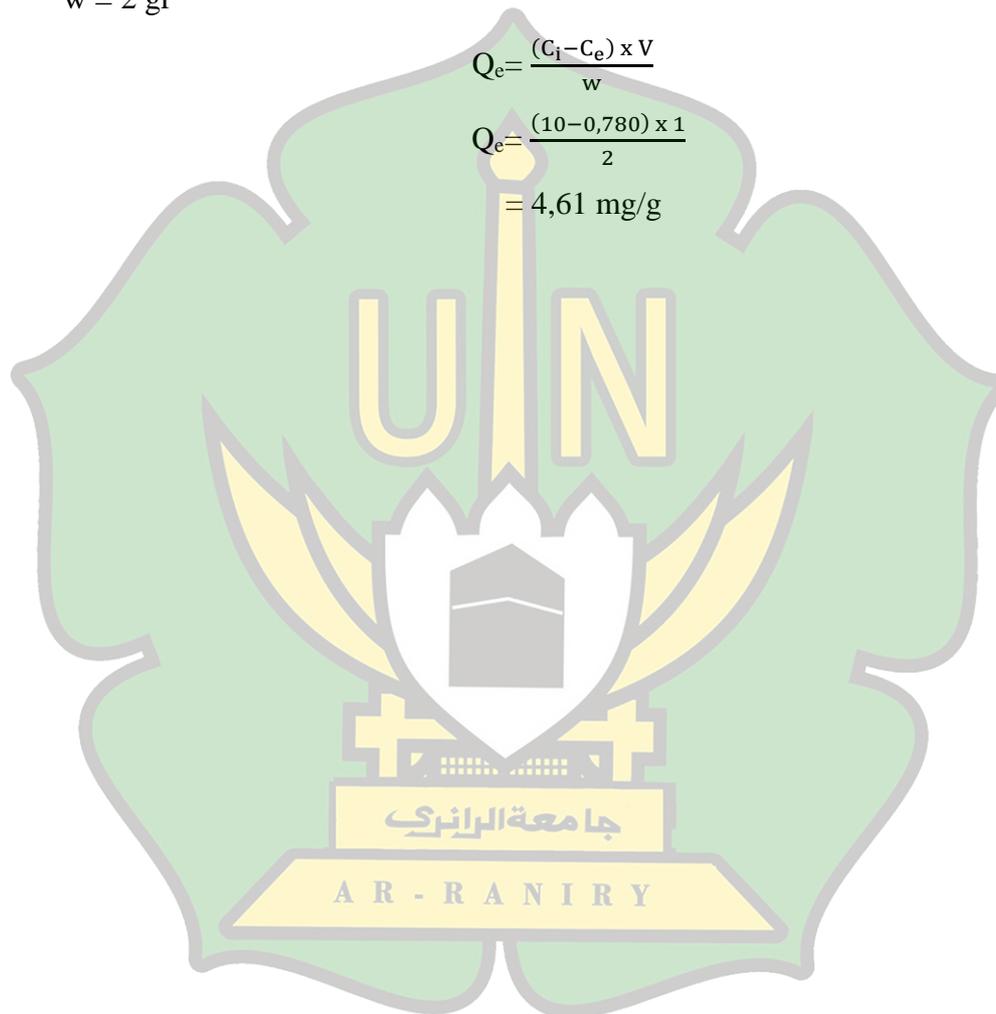
$V = 1 \text{ L}$

$w = 2 \text{ gr}$

$$Q_e = \frac{(C_i - C_e) \times V}{w}$$

$$Q_e = \frac{(10 - 0,780) \times 1}{2}$$

$$= 4,61 \text{ mg/g}$$



Lampiran A.7. Perhitungan Kapasitas Penyerapan Kombinasi Adsorben Ampas Kopi: Sekam Padi

- 1) Rasio Massa Adsorben 0,5 gr:0,5 gr

Diketahui:

C_i = kandungan awal logam berat = 10 ppm

C_e = kandungan akhir logam berat = 0,535 ppm

$V = 1$ L

$w = 0,5$ gr:0,5 gr = 1 gr

$$Q_e = \frac{(C_i - C_e) \times V}{w}$$

$$Q_e = \frac{(10 - 0,535) \times 1}{1}$$

$$= 9,46 \text{ mg/g}$$

- 2) Rasio Massa Adsorben 1 gr:1,5 gr

Diketahui:

C_i = kandungan awal logam berat = 10 ppm

C_e = kandungan akhir logam berat = 0,215 ppm

$V = 1$ L

$w = 1$ gr:1,5 gr = 2,5 gr

$$Q_e = \frac{(C_i - C_e) \times V}{w}$$

$$Q_e = \frac{(10 - 0,215) \times 1}{2,15}$$

$$= 3,91 \text{ mg/g}$$

- 3) Rasio Massa Adsorben 1,5 gr: 1gr

Diketahui:

C_i = kandungan awal logam berat = 10 ppm

C_e = kandungan akhir logam berat = 0,326 ppm

$V = 1$ L

$w = 1,5$ gr:1 gr = 2,5 gr

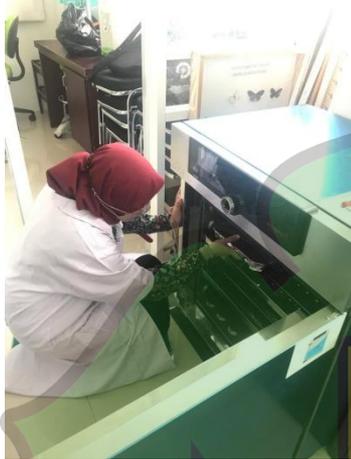
$$Q_e = \frac{(C_i - C_e) \times V}{w}$$

$$Q_e = \frac{(10 - 0,326) \times 1}{2,5}$$

$$= 3,86 \text{ mg/g}$$

LAMPIRAN B
FOTO DOKUMENTASI PENELITIAN

1. Proses Pembuatan Adsorben



Gambar 1.1 ampas kopi dikeringkan menggunakan oven



Gambar 1.2 ampas kopi setelah dikeluarkan dari oven



Gambar 1.3 menimbang ampas kopi setelah dikeluarkan dari oven



Gambar 1.4 ampas kopi dihaluskan



Gambar 1.5 ampas kopi dihayak menggunakan ayakan ukuran 40 mesh



Gambar 1.6 ampas kopi direndam menggunakan larutan HCl 0,1 M



Gambar 1.7 ampas kopi disaring dan dicuci menggunakan aquades



Gambar 1.8 ampas kopi halus yang baru dikeluarkan dari oven



Gambar 1.9 sekam padi yang baru dikeluarkan dari furnace



Gambar 1.10 proses penimbangan massa adsorben



Gambar 1.11 proses pengadukan menggunakan jar test



Gambar 1.12 proses pengecekan pH



Gambar 1.13 proses pengambilan sampel untuk diuji



Gambar 1.14 sampel larutan Pb yang akan diuji



Gambar 1.15 bentuk adsorben yang sudah jadi

LAMPIRAN C

HASIL UJI LARUTAN TIMBAL (Pb)



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

LEMBAR HASIL UJI

Nomor: 358/JTK-USK/LTPKL/2021

Nama Pelanggan : Zata Ismah
 Alamat Pelanggan : Jeulingke-Banda Aceh
 Tanggal di Terima : 31 Desember 2021
 Jenis Contoh Uji : Air
 Tanggal di Analisa : 31 Desember 2021
 Untuk Keperluan : Penelitian Mahasiswa
 Baku Mutu : Lampiran VI Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup

No.	Parameter Uji	Satuan	Baku Mutu	Hasil Analisa	Ket.
1.	Kopi 0,5 gram	mg/l	0,03	2,439	
2.	Kopi 1 gram	mg/l	0,03	0,781	
3.	Kopi 1,5 gram	mg/l	0,03	0,192	
4.	Kopi 2 gram	mg/l	0,03	0,290	
5.	Sekam 0,5 gram	mg/l	0,03	0,755	
6.	Sekam 1 gram	mg/l	0,03	2,156	
7.	Sekam 1,5 gram	mg/l	0,03	0,906	
8.	Sekam 2 gram	mg/l	0,03	0,780	
9.	Kombi (S:K) 1:1,5	mg/l	0,03	0,215	
10.	Kombi (S:K) 0,5:0,5	mg/l	0,03	0,535	
11.	Kombi (S:K) 1,5:1	mg/l	0,03	0,326	

Keterangan:

* Baku Mutu Air Kelas II: merupakan air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

AR-RAN
 Darussalam, 31 Desember 2021

Ketua

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