TA/TL/2024/1949

TUGAS AKHIR

SEKAM PADI SEBAGAI *NATURAL FIBER ASDORBENT* UNTUK PENYERAP KANDUNGAN Pb (II) DALAM AIR

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

LAZUARDI HAMMAAM
20513114

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2024

TUGAS AKHIR

SEKAM PADI SEBAGAI *NATURAL FIBER ADSORBENT* UNTUK PENYERAP KANDUNGAN Pb (II) DALAM AIR

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

LAZUARDI HAMMAAM
20513114

Disetujui,
Dosen Pembimbing:

Ir. Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D.
NIK. 025100406
Tanggal: 13 Desember 2024

Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII

Any Juliani, S.T., M.Sc.(Res.Eng), Ph.D.
NIK. 045130401
Tanggal: 13 Desember 2024

HALAMAN PENGESAHAN

SEKAM PADI SEBAGAI *NATURAL FIBER ADSORBENT* UNTUK PENYERAP KANDUNGAN Pb (II) DALAM AIR

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Jumat
Tangggal : 13 Desember 2024

Disusun Oleh:

LAZUARDI HAMMAAM
20513114

Tim Penguji :

Ir. Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D. (1)

Hudori, S.T., M.T., Ph.D. (2)

Puji Lestari, S.Si., M.Sc., Ph.D. (3)

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

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

Yogyakarta, 13 Desember 2024

Lazuardi Haammam

NIM: 20513114

PRAKATA

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji dan syukur selalu penulis panjatkan kepada Allah *subhanahu wa ta'ala* atas rahmat, nikmat dan karunia nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul "Sekam Padi sebagai *Natural Fiber Adsorbent* untuk Penyerap Kandungan Pb (II) dalam Air"

Tujuan dari penelitian Tugas Akhir ini untuk memberikan wawasan terhadap pembaca dan juga untuk penulis pribadi berkaitan dengan fiber adsorben sekam padi dalam menurunkan logam Timbal (Pb) dalam air.Selain tujuan tersebut, penyusunan Tugas Akhir ini juga menjadi salah satu syarat kelulusan dalam Program Pendidikan Strata Satu (S1) Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih kepada berbagai pihak yang senantiasa berkontribusi dalam membantu dan mendukung penulis dalam menyelesaikan penyusunan tugas akhir ini, yaitu :

1. Allah SWT atas kelimpahan rahmat, nikmat, rezeki, dan hidayah kepada penulis. Sehingga penulis mampu menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Orang tua penulis, Bapak Muhammad Ibrahim Salim dan Ibu Yuniyanti yang senantiasa memberikan dukungan baik secara moral, materi, ataupun doa yang selalu dipanjatkan kepada Allah SWT untuk penulis dalam menjalani studi. Ucapan terimakasih saja yang mungkin tidak cukup untuk menggambarkan rasa syukur dan terimakasih penulis atas segala jasa dan pengorbanan yang telah diberikan oleh kedua orang tua penulis.
3. Bapak Eko Siswoyo, S.T., M.Sc. ES., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan kesempatan terhadap penulis dalam melakukan Tugas Akhir dengan topik yang diberikan. Serta bimbingan, nasihat, dan juga motivasi bagi penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

4. Bapak Hudori, S.T., M.T., Ph.D selaku Dosen Penguji yang telah memberikan review terhadap tugas akhir ini.
5. Ibu Puji Lestari, S.Si., M.Sc., Ph.D selaku Dosen Penguji yang telah memberikan kritik dan saran dalam penyelesaian tugas akhir ini.
6. Mas Ridwan Andri Yogana, A.Mid.Si. selaku laboran yang telah memberikan bimbingan dan arahan selama penulis melaksanakan penelitian tugas akhir ini.
7. Seluruh staff Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan ilmu dan juga bantuan kepada penulis selama masa perkuliahan.
8. Teman-teman angkatan 2020 yang telah membantu penulis selama menjalani perkuliahan .
9. Teman teman penulis yang tergabung dalam Grup Sohib atas segala dukungan, dan juga canda tawa kalian yang senantiasa menghibur penulis ketika mengalami kesulitan maupun kesedihan

Akhir kata, dalam penyusunan tugas akhir ini penulis menyadari bahwasanya masih terdapat kesalahan dan masih jauh dari kata sempurna. Maka kritik dan juga saran akan sangat diharapkan untuk perkembangan penelitian ini. Semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi siapa saja yang membacanya..

Yogyakarta, Oktober 2024

Lazuardi Haammam

ABSTRAK

LAZUARDI HAMMAAM. Sekam Padi sebagai *Natural Fiber Adsorbent* untuk Penyerap Kandungan Pb (II) dalam Air. Dibimbing oleh EKO SISWOYO, S.T., M.SC, Ph.D.

Timbal (Pb) merupakan salah satu jenis logam berat yang bersifat toksik. Keberadaan nya diperairan dapat disebabkan dari limbah aktivitas industri. Dampak dari paparan timbal dapat mengganggu sistem pencernaan, peredaran darah, dan organ lainnya. Dalam upaya menurunkan kadar Pb dalam air, penggunaan adsorben alami dengan menggunakan limbah hasil pertanian seperti sekam padi dapat digunakan sebagai bahan utama pembuatan *natural adsorbent* dalam bentuk fiber, dikarenakan kandungan selulosa yang mampu menyerap logam berat dalam air. Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) merupakan instrumen yang digunakan untuk melihat hasil adsorpsi konsentrasi timbal. *Fourier Transform Infrared* (FTIR) dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) merupakan instrumen untuk melihat karakter gugus fungsi dan morfologi adsorben sekam padi. Hasil karakterisasi FTIR menunjukkan adanya penambahan gugus fungsi hidroksil dan karboksil pada adsorben yang diaktivasi menggunakan asam sitrat 0,6 M. Hasil karakterisasi menggunakan SEM menunjukkan kondisi pori yang berbeda pada tiap kondisi adsorben, terdapat penambahan ukuran pori pada adsorben yang sudah diaktivasi menggunakan asam sitrat 0,6 M. Berdasarkan kondisi optimum setiap dari tiap variasi yaitu. Variasi massa memiliki kondisi optimum pada 300mg, variasi waktu kontak dengan waktu efektif 60 menit, variasi pH efektif pH 5, variasi konsentrasi efektif pada konsentrasi 100mg/L. Model isoterm yang digunakan yaitu Model Isoterm Langmuir dengan kapasitas adsorpsi 2,79mg/g.

Kata kunci: Adsorben, Adsorpsi, Sekam Padi, Timbal

ABSTRACT

LAZUARDI HAMMAAM. Rice Husk as a Natural Fiber Adsorbent to Absorb Pb (II) Content in Water. Supervised by EKO SISWOYO, S.T., M.SC, Ph.D.

Lead (Pb) is a type of heavy metal that is toxic. Its presence in waters can be caused by waste from industrial activities. The impact of lead exposure can disrupt the digestive system, blood circulation and other organs. In an effort to reduce Pb levels in water, the use of natural adsorbents using agricultural waste such as rice husks can be used as the main ingredient for making natural adsorbents in fiber form, because the cellulose content is able to absorb heavy metals in water. Atomic Absorption Spectrophotometer (SSA) is an instrument used to see the results of lead concentration adsorption. Fourier Transform Infrared (FTIR) and Scanning Electron Microscopy (SEM) are instruments to see the functional group characteristics and morphology of rice husk adsorbents. The results of FTIR characterization show the addition of hydroxyl and carboxyl functional groups to the adsorbent which was activated using 0.6 M citric acid. The results of characterization using SEM show different pore conditions in each adsorbent condition, there is an increase in pore size on the adsorbent which has been activated using 0.6 M citric acid. .6 M. Based on the optimum conditions for each variation, namely. The mass variation has optimum conditions at 300mg, the contact time variation has an effective time of 60 minutes, the effective pH variation is pH 5, the effective concentration variation is at a concentration of 100mg/L. The isotherm model used is the Langmuir Isotherm Model with an adsorption capacity of 2.79mg/g.

Keywords: Adsorbent, Adsorption, Rice Husk, Lead

DAFTAR ISI

PRAKATA i
ABSTRAK i
ABSTRACT ii
DAFTAR ISI i
DAFTAR TABEL i
DAFTAR GAMBAR i
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Perumusan Masalah 4
1.3 Tujuan Penelitian 5
1.4 Manfaat Penelitian 5
1.5 Ruang Lingkup 5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 6
2.1 Padi dan Sekam Padi 6
2.2 Adsorbsi 7
2.3 Adsorben 8
2.4 Karbon Aktif 8
2.4.1 Aktivasi Thermal (Karbon Aktif) 9
2.4.2 Aktivasi Kimia (Karbon Aktif) 10
2.5 Asam Sitrat 10
2.6 Timbal (Pb) 10
2.7 Penelitian Terdahulu 11
BAB III METODE PENELITIAN 14
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian 14
3.2 Alat dan Bahan 14
3.3 Prosedur Analisis Data 15
3.3.1 Prosedur Pembuatan Fiber Adsorben Sekam Padi 15

3.3.2 Karakterisasi Fiber Adsorben 17
3.3.3 Prosedur Variasi Uji 18
3.3.4 Analisis Sampel Timbal (Pb) 21
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 23
4.1 Karakteristik Adsorben 23
4.1.1 Karakterisasi FTIR 23
4.1.2 Karakterisasi SEM 25
4.2 Hasil Uji Adsorbsi 27
4.2.1 Variasi Massa Adsorben 27
4.2.2 Variasi Waktu Kontak 30
4.2.3 Variasi pH 32
4.2.4 Variasi Konsentrasi 34
4.3 Isoterm Adsorpsi 37
4.3.1 Isoterm Langmuir 37
4.3.2. Isoterm Freundlich 40
4.3.3. Penentuan Model Kesetimbangan Adsorpsi (Isoterm) 42
BAB V SIMPULAN DAN SARAN 44
5.1 Simpulan 44
5.2 Saran 45
DAFTAR PUSTAKA 46
LAMPIRAN 49
Lampiran 1 Perhitungan 49
Lampiran 2 Karakterisasi Menggunakan FTIR 51
Lampiran 3 Dokumentasi 53
Lampiran 4 SNI 6989.8:2009 Air dan Air Limbah – Bagian 8: Cara Uji Timbal (Pb) secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) – Nyala 59

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Hasil Adsorbsi Variasi Massa 29
Tabel 4. 2 Hasil variasi waktu kontak 31
Tabel 4. 3 Hasil Uji Variasi pH 33
Tabel 4. 4 Hasil Uji Variasi Konsentrasi 35
Tabel 4. 5 Data Perhitungan Isoterm Langmuir 38
Tabel 4. 6 Perhitungan Model Isoterm Freundlich 41
Tabel 4. 7 Perbandingan Model Isoterm 42

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Diagram Alir Pembuatan Powder Sekam Padi 15
Gambar 3. 2 Diagram Alir Aktivasi Powder Sekam Padi 16
Gambar 3. 3 Diagram Alir Pembuatan Larutan Alginat 16
Gambar 3. 4 Diagram Alur Pembuatan FIber Adsorben Sekam Padi 17
Gambar 3. 5 Diagram Alir Prosedur uji variasi massa 18
Gambar 3. 6 Diagram Alir Prosedur uji variasi waktu kontak 19
Gambar 3. 7 Diagram Alir Prosedur uji variasi pH 20
Gambar 3. 8 Diagram Alir Prosedur uji variasi konsentrasi 21
Gambar 3. 9 Diagram Alir Prosedur analisis sampel Pb (timbal)..... 22
Gambar 4. 1 Grafik Hasil FTIR Adsorben Sekam Padi..... 23
Gambar 4. 2 Morfologi Serbuk Adsorben Sekam Padi sebelum aktivasi (a) Perbesaran 1500 kali (b) Perbesaran 3000 kali 25
Gambar 4. 3 Morfologi Serbuk Adsorben Sekam Padi setelah aktivasi (a) Perbesaran 1500 kali (b) Perbesaran 3000 kali 26
Gambar 4. 4 Morfologi Fiber Adsorben Sekam Padi (a) Perbesaran 1500 kali (b) Perbesaran 3000 kali 26
Gambar 4. 5 Morfologi Fiber Adsorben setelah Adsorpsi (a) Perbesaran 1500 kali (b) Perbesaran 3000 kali 27
Gambar 4. 6 Plotting Variasi Massa 30
Gambar 4. 7 Plotting Variasi Waktu Kontak 32
Gambar 4. 8 Plotting Variasi pH..... 34
Gambar 4. 9 Plotting Variasi Konsentrasi 36
Gambar 4. 10 Plotting Konstanta Langmuir 39
Gambar 4. 11 Hasil Plotting Isoterm Freundlich 41

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sungai Merupakan badan air dan juga sebagai ekosistem *aquatic* yang berperan penting untuk mendukung keberlangsungan aktivitas, baik itu aktivitas rumah tangga, aktivitas industri. Namun selain kegunaan nya dalam siklus hidrologi, badan air ini juga sering dimanfaatkan sebagai tempat untuk membuang limbah yang mudah baik padat ataupun cair tanpa memerhatikan dampak yang akan ditimbulkan ke depannya. Kegiatan rumah tangga, indsutri garmen/tekstil, industri peternakan, bengkel adalah contoh dari beberapa aktivitas yang biasa mencemari sungai dengan membuang limbah dan juga sampah nya ke badan air. Limbah dan sampah yang dibuang kesungai ini memiliki berbagai macam jenis bahan pencemar, mulai dari yang mudah terurai sampai dengan yang tidak dapat terurai secara alami. Hal ini yang menyebabkan beban pencemar suatu perairan sungai semakin besar. Logam berat merupakan salah satu bahan pencemar yang sering ditemukan dalam badan air, keberadaan logam berat dalam air dipengaruhi dari adanya pelepasan ion logam berat dari limbah atau hasil aktivitas baik aktivitas domestik, aktivitas industri, dan juga aktivitas manusia lain nya. Salah satu logam berat yang menjadi pencemar yang berbahaya dalam badan air yaitu logam Pb. Beberapa aktivitas industri yang memungkinkan melepaskan timbal ke dalam badan ait seperti industri tekstil, industri penyamakan kulit, industri batako, Timbal merupakan logam berat yang bersifat racun bagi makhluk hidup. Timbal (Pb) juga dapat secara alami masuk ke badan air, yaitu melalui bantuan air hujan. Polusi timbal (Pb) tidak hanya terjadi pada badan air, tetapi juga dapat terjadi di daratan dengan adanya penggunaan logam timbal (Pb) dalam skala yang besar (Budiastuti, et al., 2016).

Dalam perairan, salah satu parameter penting untuk mengetahui kualitas dari air bersih yaitu parameter kandungan logam berat salah satunya

timbal (Pb). Sesuai dengan Permenkes RI No 416/MENKES/PER/IX/1990. Kadar maksimum timbal yang diperbolehkan berada dalam air bersih sebanyak 0,05 ppm. Paparan timbal juga dapat menyebabkan keracunan kronis, serta dapat menyebabkan gangguan dalam pembentukan sel darah merah hingga sistem reproduksi (Indirawati, 2017) Sedangkan mengacu pada Permenkes No 32 Tahun 2017 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solusi per Aqua, dan Pemandian Umum. Kadar maksimum timbal ditetapkan sebesar 0,05mg/L. Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Parameter timbal pada Baku Mutu Air Nasional sesuai dengan kelas air nya yaitu sebesar : Kelas 1 0,03 mg/L, Kelas 2 0,03 mg/L, Kelas 3 0,03 mg/L, dan Kelas 4 sebesar 0,5 mg/L.

Berdasarkan laporan dari UNICEF dan Pure Earth tahun 2020, saat ini timbal banyak ditemukan di lingkungan hidup terutama disekitar anak-anak. Termasuk ke dalam yang masuk ke dalam saluran pernapasan, air yang diminum, dan juga tanah yang dipijak, serta makanan yang dimakan atau bahkan mainan yang mereka pegang. Paparan timbal dapat masuk melalui beberapa cara, yaitu pencernaan, pernapasan, dan juga kontak dengan kulit. Awal mula diketahui tingkat toksik dari timbal (Pb) yaitu sejak tahun 1920. Timbal merupakan senyawa yang memiliki kecenderungan untuk menetap. Meskipun sumber pencemar nya seperti penggunaan bahan bakar yang mengandung timbal, ataupun peleburan timah sudah tidak beroperasi/digunakan lagi. Timbal yang dilepaskan akan tetap berada pada lokasi pelepasan nya. Dampak dari paparan timbal yaitu, ketika timbal masuk ke dalam sistem pencernaan, maka akan didistribusikan melalui peredaran darah. Bagian yang paling terdampak yaitu ginjal, hati, jantung, dan juga sistem saraf pusat.

Timbal merupakan senyawa yang sifatnya toksik/beracun. Dan jika terpapar pada anak-anak, maka hampir keseluruhan tubuhnya dapat

terdampak dari paparan timbal tersebut. Terdapat beberapa alasan mengapa paparan/keracunan timbal pada anak berdampak lebih serius, yaitu pada bayi dan juga pada anak anak mampu menyerap timbal lebih banyak dibandingkan dengan orang dewasa, jumlah yang diserap sampai dengan 4-6 kali lebih banyak. Kemudian Anak-anak memiliki porsi makan, minum juga bernapas per satuan berat badan lebih banyak dibandingkan orang dewasa. Hal ini selaras dengan dengan jumlah kontaminan timbal yang masuk ke tubuh. Dan perkembangan kekebalan tubuh pada usia muda terutama pada anak-anak masih dalam tahap perkembangan. Sehingga kerusakan pada jaringan saraf pada anak-anak lebih tinggi dibandingkan pada orang dewasa ketika terpapar dengan timbal.

Karbon aktif atau arang aktif merupakan bahan yang memiliki kandungan karbon atau arang. Karbon aktif memiliki daya serap / adsorpsi yang tinggi. Daya serapan yang tinggi ini dikarenakan volume dan luas permukaan yang besar. Daya serap yang dimiliki dari karbon aktif sebesar 25% sampai dengan 1000% berat karbon aktif (Hendra, et al., 2008). Pengaktifan karbon diperlukan untuk memperbesar luasan permukaan yang berfungsi dalam meningkatkan kemampuan adsorpsi untuk menjerap polutan yang terdapat dalam air (Boudrahem et al., 2011).

Sekam padi merupakan bagian terluar atau pembungkus dari tanaman padi yang melindungi bagian dalam yang berupa beras. Sekam padi merupakan produk samping dari proses penggilingan padi. Sekam padi memiliki tiga kandungan senyawa kimia berdasarkan polimer karbon-nya, yaitu *lignicellulose, cellulose, hemicellulose.* Sekam padi dijadikan alternatif untuk bahan bku arang aktif, dikarenakan tingginya tingkat komsumsi tanaman padi, dan juga jumlah sekam padi yang cukup banyak dari proses pengolahan tanaman padi yaitu sebanyak 20 sampai dengan 30% dari total berat tanaman padi yang diolah (Suryaningsih et al., 2018)

Jenis adsorben yang biasa digunakan dalam menurunkan kadar logam berat dalam seperti alumina, slica gel, dan juga zeolit membutuhkan biaya operasional dan juga biaya regenerasi yang cukup mahal. Dibandingkan

dengan natural adsorben yang lebih ekonomis. Beberapa bahan yang dapat digunakan sebagai pengganti adsorben konvensional berupa limbah orgnaik seperti limbah tanaman jagung, padi, kopi. Sekam padi termasuk ke dalam salah satu natural adsorben yang baik dikarenakan kandungan abu dari sekam padi yang tinggi, sifatnya yang menyerupai kayu, dan juga terdapat kandungan karbon yang tinggi. Sehingga sekam padi cocok digunakan sebagai natural adsorben untuk pengganti adsorben konvensional (Junaedi et al., 2013)

Dalam penelitian ini bahan utama yang digunakan sebagai *natural adsorbent* yaitu sekam padi. Sekam padi yang merupakan sisa dari proses pengolahan padi/beras ini dapat ditemukan dengan mudah dan jumlahnya yang cukup melimpah. Pemanfaatan dari sekam padi ini diharapkan dapat membantu dalam menurunkan kadar logam berat khusus nya timbal (Pb) pada perairan.

Arang aktif dari bahan sekam padi ini akan dimodifikasi bentuknya sehingga menjadi fiber menggunakan Natrium Alginat. Karbon aktif atau *activated carbon* dalam bentuk fiber sebelumnya masih belum banyak dilakukan. Modifikasi bentuk arang aktif menjadi fiber ini memiliki keuntungan dalam penggunaannya dimana bentuk fiber yang tipis memungkinkan untuk adsorben dalam melakukan adsorpsi dengan lebih cepat jika dibandingkan dengan bentuk powder. Bentuk fiber ini juga memudahkan dalam proses pemisahan larutan adsorbat dengan adsorben.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan dari latar belakang yang disjelaskan di atas, dibuat rumusan masalah sebagai berikut :

1) Bagaimana pengaruh dari kondisi optimum (pH, massa, waktu kontak) fiber karbon aktif sekam padi dalam menurunkan kadar timbal (Pb) dalam air

2) Bagaimana efektivitas removal dari fiber adsorben dengan kondisi optimum dalam menurunkan logam Pb (timbal).

1.3 Tujuan Penelitian

1) Mengkaji pengaruh dari kondisi optimum (pH, massa, waktu kontak) fiber karbon aktif sekam padi daalam menurunkan kadar timbal (Pb) dalam air.
2) Mengkaji efektivitas removal dari fiber adsorben dengan kondisi optimum dalam menurunkan logam Pb (timbal).

1.4 Manfaat Penelitian

1) Dalam perkembangan ilmu pengetahuan teknologi terutama dalam pengolahan air dengan metode adsorbsi, dapat membantu dalam menemukan alternatif bahan pembuat karbon aktif.
2) Dapat membantu perkembangan ilmu pengetahuan teknologi mengenai *Natural Adsorbent* khusus-nya dalam bentuk *fiber* (serat).

.

1.5 Ruang Lingkup

Batasan dan ruang lingkup dari penelitian ini adalah :

1) Karbon aktif : Bahan yang digunakan dalam pembuatan karbon aktif yaitu sekam padi, dengan dua jenis proses/metode aktivasi
2) Metode aktivasi : Metode aktivasi yang digunakan dalam pembuatan karbon aktif sekam padi yaitu aktivasi secara thermal dan kimia
3) Parameter limbah yang diuji : Logam berat timbal (Pb).

.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Padi dan Sekam Padi

Tanaman Padi yang dikenal dengan nama latin *Oryza sativa L* menjadi salah satu jenis tanaman budidaya terbanyak, tidak hanya di Indonesia namun hampir setengan populasi dunia. Padi menjadi salah satu kebutuhan pangan pokok. Indonesia menjadi salah satu konsumen tertinggi dari produk tanaman padi di dunia. Beberapa negara lain yang juga menjadi konsumen tanaman padi tertinggi, yaitu Jepang, Malaysia, Korea, dan Thailand (Ishaq et al., 2016).Menurut Badan Pusat Statistik, pada tahun 2020 produksi tanaman padi di Indonesia mencapai jumlah 54,65 Juta Ton GKG (Gabah Kiring Giling). Dan jika diambil berat bersih setelah menjadi beras, didapatkan jumlah produksi beras sebesar 31,33 juta ton.

Sekam padi merupakan limbah atau sisa dari proses penggilingan padi dari proses produksi tanaman padi hingga menjadi beras ini belum banyak dimanfaatkan dengan baik. Pada umumnya sekam padi hanya digunakan untuk menyulut api atau bahan bakar. Sekam padi sendiri merupakan bagian pembungkus dari tanaman padi. Sekam padi yang ditemukan dari hasil proses penggilingan berjumlah dengan kisaran 20% dari berat total padi yang diolah. Dalam sekam padi terdapat senyawa kimia yang bersifat pozolan atau terdapat kandungan silika (SiO2) (Ummah et al., 2010).

Menurut (Mas'ruf et al., 2017) yaitu komposisi dari *Rice Husk* (Sekam Padi) sebagai bahan baku dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut :

Tabel 2. 1 Komposisi Kimia Sekam Padi

	Komposisi Sekam Padi (% berdasarkan berat)
Selulosa	32,67
Hemiselulosa	31,68
Lignin	18,81
Abu	11,88

Sedangkan menurut (Pamilia & Coniwanti, 2008)bahwa unsur kimia yang terkandung dalam sekam padi seperti kandungan selulosa dan karbohidrat yang cukup tinggi, sehingga sekam padi dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku arang aktif. Selain itu juga kandungan zat kimia pentose dapat digunakan sebagai bahan baku dalam industri kimia.

Tabel 2. 2 Komposisi Kimia Sekam Padi menurut (Pamilia & Coniwanti, 2008)

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

2.2 Adsorbsi

Adsorbsi merupakan metode yang digunakan untuk menghilangkan atau menurunkan kadar pencemar yang terdapat di dalam air. Mekanisme adsorbsi yaitu dengan menyerap zat (molekul pencemar) ke dalam permukaan adsorben. Mekanisme ini kemudian terbagi lagi menjadi dua macam serapan, yaitu serapan secara fisika dan juga kimia. Adsorbsi secara fisika yaitu dengan adanya gaya antar molekuk, seperti gaya van der waals. Adsorbsi

secara kimia yaitu dengan melibatkan ikatan kimia antara adsorben ataupun adsorbat (Anggriawan et al., 2019), Dalam pengertian lain, adsorbsi merupakan tahap akumulasi dari pencemar (adsorbat) ke permukaan adsorben dengan adanya gaya tarik antar molekul. Adsorbsi dapat terjadi dengan beberapa cara, yaitu penangkapan, pertukaran ion, dan ikatan hidrogen

2.3 Adsorben

Adsorben merupakan suatu padatan yang berpori, dimana pori ini berfungsi untuk menyerap molekul pencemar (adsorbat). Suatu material dapat dikatakan sebagai adsorben jika memiliki beberapa kriteria berikut. Memiliki pori-pori, memiliki rongga, dan memiliki situs aktif. Ukuran pori dari adsorben seperti yang dijelaskan IUPAC terdapat tiga jenis bagian pori, yaitu *makropori* diameter pori berukuran lebih dari 50nm, *mesopori* diameter pori berukuran 2-50nm, dan *mikropori* diameter pori berukuran kurang dari 2nm. Aktivitas adsorbsi berada pada bagian *mikropori,* sedangkan bagian *makropori* dan *mesopori* berfungsi sebagai jalur untuk mengantarkan adsorbat ke dalam *mikropori.* Sehingga bagian *mikropori* ini juga berdapak terhadap luas permukaan spesifik. Semakin banyak terdapat *mikropori* makan luas permukaan spesifik juga semakin banyak luas permukaan spesifik, dan semakin tinggi kemampuan adsorben untuk menjerap molekul pencemar (adsorbat) (Astuti, 2018).

2.4 Karbon Aktif

Karbon aktif merupakan material yang dapat digunakan sebagai adsorben untuk melakukan penjernihan di dalam air dengan menjerap molekul pencemar (adsorbat). Karbon aktif digunakan dalam penjernihan air, dikarenakan luas permukaan spesifiknya yang tinggi, sehingga kemampuannya dalam menjerap adsorbat lebih tinggi. Dalam kemampuannya melakukan adsorbsi, karbon aktif mampu menurunkan kadar pencemar seperti warna, bau, polutan, hingga logam berat. Sehingga kualitas air yang dilakukan pengolahan menggunakan adsorben karbon aktif dapat

dihasilkan kualitas air yang lebih baik. Karbon aktif diartikan sebagai material yang tersusun dari bahan karbon dengan struktur amorf, serta memiliki luas permukaan spesifik yang besar, dan juga memiliki tingkat porositas yang tinggi. Monokristalin dan non-grafit, merupakan bentuk karbon dari karbon aktif. Dimana bentuk non-grafit ini sebagian besar terdiri dari oksigen dan hanya sebagian kecil hidrogen sebagai penyusun-nya. Ciri lain yang dimiliki karbon aktif, yaitu memiliki kinerja yang tinggi dalam konduktivitas listrik, stabilitas termal yang baik, dan juga reaktivitas permukaan nya yang karbon aktif dapat digunakan sebagai adsorben. Porositas yang terdapat pada karbon aktif teridiri dari *makropori, mesopori,* dan *mikropori.* Proses adsorbsi sendiri terjadi pada bagian *mikropori* (Lubis et al., 2020).

Aktivasi karbon merupakan suatu cara yang dapat dilakukan untuk memperbesar ukuran pori arang aktif, dengan cara memecah ikatan hidrokarbon, melakukan oksidasi molekul permukaan. Proses tersebut akan membuat perubahan sifat arang aktif baik itu sifat fisik ataupun kimia dari adsorben yang digunakan, perubahan sifat ini juga memperluas luas permukaannya sehingga semakin besar luas permukaan-nya, semakin tinggi juga kemampuan-nya dalam melakukan adsorbsi. Serta kandungan selulosa yang terkandung dalam material yang digunakan sebagai adsorben dapat digunakan untuk mengolah limbah logam berat (Takarani et al., 2019)

2.4.1 **Aktivasi Thermal (Karbon Aktif)**

Aktivasi thermal merupakan salah satu metode aktivasi untuk pembuatan arang aktif. Proses ini menggunakan furnace dengan suhu berkisar 400 sampai dengan 600^{o}C untuk pembentukan karbon dari bahan baku yang akan digunakan. Proses ini dilakukan untuk mengubah karbon yang mulanya memiliki daya serap yang rendah menjadi lebih tinggi daya serapnya. Peningkatan daya serap karbon ini didapatkan dari luas permukaan atau pori yang terdapat pada karbon yang lebih banyak setelah dilakukan aktivasi secara thermal. Untuk melakukan aktivasi karbon dapat menggunakan uap

panas, gas karbondioksida dengan rentang suhu 700 sampai dengan 1100 C (Sembiring & Sinaga, 2003).

2.4.2 **Aktivasi Kimia (Karbon Aktif)**

Prosses aktivasi kimia kurang lebih menyerupai dengan proses aktivasi secara fisik yang menggunakan panas untuk meningkatkan daya serap karbon nya. Sedangkan aktivasi kimia menggunakan aktivator berupa asam, basa, dan garam untuk menginkatkan daya serap karbon aktif (Permatasari, et al., 2014).

2.5 Asam Sitrat

Asam sitrat merupakan jenis asam yang biasa digunakan dalam dunia industri mulai dari industri makanan, tekstil, farmasi, bahkan kosmetik. Selain sebagai bahan baku untuk industri, asam sitrat juga dapat digunakan dalam proses aktivasi karbon aktif sebagai aktivator kimia. Asam sitrat memiliki 3 gugus karboksil yang dapat berikatan dengan karbon aktif dan dapat meningkatkan fungsi adsorpsi karbon aktif tersebut. Gugus fungsi yang ada pada asam sitrat yang berikatan di permukaan karbon aktif ini mampu menyerap ion logam, ion pada logam berat yang bermuatan postif cenderung akan berikatan dengan asam yang memiliki ion negatif (Bhatnagar, et al., 2013).

2.6 Timbal (Pb)

Timbal merupakan salah satu senyawa yang termasuk ke dalam golongan logam berat, dan menjadi salah satu parameter penting untuk mengetahui apakah kualitas perairan tersebut dalam kondisi baik atau tidak. Dalam Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia disebutkan bahwa ambang batas atau kadar maksimum timbal yang diperbolehkan berada pada air bersih sebesar 0,05ppm. Kelebihan atau keracunan timbal dapat menyebabkan kelainan pada pembentukan sel darah merah, dan dapat menggangu dalam kerja sistem reproduksi (Pamilia & Coniwanti, 2008).

Keberadaan timbal dalam perairan dapat disebabkan dari aktivitas antropogenik dan juga dapat terjadi secara alami. Aktivitas antropogenik yang menjadi faktor pencemar timbal pada perairan yaitu adanya aktivitas rumah tangga dan industri yang berada dekat badan air. Aktivitas industri contohnya industri garmen/tekstil, industri penyamakan kulit, industri batako. Selain aktivitas industri dan rumah tqangga keberadaan timbal secara antropogenik juga dapat disebabkan dari penggunaan bahan bakar yang mengandung timbal dan juga cat yang terdapat kandungan timbal, meskipun saat ini penggunaan kedua bahan tersebut sudah dilarang namun sisa dari cemaran timbal ini bersifat *persistent* atau memiliki kecenderungan untuk menetap dan tidak dapat terurai secara alami. Sedangkan timbal yang terbentuk secara alami, yaitu melalui pengkristalan timbal yang ada di udara dengan bantuan air hujan (Budiastuti et al., 2013)

Untuk melakukan analisis atau uji sampel timbal, dapat menggunakan metode spektrofotometri serapan atom (SSA). Penggunaan metode SSA ini memiliki keuntungan yaitu lebih sensitif dan akurat dibandingkan metode spektrofotometeri lainnya. Sehingga metode SSA ini baik untuk digunakan untuk analisis logam terlarut dalam sampel air, dengan menghasilkan hasil analisis yang lebih cepat dan juga preparasi sampel yang relatif lebih mudah dilakukan (Soemirat, 2009)

2.7 Penelitian Terdahulu

Sebagai acuan dari pembahasan dari penelitian ini yaitu dengan membandingkan dan melihat bagaimana penelitian terdahulu yang sudah dilakukan. Penelitian terdahulu ini membantu dalam melakukan penelitian sebagai inspirasi dan juga untuk memperjelas bahwa penelitian ini merupakan hasil penelitian orisinal yang dilakukan penulis.

1. Hasil Penelitian (Rahman, 2023)

   Denga judul penelitian “Modifikasi Batang Kangkung Air dengan *Carbon Nanotube* menjadi *Fiber Adosrbent* untuk Menyerap Logam

Kadmium dalam Air". Memiliki tujuan untuk Melakukan karakterisasi pada permukaan batang kangkunga yang sudah dimodifikasi menjadi fiber adsorbenmenggunakan karbon nanotube dan juga untuk melihat bagaimana efektivitas dari batang kangkong yang dimodifikasi ini sebagai adsorben dengan melakukan beberapa variasi waktu, pH massa, dan konsentrasi.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan untuk karakterisasi yang terdapat pada fiber adsorben setelah dilakukan aktivasi terdapat penambahan gugus hidroksil, karboksilat, dan gugus amina Dimana ketiga gugus ini berperan dalam membantu penyerapan logam cadmium dalam air. Hasil dari uji variasi menunjukkan pada variasi massa yang efektif pada massa 100 gram, pada variasi pH yaitu pH 5, pada variasi waktu kontak yaitu 120 menit, dan pada variasi konsentrasi yaitu 100mg/L.Untuk hasil isotherm dari penelitian ini yaitu isotherm Langmuir dengan R^2 = 0,7719 dan kapasitas adsorpsi (qe) 21,882mg/g.

2. Hasil Penelitian (Fitria, 2022)

Dengan judul penelitian "Pemanfaatan Ampas Tebu sebagai *Fiber Adsorbent* Terenkapsulasi Na-Alginat sebagai Adsorben Logam Berat Pb (II) dalam Air". Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk melakukan karakterisasi terhadap ampas tebu sebagai fiber adsorben, kemudian melakukan uji adsorpsi dengan variasi massa, pH, waktu kontak, dan variasi konsentrasi, dan untuk mengetahui bagaimana kemampuan dan atau kapasitas adsorpsi dari fiber adsorben ampas tebu dalam penyerapan logam berat timbal (Pb).

Hasil yang ditunjukkan pada penelitian ini yaitu karakteristik dari fiber adsorben ampas tebu memiliki kemampuan untuk menyerap logam berat timbal yang baik. Hal tersebut disebabkan dengan adanya gugus OH yang ditunjukkan dalam uji FTIR. Pada karakterisasi morfologi menggunakan SEM hasil tersebut menunjukkan adanya pori pada adsorben yang berperan dalam penyerapan logam berat timbal pada saaat adsorpsi.

Dalam hasil uji adsorpsi dengan variasi massa didapatkan massa optimum yaitu 100mg, untuk variasi pH optimum yaitu pH 5, untuk variasi waktu kontak optimum yaitu pada 120 menit. Hasil dari uji adsorpsi ini didapatkan kemampuan adsorpsi dari fiber adsorben ampas tebu memiliki kapasitas adsorpsi (qe) sebesar 97,08mg/g.

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di laboratorium kualitas air yang terletak di gedung FTSP. Waktu penelitian akan dilaksanakan pada bulan Maret sampai dengan bulan Juni

3.2 Alat dan Bahan

A. Alat

1. Oven
2. Furnace
3. SEM
4. SSA
5. FTIR
6. Neraca Analitik
7. Cawan Porselen
8. Batang Pengaduk/Magnetic Stirrer
9. Gelas Beaker
10. Cawan Arloji
11. Spatula
12. pH Universal

B. Bahan

1) Natrium Alginat
2) Sekam Padi
3) Asam Sitrat
4) CaCl2
5) Aquades

6) Larutan Buatan Pb

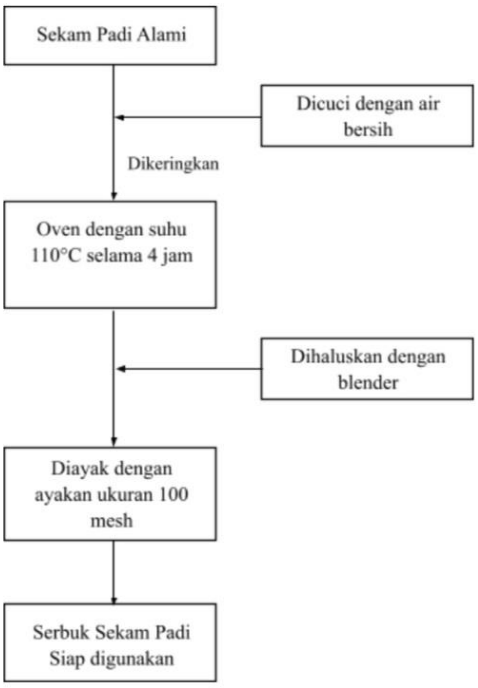
.

3.3 Prosedur Analisis Data

3.3.1 Prosedur Pembuatan Fiber Adsorben Sekam Padi

Sebelum melakukan analisis data, berikut ini merupakan tahapan/prosedur dalam pembuatan fiber adsorben sekam padi dapat dilihat pada Gambar 3.1 sampai dengan Gambar 3.4

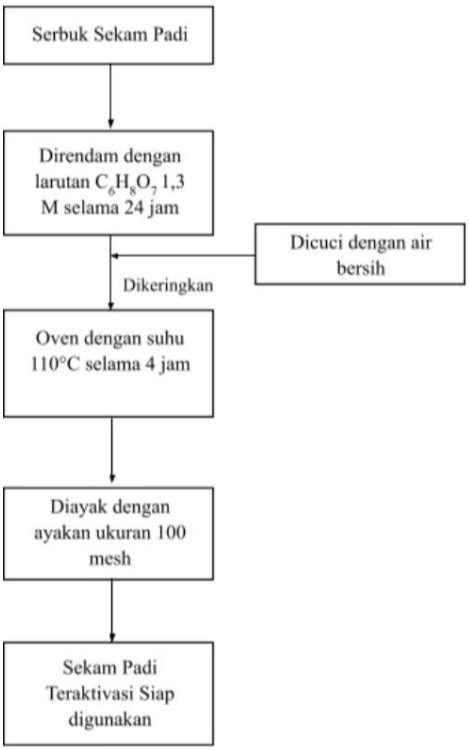
1. Pembuatan powder sekam padi



Gambar 3. 1 Diagram Alir Pembuatan Powder Sekam Padi

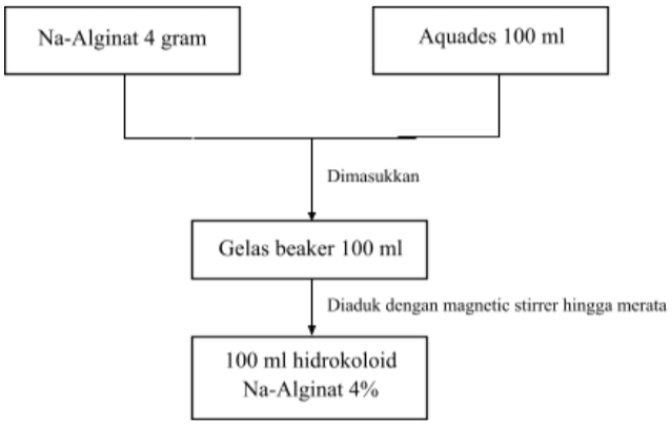
2. Aktivasi powder sekam padi dengan asam sitrat

   Larutan asam sitrat yang digunakan untuk melakukan aktivasi fiber adsorben sekam padi sebesar 0,6N. Tahapan pembuatan larutan asam sitrat 0,6N dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3. 2 Diagram Alir Aktivasi Powder Sekam Padi

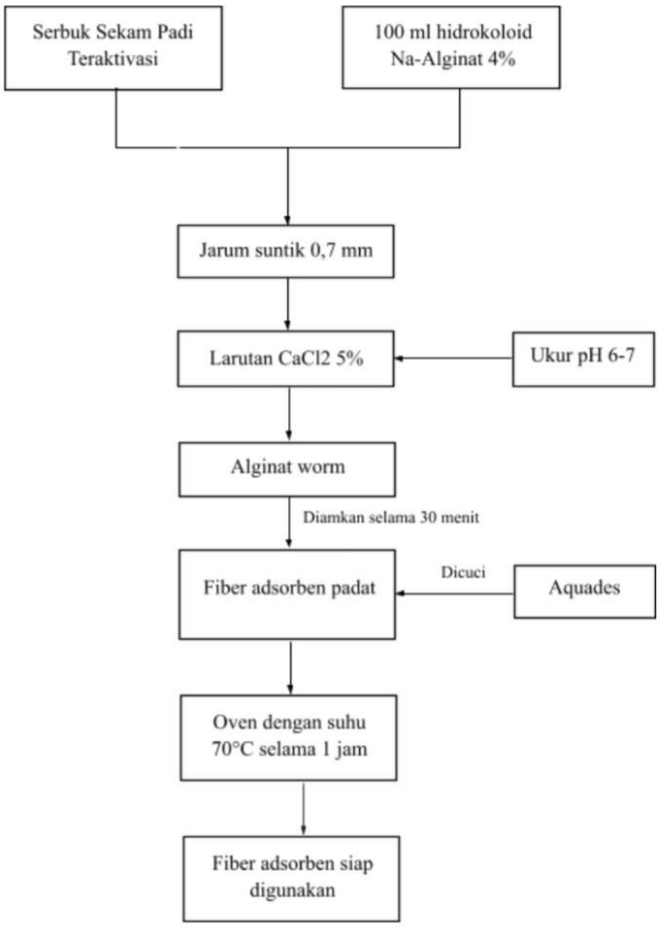
3. Pembuatan larutan alginat 4%



Gambar 3. 3 Diagram Alir Pembuatan Larutan Alginat

4. Pembuatan fiber adsorben sekam padi

   Tahapan pembuatan fiber adsorben sekam padi dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3. 4 Diagram Alur Pembuatan FIber Adsorben Sekam Padi

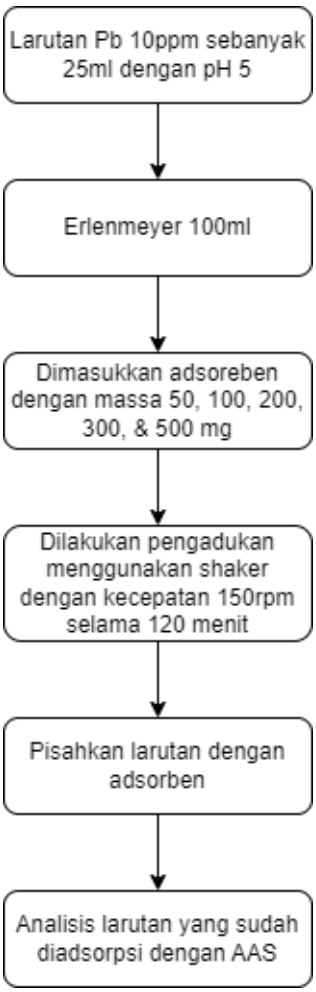
3.3.2 **Karakterisasi Fiber Adsorben**

Untuk melakukan karakterisasi dari fiber adsorben sekam padi digunakan dua alat untuk mengetahui karakter dari fiber adsorben tersebut, yaitu dengan menggunakan FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy) untuk mengetahui gugus fungsi dari fiber adsorben sekam padi. Pengujian karakteristik menggunakan FTIR ini dilakukan sebelum dan setelah aktivasi fiber adsorben menggunakan aktivasi kimia. Kemudian dilakukan karakterisasi fiber adsorben menggunakan SEM (Scanning Electron Microscope). SEM digunakan untuk mengetahui morfologi dari fiber adsorben atau pori yang terdapat pada permukaan fiber adsorben yang sudah diaktivasi dengan metode termal.

3.3.3 **Prosedur Variasi Uji**

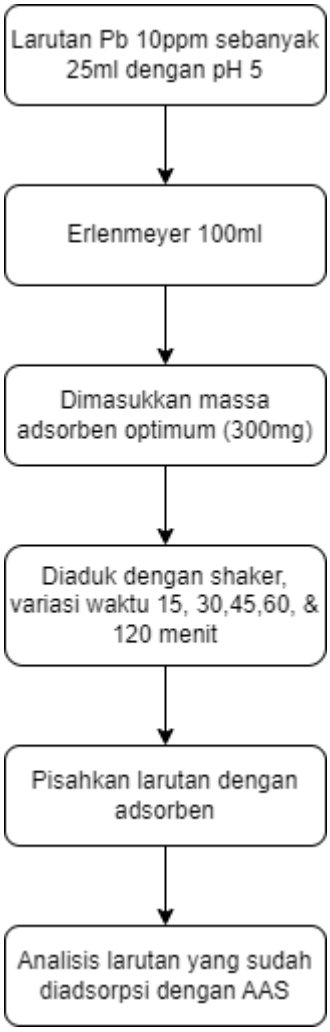
Dalam melakukan adsorpsi untuk menentukan kondisi optimum adsorben diperlukan beberapa variasi uji. Variasi uji yang dilakukan diantaranya, yaitu uji variasi massa, uji variasi waktu kontak, uji variasi pH, dan uji variasi konsentrasi.

Prosedur variasi uji massa dapat dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3. 5 Diagram Alir Prosedur uji variasi massa

Prosedur uji variasi waktu kontak dapat dilihat pada Gambar 3.6

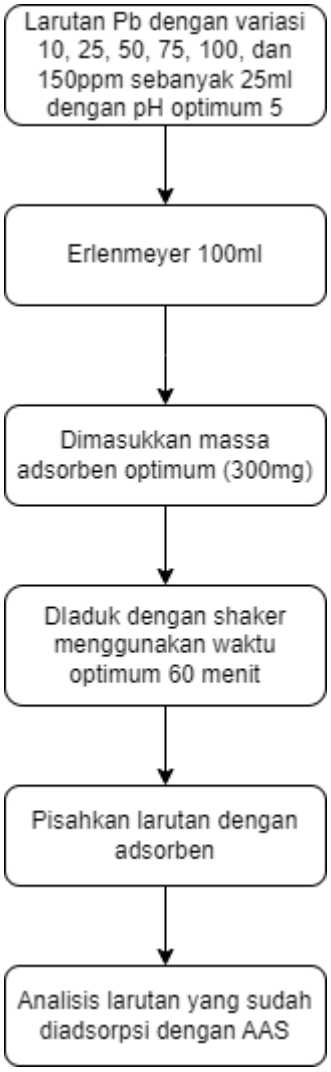


Gambar 3. 6 Diagram Alir Prosedur uji variasi waktu kontak

Prosedur uji variasi pH dapat dilihat pada Gambar 3.7

Gambar 3. 7 Diagram Alir Prosedur uji variasi pH

Prosedur uji variasi konsentrasi dapat dilihat pada Gambar 3.8.



Gambar 3. 8 Diagram Alir Prosedur uji variasi konsentrasi

3.3.4 **Analisis Sampel Timbal (Pb)**

Prosedur analisis kadar timbal (Pb) yang terkandung dalam air, baik sebelum dilakukan adsorbsi ataupun setelah dilakukan adsorbsi, menggunakan referensi dari `. Metode uji ini menggunakan alat analisa Spektrofotometri Serapan Atom – nyala dengan rentang kadar Pb sebanyak 1,0 mg/L sampai dengan 20 mg/L, dengan panjang gelombang yang digunakan yaitu 283,3 atau 217,0 nm yang dilengkapi dengan background correction.

Tahapan prosedur pengujian sampel timbal berdasarkan SNI 6989.8:2009 dapat dilihat pada Gambar 3.9

Gambar 3. 9 Diagram Alir Prosedur analisis sampel Pb (timbal)

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

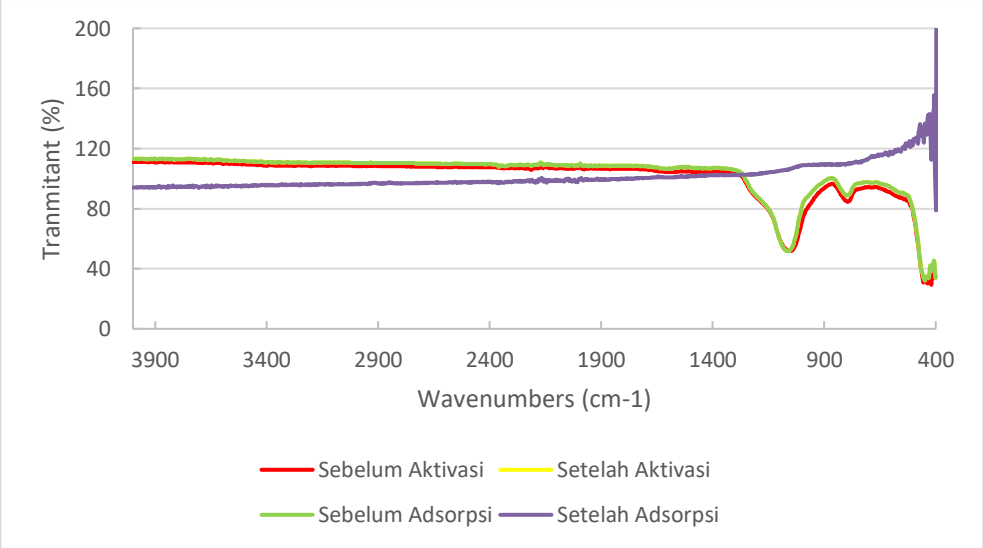
4.1 Karakteristik Adsorben

Dalam menentukan karakter dari adsorben yang digunakan dalam proses adsorpsi. Terdapat 2 karakterisasi yang dilakukan, yaitu karakterisasi menggunakan *Fourier Transform Infra Red* (FTIR), dan karakterisasi menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM).

4.1.1 Karakterisasi FTIR

Penggunaan instrumen FTIR (Fourier Transform Infrared) diperlukan untuk melihat bagaimana gugus fungsi yang terdapat dalam material atau bahan yang akan diuji, dalam hal ini fiber adsorben sekam padi. FTIR memberikan data hasil karakterisasi kualitatif suatu material.

Berdasarkan hasil uji FTIR, gugus fungsi yang terdapat pada sekam padi sebelum aktivasi, sesudah aktivasi menggunakan asam sitrat, dan setelah adsorpsi, dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Grafik Hasil FTIR Adsorben Sekam Padi

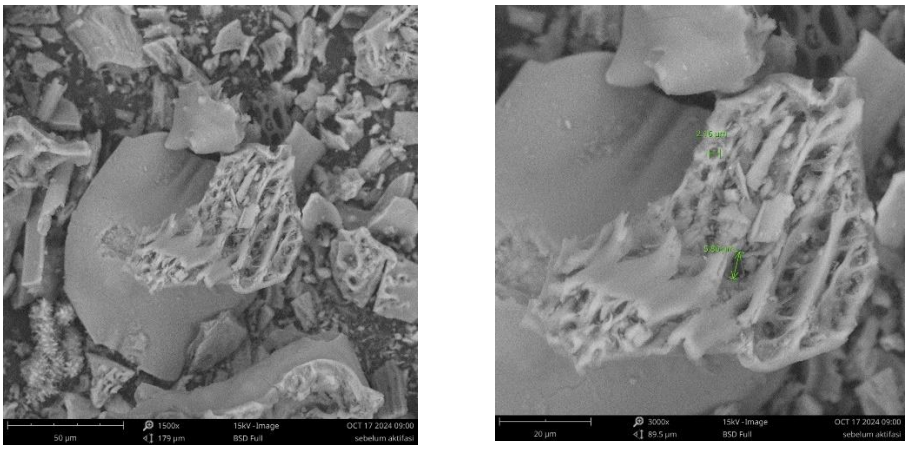
Hasil yang didapatkan dari hasil uji FTIR terdapat perbedaan gugus fungsi yang terdapat pada fiber adsorben sekam padi. Pada sekam padi yang belum dilakukan aktivasi menggunakan asam sitrat, terdapat gelombang terpanjang yaitu pada angka 1060,85cm^{-1} yaitu gugus fungsi C – O atau *secondary alcohol*. Sedangkan fiber adsorben sekam padi yang sudah dilakukan aktivasi menggunakan asam sitrat 0,6terdapat penambahan beberapa gugus fungsi, panjang gelombang diantaranya yaitu. 1516,05cm^{-1}, 1531,48cm^{-1}, dan 1546,91cm^{-1} merupakan gugus fungsi N – O (*nitro compound*), 1566,20cm^{-1} gugus fungsi C=C (*cyclic alkene*); 1612,49cm^{-1} gugus fungsi C=C (*unsaturated ketone*); 1643,35cm^{-1} gugus fungsi C=C (*alkene*), dan 3741,90cm^{-1} gugus fungsi O – H (hidroksil) seiring dengan panambahan konsentrasi asam sitrat yang digunakan gugus fungsi O – H juga kana meningkat (Abdurrahman et al., 2016).

Penambahan gugus fungsi ini disebabkan dari adanya aktivasi fiber adsorben sekam padi menggunakan asam sitrat. Asam sitrat akan berikatan dengan gugus karboksil, gugus hidroksil dan selulosa yang terdapat dari material sekam padi.

Setelah fiber adsorben sekam padi digunakan untuk adsorpsi kemudian kembali dilakukan uji karakterisasi FTIR untuk melihat apakah ada perubahan pada gugus fungsi dari adsorben yang digunakan. Dari hasil pembacaan yang ditunjukkan pada Gambar 4.1 dapat dilihat bahwa terdapat perubahan *peak* dari gugus fungsi. Perubahan tersebut dilihat pada *peak* yang semula nilai *peak* yang berada di angka 3741,90cm^{-1} tidak terbaca yang merupakan hasil FTIR setelah adsorben digunakan untuk adsorpsi. Penurunan dari gugus hidroksil ini menandakan jika gugus tersebut sudah berikatan dengan adsorbat timbal (Pb) selama proses adsorpsi sehingga gelombang dari gugus fungsi hidroksil tidak terbaca pada pembacaan FTIR.

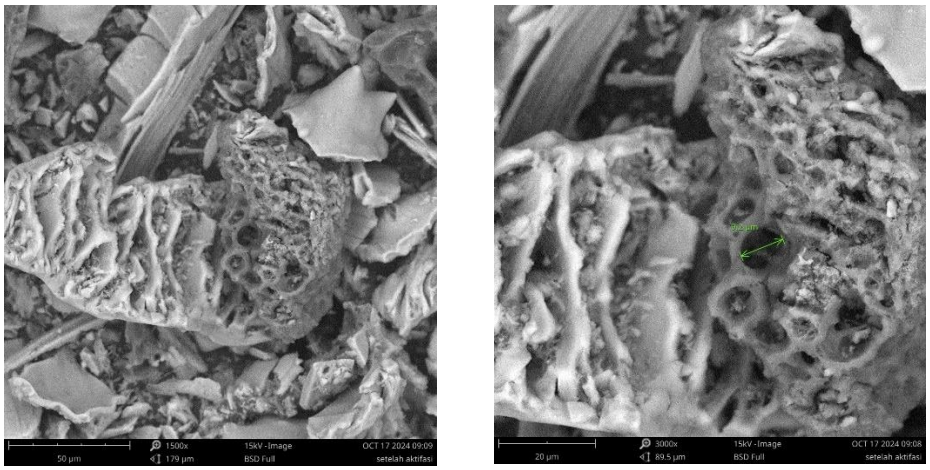
4.1.2 Karakterisasi SEM

Karakterisasi menggungakan SEM (*Scanning Electron Microscopy*) memeiliki tujuan untuk melihat bagaimana morfologi dari fiber adsorben sekam padi. Morfologi yang akan dibandingkan yaitu serbuk sekam padi dengan ukuran 100 mesh yang belum diaktivasi, serbuk sekam padi ukuran 100 mesh setelah aktivasi, fiber adsorben sekam padi, dan fiber adsorben sekam padi yang telah digunakan untuk uji adsorpsi. Ukuran perbesaran mikroskop yang digunakan untuk melihat morfologi dari adsorben menggunakan perbesaran 1500 kali dan 3000 kali.



(a) (b)

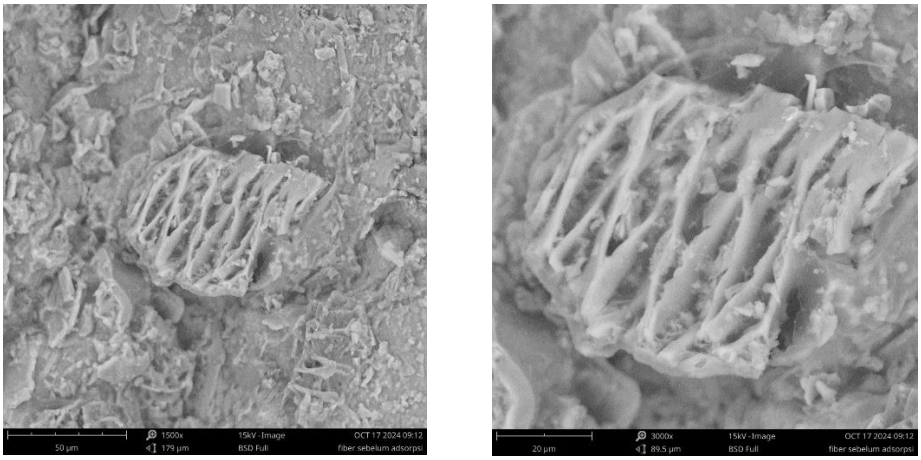
Gambar 4. 2 Morfologi Serbuk Adsorben Sekam Padi sebelum aktivasi (a) Perbesaran 1500 kali (b) Perbesaran 3000 kali



(a) (b)

Gambar 4. 3 Morfologi Serbuk Adsorben Sekam Padi setelah aktivasi

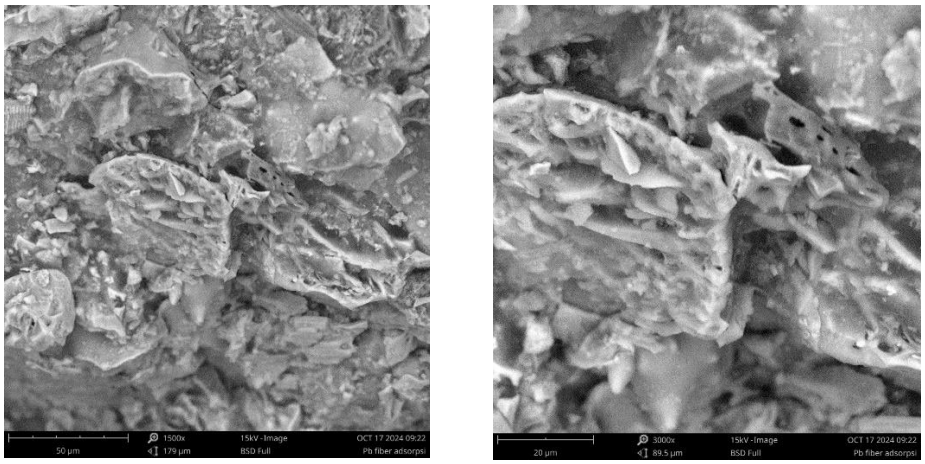
(a) Perbesaran 1500 kali (b) Perbesaran 3000 kali



(a) (b)

Gambar 4. 4 Morfologi Fiber Adsorben Sekam Padi

(a) Perbesaran 1500 kali (b) Perbesaran 3000 kali



(a) (b)

Gambar 4. 5 Morfologi Fiber Adsorben setelah Adsorpsi
(a) Perbesaran 1500 kali (b) Perbesaran 3000 kali

Berdasarkan hasil morfologi SEM yang ditunjukkan pada Gambar 4.3 sampai dengan Gambar 4.6 terdapat beberapa perubahan morfologi pada tiap tiap kategori. Pada Gambar 4.3 dimana adsorben sekam padi masih berbentuk serbuk dan belum dilakukan aktivasi memiliki ukuran pori yang lebih kecil dibandingkan adsorben sekam padi yang sudah dilakukan aktivasi. Ukuran pori serbuk sekam padi sebelum dan sesudah aktivasi berturut turut berada pada kisaran 2,16 – 5,86µm dan 9,2µm. Ukuran pori pada adsorben sekam padi yang sudah diaktivasi memiliki jumlah pori yang lebih besar dan juga jumlah nya yang lebih banyak dibandingkan pada adsorben sekam padi yang belum dilakukan aktivasi.

4.2 Hasil Uji Adsorbsi

Berikut ini merupakan rencana anggaran biaya pengujian yang dibutuhkan selama pelaksanaan penelitian seperti yang dapat dilihat pada tabel 4.1.

4.2.1 Variasi Massa Adsorben

Tahap awal untuk menentukan efektivitas adsorben yaitu dengan menentukan variasi massa.Peningkatan jumlah atau massa adsorben seharusnya akan menignkatkan nilai efektivitas proses adsorbsi atau peningkatan jumlah pencemar (logam berat) yang dapat dijerap oleh adsorben.

Sehingga penurunan kadar pencemar (logam berat) yang terdapat di dalam air. Seiring dengan banyaknya jumlah pencemar yang dijerap oleh adsorben, maka pori atau situs aktif pada adsorben juga akan berkurang (Jisha et al,2017).

Variasi massa fiber adsorben yang digunakan pada penelitian ini yaitu 0mg, 50mg, 100mg, 200mg,300mg, dan 500mg. Waktu pengadukan awal yang digunakan pada variasi massa fiber adsorben ini se-lama 120 menit (Waktu kontak yang digunakan untuk tiap variasi massa adalah sama). pH awal yang digunakan untuk variasi massa juga disamakan untuk setiap variasi massa, dengan pH yang digunakan yaitu pH 5.

Data hasil AAS dan efektivitas fiber adsorben sekam padi dalam uji adsorpsi variasi massa dari proses penyerapan Pb (timbal) dengan variasi massa 0mg,50mg, 100mg, 200mg, 300mg, dan 500mg dapat dilihat pada Tabel 4.1

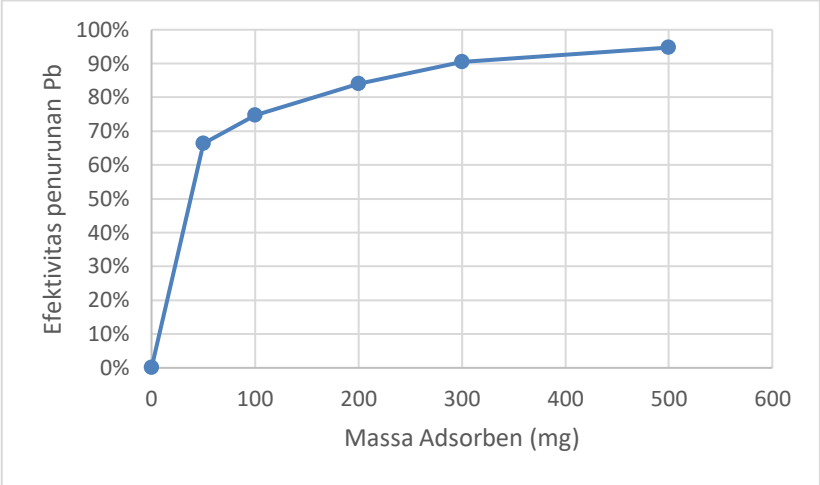
Tabel 4. 1 Hasil Adsorbsi Variasi Massa

Massa Adsorben (mg)	pH awal	Konsentrasi (mg/L)		pH akhir	% Removal
		Sebelum Adsorbsi (mg/L)	Setelah Adsorbsi (mg/L)		
0	5	11,8	11,8	5	0
50			3,97		66,4
100			2,99		74,7
200			1,89		84,0
300			1,13		90,4
500			0,621		94,7

Dari tabel hasil adsorbsi variasi massa pada Tabel 4.1 dapat dilihat jika penambahan massa fiber adsorben sekam padi meningkatkan nilai efektivitas adsorbsi. Hal itu ditandai dengan penurunan konsentrasi Pb (timbal) dari kondisi awal 11,8ppm, dan setelah proses adsorbsi mengalami penurunan kadar pB sampai dengan konsentrasi 0,621ppm. Persentase efektivitas atau penurunan kadar Pb (timbal) yang paling besar yaitu 94,7% dengan massa fiber adsorben sekam padi yang digunakan sebanyak 500mg.

Hal yang serupa juga terjadi pada penelitian yang dilakukan oleh (Siswoyo et al., 2018) dimana efektivitas penyerapan dari fiber adsorben yang digunakan meningkat seiring dengan penambahan jumlah adsorben yang digunakan.

Hasil plotting data uji tersebut menggunakan grafik untuk melihat gambaran hubungan antara variasi massa dengan efektivitas adsorben dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4. 6 Plotting Variasi Massa

Setelah didapatkan hasil pembacaan AAS adsorpsi Pb dengan variasi massa, efektivitas tertinggi terdapat di 94,7% dengan massa fiber adsorben yang digunakan 500mg. Namun untuk variasi selanjutnya akan menggunakan 300mg dengan tingkat efektivitas 90,4%. Variasi tersebut dipilih dengan pertimbangan selisih antara variasi massa 500mg dengan variasi massa 300mg yang tidak terlalu jauh. Sehingga massa 300mg dipilih untuk digunakan pada variasi selanjutnya.

4.2.2 Variasi Waktu Kontak

Setelah uji variasi massa adsorben dan didapatkan hasil variasi massa yang paling efektif. Hasil tersebut kemudian digunakan untuk variasi uji selanjutnya, variasi waktu kontak. Massa yang digunakan berdasarkan hasil uji variasi yang sudah dilakukan diagunakan massa 300mg. Kondisi yang sama diperlakukan untuk variasi waktu kontak, dimana pH yang digunakan untuk melakukan uji variasi waktu kontak yaitu pada pH 5. Beberapa variasi waktu yang digunakan dalam uji variasi waktu kontak mulai dari 15, 30, 45, 60, dan 120 menit. Uji variasi waktu kontak ini bertujuan untuk mencari berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk menjerap adsorbat paling banyak.

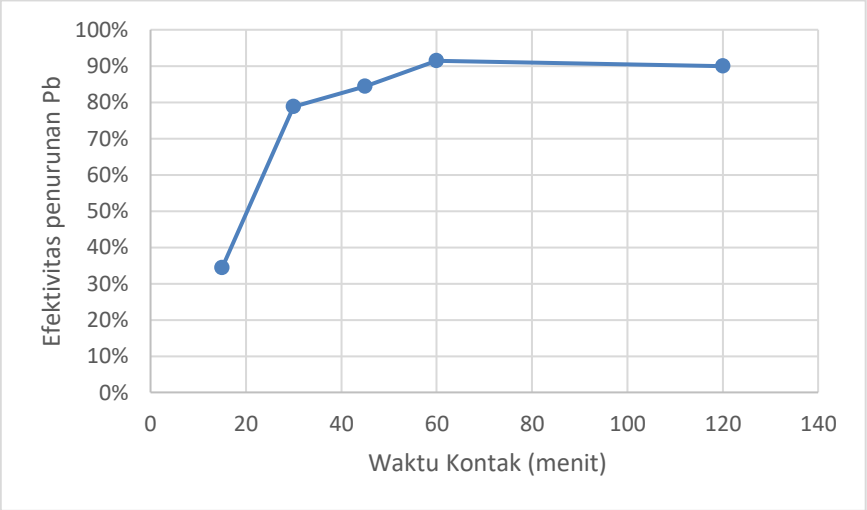
Data hasil uji variasi waktu kontak dengan fiber adsorben sekam padi dapat dilihat pada Tabel 4.2

Tabel 4. 2 Hasil Adsorbsi variasi waktu kontak

Massa Adsorben (menit)	pH awal	Konsentrasi (mg/L)		pH akhir	% Removal
		Sebelum Adsorbsi (mg/L)	Setelah Adsorbsi (mg/L)		
15	5	11,8	7,75	5	34,3
30			2,51		78,7
45			1,85		84,3
60			1,01		91,4
120			1,19		89,9

Dari hasil uji adsorpsi dengan variasi waktu kontak dengan rentang waktu pengadukan selama 15, 30, 45, 60, dan 120 menit. Data tersebut menunjukan adanya peningkatan efisiensi penyerapan seiring dengan penambahan waktu pengadukan. Dimana waktu yang paling efektif terdapat pada waktu pengadukan selama 60 menit, dengan efisiensi yang didapatkan sebesar 91,4% dari kondisi semula Pb sebesar 11,8 ppm, turun sampai dengan 1,01 ppm setelah dilakukan adsorpsi selama 60 menit.

Hasil data tersebut kemudian akan diplot ke dalam bentuk grafik untuk memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai bagaimana perbedaan dari tiap variasi waktu kontak. Plotting tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4. 7 Plotting Variasi Waktu Kontak

Berdasarkan hasil plotting pada grafik yang ditunjukkan pada gambar (berikut), efektivitas penyerapan adsorbat meningkat seiring dengan penambahan waktu kontak atau pengadukan selama adsorpsi. Waktu kontak yang paling efektif dalam variasi waktu kontak didapatkan pada waktu 60 menit, dengan efektivitas 91,4%. Namun pada waktu kontak 120 menit menunjukkan adanya sedikit penurunan efektivitas penyerapan adsorbat dengan tingkat efektivitas 89,9%. Penurunan tersebut tidak terlalu signifikan, namun kemungkinan dari penurunan tersebut dapat disebabkan dari adanya proses desorpsi ketika waktu kontak atau waktu pengadukan dilakukan lebih lama dari waktu optimumnya.

4.2.3 Variasi pH

Setelah uji variasi waktu kontak didapatkan hasil variasi waktu kontak yang paling efektif dalam menurunkan kadar Pb (timbal). Hasil tersebut kemudian digunakan untuk variasi uji selanjutnya, variasi pH. Dari kedua hasil uji sebelumnya telah didapatkan massa yang optimum dan juga waktu kontak optimum berturut-turut yaitu 300mg dan 60 menit. Untuk variasi pH yang akan digunakan yaitu mulai dari pH 3, pH 4, pH 5, pH 6, pH 7, dan pH 8. Uji variasi pH bertujuan untuk menentukan nilai pH yang paling efektif dalam proses adsorpsi menggunakan fiber sekam padi.

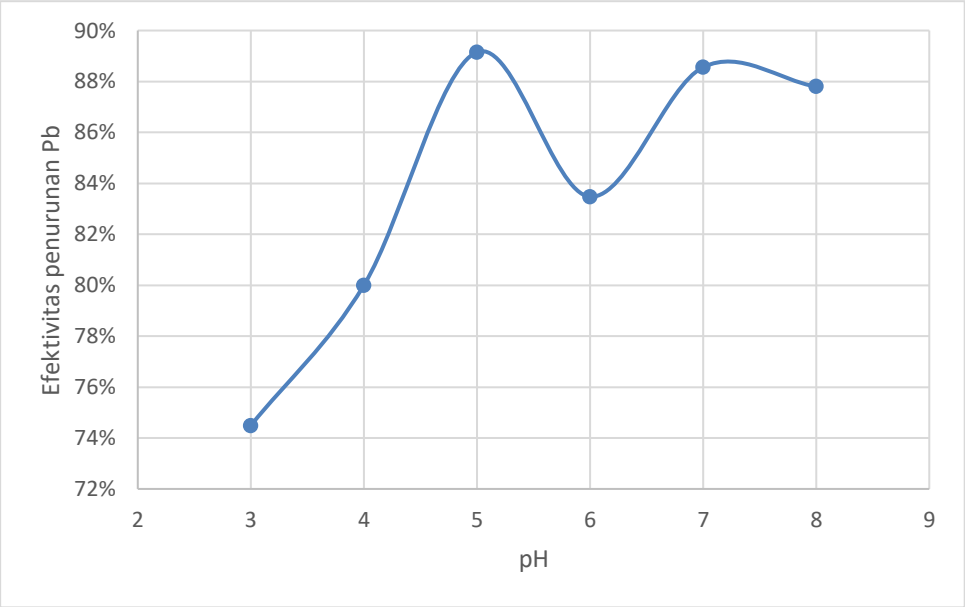
Untuk setiap variasi akan menggunakan perlakuan yang sama, massa dan juga waktu kontak yang diberlakukan untuk setiap variasi pH dengan konsentrasi awal yaitu 11,8ppm. Data hasil uji variasi pH dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Hasil Adsorbsi Variasi pH

pH	pH awal	Konsentrasi (mg/L)		pH akhir	% Removal
		Sebelum Adsorbsi	Setelah Adsorbsi		
3	3	11,8	3,01	3	74,49
4	4		2,36	4	80,00
5	5		1,28	5	89,15
6	6		1,95	6	83,47
7	7		1,35	7	88,56
8	8		1,44	8	87,80

Dari hasil pembacaan AAS uji variasi pH yang ditampilkan pada tabel 4.3 data yang didapatkan dengan efisiensi adsorpsi tertinggi yaitu pada nilai pH 5, dengan efisiensi sebesar 89,2%. Sedangkan efisiensi terrendah yaitu pada pH 3 dengan efisiensi adsorpsi sebesar 74,5%.

Setelah hasil data variasi pH yang sudah diuji didapatkan, kemudian untuk mendapatkan gambaran bagaimana perbedaan efisiensi adsorpsi dari tiap variasi pH. Grafik akan digunakan untuk melakukan plotting data hasil adsorpsi variasi pH. Hasil plotting dapat dilihat pada grafik yang ditampilkan pada Gambar 4.8.



Gambar 4. 8 Plotting Variasi pH

Grafik hasil uji tersebut menunjukkan nilai pH yang paling efektif dalam menurunkan parameter Pb (timbal), yaitu pada nilai pH 5 dengan efektvitas 89,2%. Dari hasil tersebut juga dapat dilihat bahwa nilai efektivitas yang fluktuatif, dengan puncaknya pada pH 5 kemudian turun pada pH 6, naik kembali di nilai pH 7 tapi kembali mengalami penurunan pada pH 8. Penurunan yang terjadi pada proses adsorpsi ini dapat disebabkan adanya hidrolisis pada ion Pb . Ion logam tersebut yang akan berkaitan dengan ion OH^-. Hal tersebut juga dapat menyebabkan adanya pengendapan terhadap ion Pb. Proses tersebut juga akan mempengaruhi dalam proses adsorpsi (Suhud et al., 2012).

4.2.4 Variasi Konsentrasi

Setelah selesai melakukan tiga variasi uji sebelumnya. Didapatkan beberapa data optimum seperti massa, pH, dan waktu kontak. Untuk variasi konsentrasi yang akan digunakan yaitu 10ml, 25ml, 50ml, 75ml, 100ml, dan 150ml yang direncanakan. Penggunaan variasi konsentrasi yang tinggi ini ditujukan untuk melihat pada konsentrasi berapa adsorben mencapai titik kesetimbangan. Hal tersebut dikarenakan hasil pengujian pada variasi sebelumnya, Dimana hasil removal cukup tinggi.

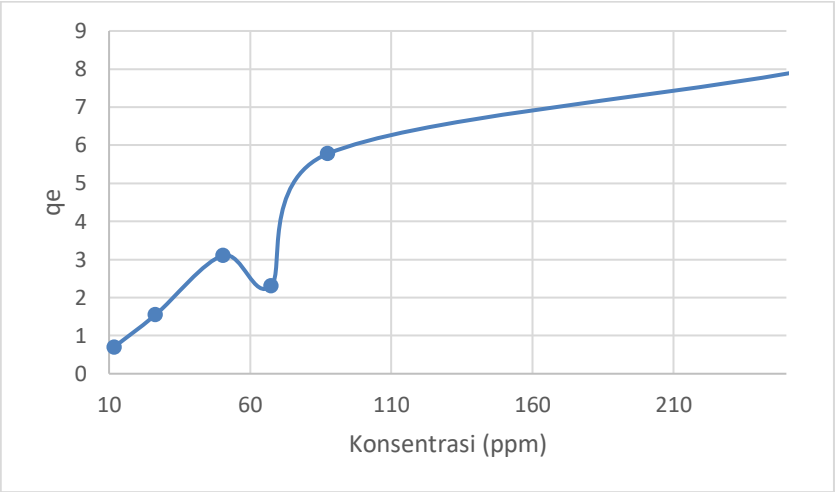
Massa adsorben, pH dan, waktu kontak yang akan digunakan mengikuti hasil uji variasi sebelumnya. Dimana untuk variasi massa menggunakan 300mg, variasi pH menggunakan pH 5 dan untuk waktu kontak yang digunakan selama 60 menit. Tujuan dari dilakukannya uji variasi konsentrasi ini untuk mengerahui kadar maksimum kemampuan adsorben dalam menyerap ion logam Pb (timbal) dengan menggunakan kondisi optimum dari variasi massa, pH, dan waktu kontak. Hasil pembacaan AAS dari uji variasi konsentrasi dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4. 4 Hasil Adsorbsi Variasi Konsentrasi

pH awal	Konsentrasi		pH akhir	Removal %	ΔC	qe
	Sebelum Adsorbsi	Setelah Adsorbsi				
5	4,61	2,74	5	40,56	1,9	0,124667
	11,8	1,28		89,15	10,5	0,701333
	26,5	3,255		87,72	23,2	1,549667
	50,5	3,92		92,24	46,6	3,105333
	67,5	32,8		51,41	34,7	2,313333
	87,5	0,85		99,03	86,7	5,776667
	252	133,45		47,04	118.6	7,903333

Untuk mengetahui bagaimana pengaruh variasi konsentrasi terhadap Tingkat penyerapan adsorbat oleh fiber adsorben sekam padi, visualisasi dari hasil data pada Tabel 4.4 dapat dilihat pada hasil plotting grafik yang ditunjukan pada Gambar 4.9

.



Gambar 4. 9 Plotting Variasi Konsentrasi

Dilihat dari hasil data yang ditunjukkan pada Tabel 4.4 dan juga pada grafik dapat dilihat bahwa baik efektivitas adsorpsi ataupun konsentrasi adsorbat yang diserap oleh fiber adsorben mengalami perubahan seiring dengan penambahan tingkat konsentrasi adsorbat Pb. Dari Gambar 4.9 dapat dilihat bahwa terdapat penambahan jumlah adsorbat yand diserap oleh fiber adsorben sekam padi dengan Tingkat penyerapan tertinggi yaitu pada konsentrasi adsorbat 252ppm. Dengan jumlah adsorbat yang diserap (qe) yaitu 7,9mg/g.

Dari hasil penyerapan konsentrasi adsorbat ini didapatkan juga bahwa seiring dengan bertambah atau meningkatnya jumlah konsentrasi adsorbat, Tingkat penyeraapan adsorbat (qe) juga meningkat. Hasil tersebut juga mulai menunjukkan adanya titik kesetimbangan adsorben. Titik kesetimbangan ini mulai terlihat pada konsentrasi 87,5 hingga 252ppm. Dari Gambar 4.9 dapat dilihat bahwa nilai qe mulai melandai dengan titik penyerapan tertinggi yaitu 7,9mg/g.

4.3 Isoterm Adsorpsi

Isoterm adsorpsi merupakan pembandingan dalam menentukan tingkat kemampuan adsorpsi suatu adsorben dalam keadaan setimbang. Pembandingan antara fasa adsorpsi dengan distribusi adsorben (ce & qe). Terdapat dua metode isoterm yang akan digunakan, yaitu metode isoterm Langmuir dan metode isoterm Freundlich.

4.3.1 Isoterm Langmuir

Model isoterm pertama yang digunakan yaitu isoterm langmuir. Isoterm langmuir merupakan model kesetimbangan adsorpsi yang menunjukkan proses adsorpsi *monolayer* pada situs aktif adsorben sampai dengan kapasitasi situs aktif sudah dipenuhi oleh adsorbat selama proses adsorpsi (Cendekia & Afifah, 2023). Atau dalam kata lain, model isoterm langmuir ini menunjukkan proses suatu adsorben mampu menjerap adsorbat sampai kapasitas adsorpsi maksimum nya pada lapisan *monolayer* (tunggal)

Mengutip persamaan kesetimbangan adsorpsi / isotherm Langmuir dari (Siswoyo & . Mihara, Y. Tanaka, 2014) persamaan yang digunakan yaitu sebagai berikut

$$\frac{ce}{qe} = \frac{1}{qm} ce \frac{1}{KL.qm}$$

Keterangan :

ce = Konstanta Equilibrium (mg/L)

qe = Nilai Adsorpsi Logam saat Equillibirium (mg/g)

qm = Kapasitas Adsorpsi

KL = Konstanta Langmuir

Dari data yang sudah didapatkan dari hasil pengujian sebelumnya (variasi konsentrasi), kemudian dihitung kemampuan maksimum adsorpsi menggunakan Langmuir. Hasil perhitungan data dapat dilihat pada Tabel 4.5

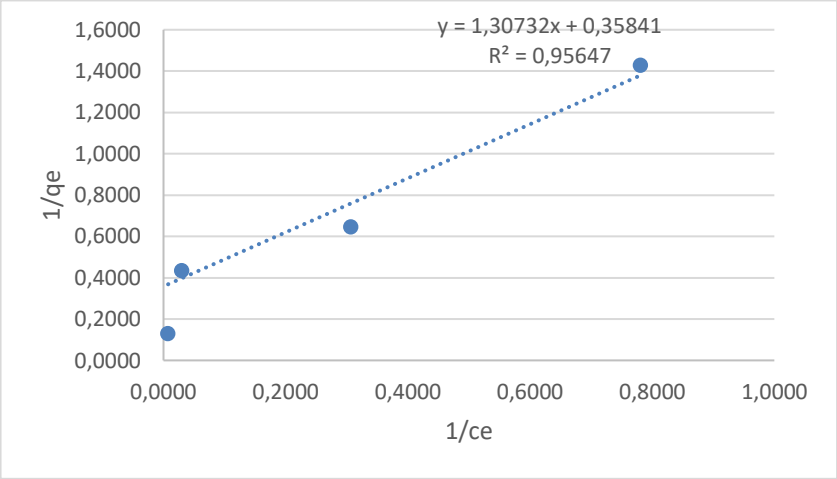
Tabel 4. 5 Data Perhitungan Isoterm Langmuir

Massa Adsorben (mg)	pH (awal & akhir)	C Rencana (mg/L)	C Awal (mg/L)	C Akhir (mg/L)	ΔC	qe (mg/g)	Volume (L)	1/qe	1/ce
300	5	10	11,8	1,28	10,52	0,70	0,02	1,4259	0,7813
300		25	26,5	3,255	23,245	1,55	0,02	0,6453	0,3072
300		75	67,5	32,8	34,7	2,31	0,02	0,4323	0,0305
300		150	252	133,45	118,55	7,90	0,02	0,1265	0,0075

Untuk mencari nilai qe pada Tabel 4.5 di atas menggunakan rumus

$$qe = \frac{(\Delta c \; x \; volume \; larutan)}{massa \; adsorben}$$

Data yang digunakan untuk memnentukan Isoterm Langmuir berbeda dengan hasil uji variai konsentrasi, varisu pH, variasi waktu kontak, dan variasi massa. Hal tersebut dikarenakan adanya nilai error pada data dengan konsentrasi rencana 50mg/L dan 100mg/L. Setelah didapatkan data hasil perhitungan tersebut, kemudian dilakukan plotting untuk menentukan Kapasitas Adsorbsi dan Konstanta Langmuir dengan menggunakan 1/ce dan 1/qe untuk membuat plotting. Hasil plotting dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4. 10 Plotting Konstanta Langmuir

Dari hasil plotting tersebut didapatkan nilai y = bx + a dan nilai R^2 Dari hasil regresi linear.

Keterangan :

b = 1,30732

a = 0,35841

R^2 = 0,95647

Kemudian dilanjutkan untuk menghitung nilai qm (Kapasitas Adsorpsi) dan Konstanta Langmuir dengan cara perhitungan sebagai berikut :

Qm = 1/a

= 1 / 0,35841

= 2,7901 mg/g

KL = $\frac{1}{b.Qm}$

= $\frac{1}{1.30732\ x\ 2.7901\ (mg/g)}$

= 0,27416 / mg

Dari hasil perhitungan menggunakan Isoterm Langmuir tersebut. Nilai Kapasitas Adsorpsi sebesar 2,7901mg/g dan nilai Konstanta Langmuir sebesar 0,27416 /mg. Namun hasil dari nilai Kapasitas Adsorpsi dan juga Konstanta Langmuir ini masih belum dapat dikatakan valid. Hal tersebut dikarenakan data yang digunakan untuk menghitung Isoterm Langmuir ini

menggunakan hasil data uji variasi konsentrasi. Dimana pada data uji variasi konsentrasi nilai efektivitas atau removal yang fluktiatif. Dimana seharusnya efisiensi removal akan semakin menurun seiring dengan penambahan konsentrasi adsorbat. Sehingga mempengaruhi hasil data perhitungan Isoterm Langmuir.

4.3.2. Isoterm Freundlich

Model isoterm Freundlich merupakan model kesetimbangan adosrpsi yang menunjukkan proses adsorpsi pada lapisan *multilayer*. Selain menunjukkan proses adsorpsi pada lapisan *multilayer*, model kesetimbangan adsorpsi Freundlich juga digunakan untuk memberikan gambaran reversibel adsorpsi (Miri & Narimo, 2022). Persamaan yang digunakan dalam metode kesetimbangan adsorpsi Freundlich yaitu

$Qe = Kf \, . \, Ce^{1/n}$

Keterangan :

Qe = zat yang teradsorpsi (mg/g)

Ce = Konsentrasi saat kesetimbangan (mg/L)

Kf = Konstanta Freundlich

N = Konstanta

Jika nilai konstanta adsorpsi n = 1 maka jenis adsorpsi yang terjadi merupakan linear. Jika nilai konstanta adsorpsi n lebih kecil dari 1 proses adsorpsi yang terjadi merupakan adsorpsi kimia. Jika nilai konstanta adsorpsi n lebih besar dari 1, maka jenis adsorpsi yang terjadi merupakan adsorpsi fisika.

Untuk menghitung zat yang teradsorpsi (Qe) cara yang digunakan sama seperti yang terdapat di model isotherm Langmuir, yaitu

$$qe = \frac{(\Delta c \; x \; volume \; larutan)}{massa \; adsorben}$$

Kemudian untuk menentukan nilai Konstanta Freundlich (Kf) dan nilai Konstanta (n) digunakan persamaan sebagai berikut :

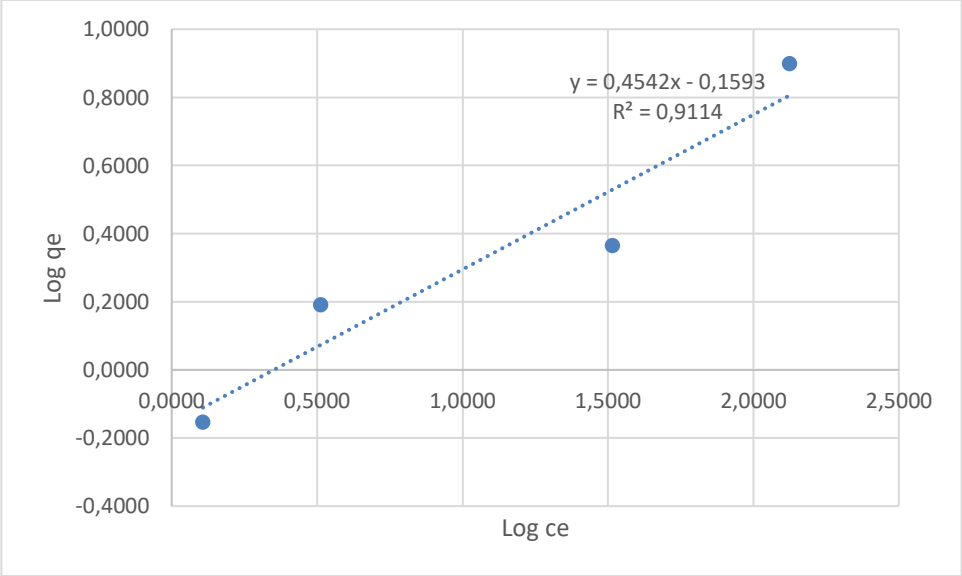
$$\log(Qe) = \log Kf + \frac{1}{n}\log(Ce)$$

Hasil perhitungan nilai Konstanta Freundlich (Kf) dan nilai Konstanta (n) dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4. 6 Perhitungan Model Isoterm Freundlich

Massa Adsorben (mg)	pH (awal & akhir)	C Rencana	C Awal	C Akhir	ΔC	qe (mg/g)	Volume (L)	Log qe	Log ce
300	5	10	11,8	1,28	10,52	0,70	0,02	-0,1541	0,1072
300		25	26,5	3,255	23,245	1,55	0,02	0,1902	0,5126
300		75	67,5	32,8	34,7	2,31	0,02	0,3642	1,5159
300		250	252	133,45	118,55	7,90	0,02	0,8978	2,1253

Kemudian setelah didapatkan hasil perhitungan Konstanta Freundlich akan dilakukan plotting menggunakan grafik pada Gambar



Gambar 4. 11 Hasil Plotting Isoterm Freundlich

Dari Hasil plotting didapatkan nilai Konstanta Freundlich (Kf) dan juga nilai Konstanta (n) dari persamaan y = 0,4542x + 0,1593 dan R^2 sebesar 0,9114. Konstanta Freundlich (Kf) dan Konstanta Adsorpsi (n) didapatkan dari :

n = 1/b

n = 1/0,4542

n = 2,02167

ln Kf = a

ln Kf = 0,1593

Kf = 1,17269

4.3.3. Penentuan Model Kesetimbangan Adsorpsi (Isoterm)

Untuk menentukan model kesetimbangan adsorpsi atau model Isoterm yang digunakan, yaitu dengan membandingkan nilai R^2 yang diperoleh dari masing masing model Isoterm. Perbandingan antara nilai R^2 Isoterm Langmuir dan Isoterm Freundlich dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4. 7 Perbandingan Model Isoterm

Adsorben	**Isoterm Langmuir**		
Fiber Adsorben Sekam Padi	R^2	Qm	KL
	0,95647	2,790101	0,274156289
	Isoterm Freundlich		
	R	n	Kf
	0,9114	2,201673	1,172689701

Untuk menentukan model Isoterm dari data yang ditampilkan pada Tabel 4.7 yaitu dengan melihat nilai R^2 pada masing masing model Isoterm yang digunakan. Model Isoterm yang digunakan yaitu yang memiliki nilai R^2 paling mendekati 1. Berdasarkan data yang terdapat pada Tabel 4.7, model Isoterm yang memiliki nilai R^2 paling mendekati 1 yaitu pada model Isoterm Langmuir. Dimana nilai R^2 pada Isoterm Langmuir yaitu 0,95647.

Setelah mengetahui model isoterm yang digunakan, yaitu Model Isoterm Langmuir. Kemudian akan dilihat karakterisitik dari Isoterm yang sudah ditentukan yaitu Isoterm Langmuir. Untuk melihat karakteristiknya dapat

digunakan parameter kesetimbangan yang dilambangkan dengan R_L. Persamaan yang digunakan untuk menentukan nilai parameter kesetimbangan yaitu :

$$\mathrm{RL} = \frac{1}{1 + (KL\,.\,C0)}$$

Keterangan :

R_L = Parameter Kesetimbangan

KL = Koefisien Langmuir

C0 + Konsentrasi Awal

Keterangan atau kategori dari nilai parameter kesetimbangan yang sesuai yaitu didefinisikan sebagai berikut :

$R_L > 1$ = Kurang baik

$R_L = 1$ = Linear

$R_L = 0$ = Ireversibel

$0 < R_L < 1$ = baik

Hasil yang didapatkan dari perhitungan parameter kesetimbangan berdasarkan konsentrasi minimum 10mg/L dan konsentrasi maksimum 250mg/L secara berturut yaitu, 0,267 dan 0,014. Hasil tersebut menunjukkan nilai kesetimbangan berada di rentang $0 < R_L < 1$, namun nilai tersebut lebih mendekati pada nilai 0, dimana $R_L = 0$ merupakan adsorbsi ireversibel. Maka hasil dari adsorpsi tersebut termasuk dalam kategori baik, dan adsorbat berikatan kuat dengan adsorben sehingga adsorbat yang sudah diserap oleh adsorben yang digunakan ini tidak dapat terlepas kembali, sehingga adsorben dapat mengikat adsorbat dengan baik pada permukaan adsorben.

BAB V
SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Seteleha melakukan pengujian untuk menentukan kondisi optimum dari fiber adsorben sekam padi. Kesimpulan yang dapat diberikan dari hasil pembahasan yang sudah dilakukan sebagai berikut :

1. Kondisi optimum dari tiap variasi yang dilakukan yaitu, pada variasi massa kondisi optimum didapatkan pada variasi massa 300mg dengan efisiensi removal sebesar 90,42%. Pada variasi waktu kontak hasil efisiensi removal yang didapatkan sebesar 91,44% dengan waktu kontak 60 menit. Pada variasi pH didapatkan efisiensi removal optimum sebesar 89,15% pada pH 5. Pada variasi konsentrasi didapatkan hasil removal tertinggi pada konsentrasi 87,5ppm, dan jumlah adsorbat yang dapat diserap adsorben mulai mencapai kesetimbangan pada konsentrasi 252ppm dengan qe sebesar 7,9mg/g.
2. Setelah didapatkan hasil dari kondisi optimum dari pengujian variasi massa, waktu kontak, pH dan konsentrasi kemudian dilakukan perbandingan isotherm untuk melihat kemampuan adsorpsi adsorben dalam keadaan setimbang. Berdasarkan hasil perbandingan antara Model Isoterm Langmuir dan Model Isoterm Freundlich. Model Isoterm yang dipilih yaitu Model Isoterm Langmuir. Hal tersebut dilihat dari nilai R^2 kedua model isotherm. Dimana Model Isoterm Langmuir memiliki nilai R^2 mendekati 1, yaitu 0,95647 dengan kapasitas adsorpsi sebesar 2,7901mg/g.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan dari hasil penelitian yang sudah dilakukan untuk penelitian selanjutnya dan juga sebagai perbaikan dari penelitian yang sudah dilakukan sebagai berikut :

1. Melakukan pengujian lebih lanjut terhadapa variasi konsentrasi untuk mendapatkan hasil yang lebih valid dengan memperbaiki eror yang terdapat pada variasi konsentrasi yang ada pada penelitian ini.
2. Menggunakan air limbah industri untuk menguji kemampuan adsorpsi dari fiber adsorben sekam padi jika diterapkan pada kasus nyata.
3. Melakukan perbandingan terhadap metode variasi aktivasi dari fiber adsorben sekam padi.

DAFTAR PUSTAKA

Abdurrahman, Suhendrayatna, & Syahiddin DS. (2016). PENGARUH AKTIVASI ADSORBEN BIOMASSA TERHADAP GUGUS HIDROKSIL PADA PROSES ADSORPSI ION LOGAM TIMBAL (Pb). *Jurnal Teknik Kimia USU*, *5*(3), 7–11. https://doi.org/10.32734/jtk.v5i3.1538

Anggriawan, A., Atwanda, M. Y., Lubis, N., & Fathoni, R. (2019). KEMAMPUAN ADSORPSI LOGAM BERAT Cu DENGAN MENGGUNAKAN ADSORBEN KULIT JAGUNG (Zea Mays). *Jurnal Chemurgy*, *3*(2), 27. https://doi.org/10.30872/cmg.v3i2.3581

Astuti, W. (2018). Adsorpsi Menggunakan Material Berbasis Lignoselulosa. In *Unnes Press*.

Budiastuti, P., Mursid, R., & Nikie, A. Y. D. (2013). ANALISIS PENCEMARAN LOGAM BERAT TIMBAL DI BADAN SUNGAI BABON KECAMATAN GENUK SEMARANG Putri. *Jurnal Kesehatan Masyarakat (e-Journal)*, *4*(5), 119–125. https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jkm/article/view/14489

Cendekia, D., & Afifah, D. A. (2023). Model Isoterm Adsorpsi Langmuir Pada Analisis Daya Serap Iodium INFORMASI ARTIKEL ABSTRAK. *Journal Applied of Science and Chemical Engineering*, *1*(2), 38–43.

Fitria, T. A. (2022). *PEMANFAATAN AMPAS TEBU SEBAGAI FIBER ADSORBENT TERENKAPSULASI NA-ALGINAT SEBAGAI ADSORBEN LOGAM BERAT PB (II) DALAM AIR Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan TATA AHIDA FIT*. *Ii*.

Indirawati, S. (2017). *Pencemaran Logam Berat Pb dan Cd dan Keluhan Kesehatan pada Masyarakat di Kawasan Pesisir Belawan*. 54–60.

Ishaq, M., Rumiati, A. T., & Permatasari, E. O. (2016). Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Produksi Padi di Provinsi Jawa Timur Menggunakan Regresi Semiparametrik Spline. *Jurnal Sains Dan Seni*

ITS, *5(2)*, 420.

Junaedi, N. ., Marclar, F., & Selintung, M. (2013). Pemanfaatan Arang Sekam Padi sebagai Adsorben untuk Menurunkan Ion Logam Berat dalam Air Limbah Timbal (Pb). *Universitas Hasanuddin*.

Lubis, R. A., Nasution, H. ., & Zubir. (2020). Production of Activated Carbon from Natural Sources for Water Purification. *Indonesian Journal of Chemical Science and Technology*, *3(2)*, 67–73.

Mas'ruf, A., Pramudono, B., & Aryanti. (2017). Lignin isolation process from rice husk by alkaline hydrogen peroxide; Lignin and silica extracted. *International Conference on Chemistry and Engineering (IC3PE).*

Miri, N. S. S., & Narimo. (2022). Review : Kajian Persamaan Isoterm Langmuir dan Freundlich pada Adsorpsi Logam Berat Fe (II) dengan Zeolit dan Karbon Aktif dari Biomassa. *Jurnal Kimia Dan Rekayasa*, *2*(2), 58–71. http://kireka.setiabudi.ac.id

Pamilia, & Coniwanti. (2008). *Pengaruh Proses Pengeringan Normalitas HCl, dan Temperatur Pembakaran pada Pembuatan Silika dari Sekam Padi.*

Rahman, Z. salsabila firdausi. (2023). *Modifikasi Batang Kangkung Air Dengan Carbon Nanotube Menjadi Fiber Adsorbent Untuk Menyerap Logam Kadmium Dalam Air*.

Sembiring, M., & Sinaga, T. (2003). *Arang Aktif Pengenalan dan Proses Pembuatannya. Sumatera Utara: Universitas SUmatera Utara.*

Siswoyo, E., & . Mihara, Y. Tanaka, S. (2014). Determination of Key Components and Adosrption Capacity of a Low Cost Adsorbent Based on Sludge of Drinking Water Treatment Plant to Adsorb Cadmium Ion in Water. *Apllied Clay Science*, *97–98*, 146–152.

Siswoyo, E., Adrian, A. R., & Tanaka, S. (2018). Bioadsorbent based on water hyacinth modified with citric acid for adsorption of methylene blue in water. *MATEC Web of Conferences*, *154*, 2–5. https://doi.org/10.1051/matecconf/201815401012

Soemirat, I. (2009). *Kesehatan Lingkungan*. Gajah Mada University Press.

Suhud, I., Tiwow, V., & Hamzah, B. (2012). ADSORPSI ION KADMIUM(II) DARI LARUTANNYA MENGGUNAKAN BIOMASSA AKAR DAN BATANG KANGKUNG AIR (Ipomoea aquatica Forks) (Adsorption of Cadmium(II) Ion from its Solution by Using Biomass of Roots and Stemsâ Water Spinach (Ipomoea Aquatic Forsk)). *Jurnal Akademika Kimia*, *1*(4), 224182.

Suryaningsih, S., Nurhilal, O., Yuliah, Y., & Salsabila, E. (2018). *Fabrication and Characterization of Rice Husk Charcoal Bio Briquettes*.

Takarani, P., Siska, F. N., & Fathoni, R. (2019). Pengaruh Massa dan Waktu Adsorben dari Kulit Jagung terhadap Konsentrasi Penyerapan. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi*, *1*, 17–21.

Ummah, S., Prasetyo, A., & Barroroh, H. (2010). Kajian Penambahan Abu Sekam Padi dari Berbagai Suhu Pengabuan terhadap Plastisitas Kaolin. *Alchemy*, *1(2)*, 53–103.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Perhitungan

1. Pembuatan larutan induk Pb 100mg/L dalam 500mL

   Mr $Pb(NO_3)_2$ = 331,2 g/mol

   Ar Pb = 207,19 g/mol

   $\frac{\text{Mr Pb(NO3)2}}{\text{Mr Pb(NO3)2}} = \frac{331{,}2\ g/mol}{207{,}19\ g/mol}\ x\ 100mg$

   = 159,85 mg

   = 0,1598 gram

   Larutan induk Pb yang akan dibuat sebanyak 500mL, maka 1,598 gram Pb $(NO_3)_2$ dikali dengan 0,5. Maka didapatkan 0,0799 gram massa $Pb(NO_3)_2$ yang dibutuhkan untuk membuat larutan induk Pb 100mg/L dalam 500mL. Namun hasil konsentrasi larutan yang dibuat masih belum mencapai target, Dimana hasil konsentrasi larutan setelah dilakukan pembacaan AAS berada di angka 46mg/L. sehingga untuk membuat larutan dengan konsentrasi 100mg/L dibutuhkan $\frac{100}{46} = 2{,}17$ kali lipat jumlah $Pb(NO_3)_2$ yang perlu ditimbang.

   Sehingga jumlah $Pb(NO_3)_2$ dibutuhkan yaitu 2,17 x 0,0799 gram = 0,1733 gram $Pb(NO_3)_2$ untuk membuat larutan induk Pb 100mg/L dalam 500mL.

2. Pembuatan larutan Asam Sitrat $C_6H_8O_7$

   Untuk melakukan aktivasi kimia pada adsorben sekam padi menggunakan asam sitrat 0,6 M. Larutan yang dibutuhkan untuk merendam adsorben sekam padi sebanyak 4mL untuk 1 gram adsorben. Sehingga untuk mengaktivasi 27 gram adsorben sekam padi dibutuhkan 108 mL larutan asam sitrat 0,6 M.

Mr $C_6H_8O_7$ = 192 g/mol

gram = M x Mr x Volume

= 0,6 M x 192 g/mol x 0,1 L

= 11,52 gram

Sehingga jumlah $C_6H_8O_7$ yang ditimbang sebanyak 11,52 gram untuk membuat 100 mL larutan asam sitrat 0,6 M.

3. Pengenceran larutan induk Pb 100mg/L menjadi 10mg/L

   C_1 x V_1 = C_2 x V_2

   100mg/L x V_1 = 10mg/L x 500mL

   $V_1 = \frac{C2\ x\ V2}{C1} = \frac{10mg/lx500mL}{100}$ = 50mL

   V_1 = 50mL

   Sehingga untuk membuat larutan Pb 10mg/L sebanyak 500mL dari larutan induk Pb 100mg/L dibutuhkan 50mL larutan induk Pb 100mg/L kemudian ditambahkan aquades sampai dengan volume 500mL.

4. Pembuatan Na alginate 4%

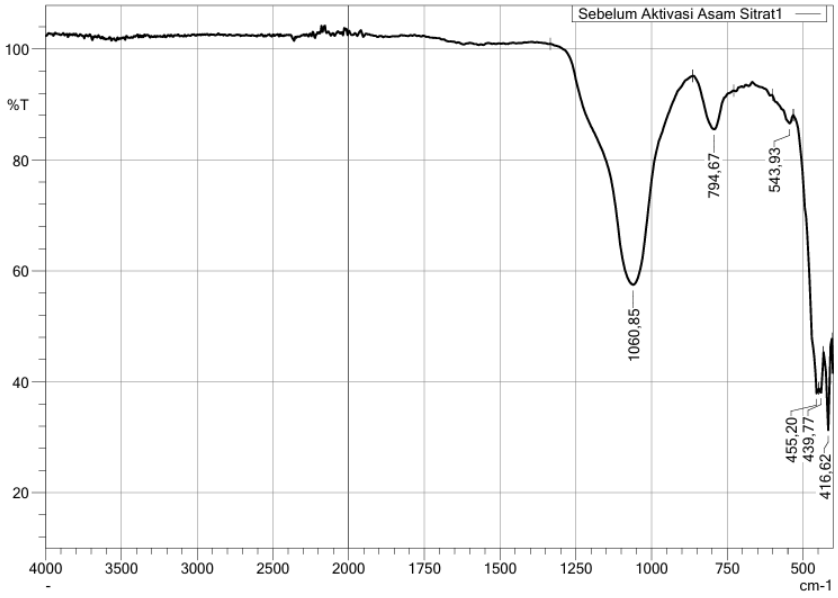
   Massa Na alginate = 4 gram

   Volume aquades = 100mL

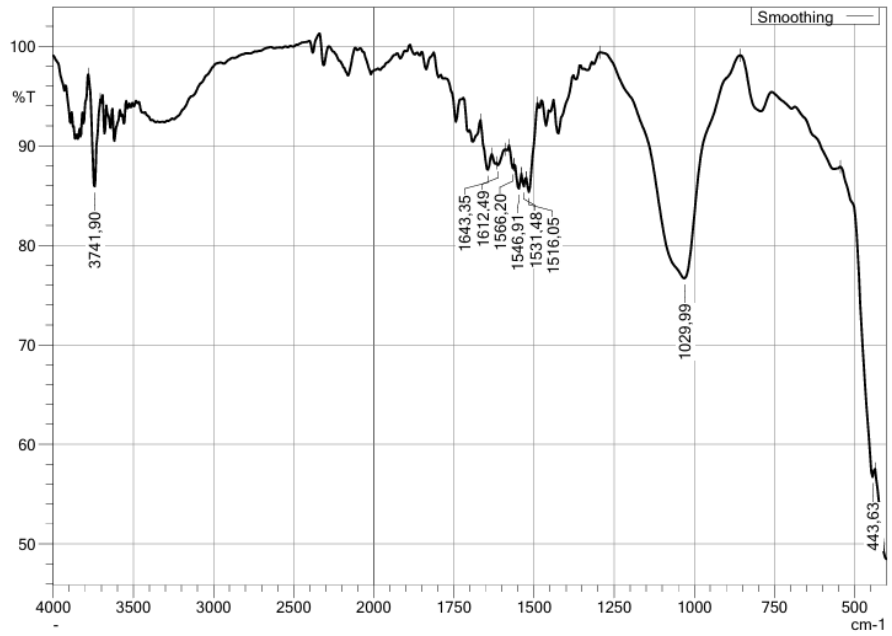
   $\%\frac{M}{v} = \frac{4\ gram}{100\ mL} = \frac{4g}{mL} = 4\%$

Lampiran 2 Karakterisasi Menggunakan FTIR

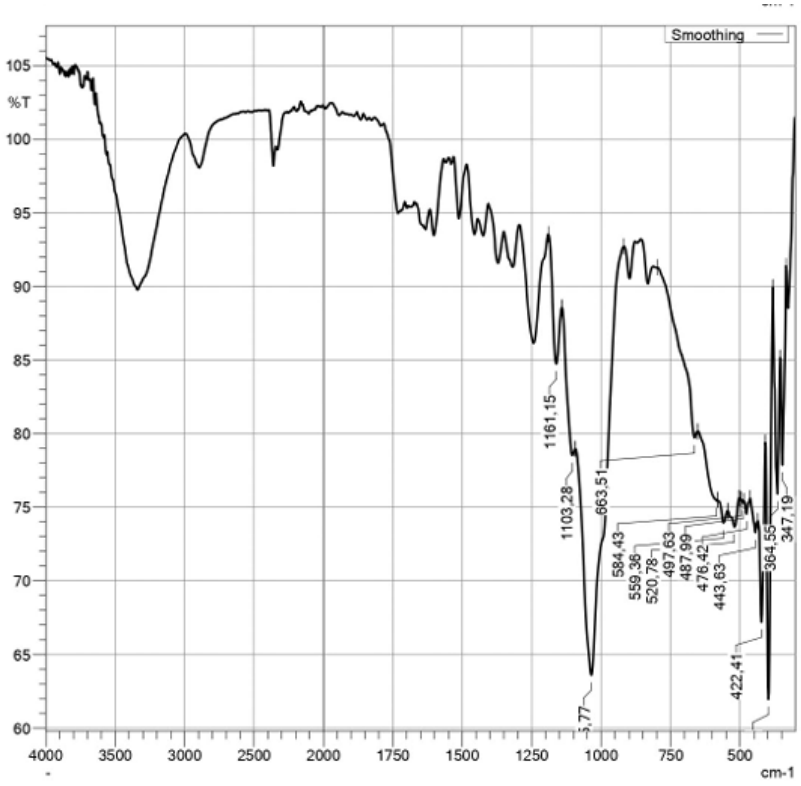
1. Adsorben Sekam Padi sebelum Dilakukan Aktivas Menggunakani Asam Sitrat



2. Adsorben Sekam Padi setelah Dilakukan Aktivasi Menggunakan Asam Sitrat



3. Adsorben Sekam Padi setelah Adsoropsi


Smoothing
105
%T
100
95
90
85
80
75
70
65
60
4000
3500
3000
2500
2000
1750
1500
1250
1000
750
500
cm-1
1161,15
1103,28
663,51
584,43
559,36
520,78
497,63
487,99
476,42
443,63
422,41
364,55
347,19
3,77

Lampiran 3 Dokumentasi

1. Proses Pembuaran Adsorben Sekam Padi

Penimbangan Sekam Padi sebelum Dimasukkan Furnace

Sekam Padi Dimasukkan ke dalam Furnace

Hasil Furnace Sekam Padi dengan Suhu 600^{o}C

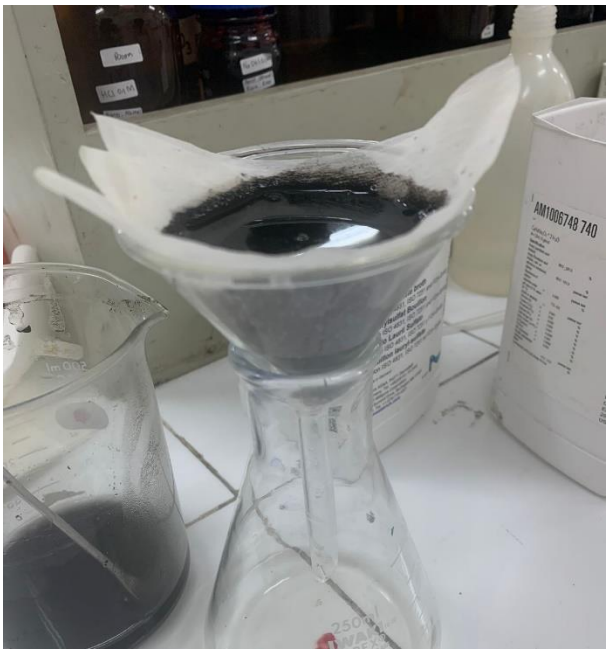
Adsorben Sekam Padi setelah Dihaluskan

Proses Pengayakan dengan Ukuran 100 mesh

2. Aktivasi dan Pembuatan Fiber Adsorben Sekam Padi

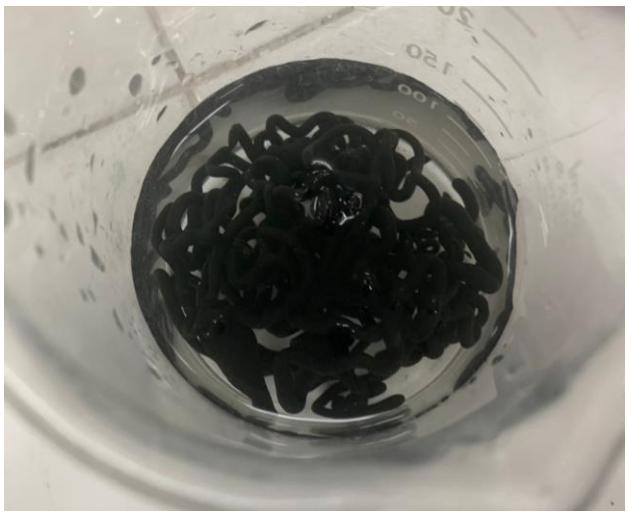
Penimbangan Adsorben untuk Menentukan Kebutuhan Asam Sitrat

Proses Aktivasi Adsorben Sekam Padi selama 48 Jam



Penyaringan Adsorben Sekam Padi setelah Aktivasi Menggunakan Asam Sitrat 0,6 M

Pembuatan Alginat Gel Adsorben Sekam Padi



Pembuatan Alginat Worm Fiber Adosrben Sekam Padi

Fiber Adsorben Sekam Padi

3. Pembuatan Larutan Induk dan Proses Adsorpsi

Proses Pembuatan Larutan Induk dan Pengukuran pH Larutan Induk

Penimbangan dan Tahap Adsorpsi

Lampiran 4 SNI 6989.8:2009 Air dan Air Limbah – Bagian 8: Cara Uji Timbal (Pb) secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) – Nyala

SNI

Standar Nasional Indonesia

SNI 6989.8:2009

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

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

ICS 13.060.50

Badan Standardisasi Nasional

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

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

1 Ruang lingkup

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

2 Istilah dan definisi

2.1
air bebas mineral
air yang diperoleh dengan cara penyulingan ataupun proses demineralisasi sehingga diperoleh air dengan konduktifitas lebih kecil dari 2 µS/cm

2.2
kurva kalibrasi
grafik yang menyatakan hubungan kadar larutan kerja dengan hasil pembacaan serapan yang merupakan garis lurus

2.3
larutan induk logam timbal (Pb)
larutan yang mempunyai kadar logam timbal 100 mg Pb/L yang digunakan untuk membuat larutan baku dengan kadar yang lebih rendah

2.4
larutan baku logam timbal (Pb)
larutan induk logam timbal yang diencerkan dengan air bebas mineral sampai kadar tertentu

2.5
larutan kerja logam timbal (Pb)
larutan baku logam timbal yang diencerkan, digunakan untuk membuat kurva kalibrasi

2.6
larutan blanko
air bebas mineral yang diasamkan atau perlakuannya sama dengan contoh uji

2.7
larutan pengencer
larutan yang digunakan untuk mengencerkan larutan kerja, yang dibuat dengan cara menambahkan asam nitrat pekat ke dalam air bebas mineral hingga pH ≤ 2

2.8
larutan pencuci
larutan yang digunakan untuk mencuci semua peralatan gelas dan plastik

2.9
matrix modifier
bahan yang digunakan untuk mengurangi gangguan matriks contoh uji

2.10
spike matrix
contoh uji yang diperkaya dengan larutan baku dengan kadar tertentu

3 Cara uji

3.1 Prinsip

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

3.2 Bahan

a) air bebas mineral;
b) asam nitrat (HNO_3) pekat p.a;
c) logam timbal (Pb) dengan kemurnian minimum 99,5%;
d) gas asetilen (C_2H_2) HP dengan tekanan minimum 100 psi;
e) larutan pengencer HNO_3 0,05 M;
   Larutkan 3,5 mL HNO_3 pekat ke dalam 1000 mL air bebas mineral dalam gelas piala.
f) larutan pencuci HNO_3 5% (v/v).
   Tambahkan 50 mL asam nitrat pekat ke dalam 800 mL air bebas mineral dalam gelas piala 1000 mL, lalu tambahkan air bebas mineral hingga 1000 mL dan homogenkan.
g) Larutan kalsium
   Larutkan 630 mg kalsium karbonat ($CaCO_3$) dalam 50 mL HCl (1+5). Bila perlu larutan dididihkan untuk menyempurnakan larutan. Dinginkan dan encerkan dengan air bebas mineral hingga 1 liter.
h) udara tekan.

3.3 Peralatan

a) Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)-nyala;
b) lampu katoda berongga (Hollow Cathode Lamp, HCL) timbal;
c) gelas piala 100 mL dan 250 mL;
d) pipet volumetrik pipet volumetrik 10,0 mL dan 50,0 mL;
e) labu ukur 50,0 mL ;100,0 mL dan 1000,0 mL;
f) Erlenmeyer 100 mL;
g) corong gelas;
h) kaca arloji;
i) pemanas listrik;
j) seperangkat alat saring vakum;
k) saringan membran dengan ukuran pori 0,45 µm;
l) timbangan analitik dengan ketelitian 0,0001 g; dan
m) labu semprot.

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

3.4 Pengawetan contoh uji

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

Wadah	:	Botol plastik (polyethylene) dan botol gelas
Pengawet	:	a) Untuk logam terlarut, saring dengan saringan membran berpori 0,45 μm dan diasamkan dengan HNO_3 hingga pH < 2. b) Untuk logam total, asamkan dengan HNO_3 hingga pH < 2
Lama Penyimpanan	:	6 bulan
Kondisi Penyimpanan	:	Suhu ruang

3.5 Persiapan pengujian

3.5.1 Persiapan contoh uji timbal terlarut

Siapkan contoh uji yang telah disaring dengan saringan membran berpori 0,45 μm dan diawetkan. Contoh uji siap diukur.

3.5.2 Persiapan contoh uji timbal total

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

a) homogenkan contoh uji, pipet 50,0 mL contoh uji dan masukkan ke dalam gelas piala 100 mL atau Erlenmeyer 100 mL;
b) tambahkan 5 mL HNO_3 pekat, bila menggunakan gelas piala, tutup dengan kaca arloji dan bila dengan Erlenmeyer gunakan corong sebagai penutup;
c) panaskan perlahan-lahan sampai sisa volumenya 15 mL - 20 mL;
d) jika destruksi belum sempurna (tidak jernih), maka tambahkan lagi 5 mL HNO_3 pekat, kemudian tutup gelas piala dengan kaca arloji atau tutup Erlenmeyer dengan corong dan panaskan lagi (tidak mendidih). Lakukan proses ini secara berulang sampai semua logam larut, yang terlihat dari warna endapan dalam contoh uji menjadi agak putih atau contoh uji menjadi jernih;

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

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

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

g) contoh uji siap diukur absorbansinya.

3.5.3 Pembuatan larutan baku logam timbal 100 mg Pb/L

a) timbang ± 0,16 g $Pb(NO_3)_2$, masukkan ke dalam labu ukur 1000,0 mL. Tambahkan sedikit HNO_3 1:1 (≈ 100 mg Pb/L);
b) tambahkan 10 mL HNO_3 pekat dan air bebas mineral hingga tepat tanda tera kemudian homogenkan;
c) hitung kembali kadar sesungguhnya berdasarkan hasil penimbangan.

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

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

3.5.4 Pembuatan larutan baku logam timbal 10 mg Pb/L

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

3.5.5 Pembuatan larutan kerja logam timbal (Pb)

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

3.6 Pembuatan kurva kalibrasi dan pengukuran contoh uji

3.6.1 Pembuatan kurva kalibrasi

Kurva kalibrasi dibuat dengan tahapan sebagai berikut:

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

CATATAN 1 Salah satu cara optimasi alat dengan uji sensitifitas.

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

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

3.6.2 Pengukuran contoh uji

Uji kadar timbal dengan tahapan sebagai berikut:

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

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

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

b) catat hasil pengukuran.

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

3.7 Perhitungan

Kadar logam timbal (Pb)

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

Keterangan:
C adalah kadar yang didapat dari hasil pengukuran, dinyatakan dalam miligram per liter (mg/L);
fp adalah faktor pengenceran.

4 Pengendalian mutu

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

Persen RPD

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

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

Persen temu balik (% recovery, %R)

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

Keterangan:
A adalah kadar contoh uji yang diperkaya (spike), dinyatakan dalam miligram per liter (mg/L);
B adalah kadar contoh uji, dinyatakan dalam miligram per liter (mg/L);
C adalah kadar standar yang ditambahkan (target value), dinyatakan dalam miligram per liter (mg/L).

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

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

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

5 Presisi dan bias

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

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

Lampiran A
(normatif)
Pelaporan

Catat pada buku kerja hal-hal sebagai berikut:

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

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