

TA/TL/2024/1948

TUGAS AKHIR
ADSORBEN BERBASIS SEKAM PADI UNTUK
PENURUNAN LOGAM KADMIUM (Cd) DALAM AIR

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



MUHAMMAD RISKI SAPUTRA
20513228

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

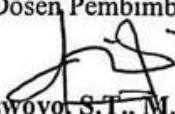
TUGAS AKHIR
ADSORBEN BERBASIS SEKAM PADI UNTUK
PENURUNAN LOGAM KADMIUM (Cd) DALAM AIR

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




MUHAMMAD RISKI SAPUTRA
20513228

Disetujui,
Dosen Pembimbing:


Ir. Eko Siswono, S.T., M.Sc.ES., Ph.D.
NIK. 025100406

Tanggal: 13 Desember 2024

Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII


Anv. Juliani, S.T., M.Sc. (Res.Eng), Ph.D.
NIK. 045130401

Tanggal: 13 Desember 2024

HALAMAN PENGESAHAN

**ADSORBEN BERBASIS SEKAM PADI UNTUK
PENURUNAN LOGAM KADIMIUM (Cd) DALAM AIR**

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

**Hari : Jumat
Tanggal : 13 Desember 2024**

Disusun Oleh:

**MUHAMMAD RISKI SAPUTRA
20513228**

Tim Penguji :

Ir. Eko Siswovo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D.

Hudori, S.T., M.T., Ph.D.

Puji Lestari, S.Si., M.Sc., Ph.D.



PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

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

Yogyakarta, 20 Desember 2024

Yang membuat pernyataan,



Muhammad Riski Saputra

NIM: 20513228

PRAKATA

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanahu wa ta'ala* atas rahmat seta segala karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Adsorben Berbasis Sekam Padi Untuk Penurunan Logam Kadmium (Cd) dalam Air” .

Tugas Akhir ini bertujuan memberikan pengetahuan dan wawasan kepada pembaca mengenai penggunaan adsorben sekam padi pada penurunan logam kadmium (Cd) dalam air. Selain itu, tugas akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan dari Program Pendidikan Strata Satu (S1) Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Pada kesempatan ini, saya sebagai penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu, mendukung dan mendoakan saya dalam penyusunan tugas akhir ini, yaitu kepada :

1. Allah SWT yang selalu melimpahkan nikmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Ayah dan ibu tercinta, orang tua yang sangat berjasa dalam hidup penulis. Terima kasih atas doa, cinta, dan segala bentuk yang telah diberikan, sehingga penulis merasa terdukung di segala pilihan dan keputusan yang diambil oleh penulis, serta tanpa lelah mendengar keluh kesal penulis hingga di titik ini. Semoga Allah SWT membrikan keberkahan di dunia maupun di akhirat, karena telah menjadi figur orangtua terbaik bagi penulis.
3. Bapak Ir. Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing yang selalu membimbing, memberikan arahan, semangat kritik, saran, serta penilaian sejak penulisan proposal tugas akhir hingga selesainya tugas akhir ini.
4. Bapak Hudori, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dosen Penguji yang telah memberikan kritik, saran dan arahan dalam penyelesaian tugas akhir ini.
5. Ibu Puji Lestari, S.Si., M.Sc., Ph.D. selaku Dosen Penguji yang telah memberikan kritik, saran dan arahan dalam penyelesaian tugas akhir ini.
6. Mas Ridwan Andri Yogana, A.Md.Si. selaku laboran yang telah membimbing dan memberikan arahan penulis selama melakukan penelitian.

7. Seluruh dosen, staff akademik, dan karyawan Program Studi Teknik Lingkungan UII yang telah memberikan ilmu serta bantuannya selama masa perkuliahan.
8. Teman–teman Angkatan 2020 yang sudah membantu dalam masa perkuliahan berlangsung.
9. Pihak-pihak lain yang telah membantu penulis selama perkuliahan di Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia.

Penulis menyadari bahwa masih ada kekurangan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini. Oleh karena itu, masukan dan saran sangat diharapkan agar menjadikan laporan tugas akhir ini menjadi lebih baik. Semoga laporan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat yang besar bagi pembacanya.

Yogyakarta, Oktober 2024

Muhammad Riski Saputra

ABSTRAK

Kadmium dianggap sebagai salah satu logam paling berbahaya. Dalam penggunaan adsorben yang efektif, terdapat beberapa adsorben yang dapat menyerap logam berat yaitu menggunakan adsorben dari limbah pertanian dan limbah pertanian ini banyak tersedia di negara berkembang. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan sekam padi dalam bentuk *fiber* adsorben dalam penurunan logam kadmium (Cd) yang terdapat dalam air menggunakan metode *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS) untuk mengukur kadar logam Cd, *Fourier Transform Infrared* (FTIR) untuk mengetahui gugus fungsi sekam padi dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) untuk mengetahui struktur adsorben sekam padi secara morfologi. Hasil pengujian FTIR menunjukkan setelah aktivasi terjadi perubahan struktur dengan gugus fungsi karboksil dan Si-O-Si. Hasil SEM menunjukkan *Fiber* adsorben sekam padi setelah dilakukan adsorpsi, pori-pori menjadi tertutup atau mengecil dikarenakan pori-pori tersebut mengadsorpsi kandungan kadmium pada saat pengujian. Hasil menunjukkan bahwa penggunaan adsorben sekam padi yang paling optimal pada variasi massa yaitu dengan massa 500 mg, variasi waktu yaitu dengan waktu kontak 45 menit, variasi pH yaitu dengan pH 8, dan variasi konsentrasi yaitu dengan konsentrasi 75 ppm. Isoterm yang sesuai dengan adsorpsi kadmium menggunakan *fiber* adsorben sekam padi yaitu dengan isoterm langmuir dengan nilai $R^2 = 0,9488$ dengan logam kadmium yang dapat diserap adsorben sekam padi adalah 4,4683 mg/g.

Kata kunci: *Fiber* Adsorben, Sekam Padi, Adsorpsi, Kadmium (Cd)

ABSTRACT

Cadmium is considered as one of the most dangerous metals. In the use of effective adsorbents, there are several adsorbents that can absorb heavy metals, namely using adsorbents from agricultural waste and agricultural waste is widely available in developing countries. This study aims to utilize rice husk in the form of fiber adsorbent in reducing cadmium (Cd) metal contained in water using Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) method to measure Cd metal content, Fourier Transform Infrared (FTIR) to determine the functional groups of rice husk and Scanning Electron Microscopy (SEM) to determine the morphological structure of rice husk adsorbent. FTIR test results showed that after activation there was a change in structure with carboxyl and Si-O-Si functional groups. SEM results showed that the rice husk adsorbent fiber after adsorption, the pores became closed or smaller because the pores adsorbed the cadmium content during the test. The results show that the most optimal use of rice husk adsorbent in mass variation is with a mass of 500 mg, time variation is with a contact time of 45 minutes, pH variation is with pH 8, and concentration variation is with a concentration of 75 ppm. The isotherm that corresponds to the adsorption of cadmium using rice husk adsorbent fiber is the Langmuir isotherm with a value of $R^2 = 0.9488$ with cadmium metal that can be absorbed by rice husk adsorbent is 4.4683 mg/g.

Keywords: Fiber Adsorbent, Rice Husk, Adsorption, Cadmium (Cd)

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	x
BAB I PENDAHULUAN	1
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Sekam Padi	4
2.2 Adsorpsi	4
2.3 Adsorben.....	5
2.4 Karbon Aktif.....	6
2.5 Logam Kadmium (Cd).....	6
2.6 Studi Terdahulu	7
BAB III METODE PENELITIAN	10
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian	10
3.2 Variabel Penelitian.....	10
3.3 Alat dan Bahan Penelitian	10
3.4 Tahapan Penelitian.....	11
3.5 Prosedur Analisis Data	12
3.6 Metode Analisis Data	18
BAB IV PEMBAHASAN	19
4.1 Karakterisasi Adsorben.....	19
4.2 Uji Pengaruh Massa	25
4.3 Uji Pengaruh Waktu Kontak.....	27
4.4 Uji Pengaruh pH	28
4.5 Uji Pengaruh Konsentrasi	30

4.6 Isoterm	31
4.6.1 Isoterm Langmuir	31
4.6.2 Isoterm Freundlich.....	33
4.6.3 Penentuan Isoterm	34
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	36
DAFTAR PUSTAKA	37
LAMPIRAN.....	41
RIWAYAT HIDUP	56

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu	7
Tabel 3.1 Alat dan Bahan.....	10
Tabel 4.1 Interpretasi Gugus Fungsi Adsorben Sekam Padi	22
Tabel 4.2 Hasil AAS Uji Variasi Massa	26
Tabel 4.3 Hasil AAS Uji Variasi Waktu.....	27
Tabel 4.4 Hasil AAS Uji Variasi pH.....	28
Tabel 4.5 Hasil AAS Uji Variasi Konsentrasi	30
Tabel 4.6 Data Penentuan Konstanta Langmuir	32
Tabel 4.7 Data Penentuan Konstanta Isoterm Freundlich.....	33
Tabel 4.8 Hasil Perbandingan Isoterm Langmuir dan Freundlich	34

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	12
Gambar 3.2 Diagram Pembuatan Serbuk Sekam Padi.....	13
Gambar 3.3 Diagram Pembuatan Serbuk Sekam Padi Teraktivasi Asam Sitrat...	13
Gambar 3.4 Diagram Pembuatan Larutan Alginat 4%	14
Gambar 3.5 Diagram Pembuatan <i>Fiber</i> Adsorben Sekam Padi.....	14
Gambar 3.6 Diagram Alir Uji Variasi Massa.....	16
Gambar 3.7 Diagram Alir Uji Variasi Waktu	16
Gambar 3.8 Diagram Alir Uji Variasi pH.....	17
Gambar 3.9 Diagram Alir Uji Variasi Konsentrasi.....	17
Gambar 4.1 Hasil Uji FTIR serbuk sekam padi sebelum aktivasi	20
Gambar 4.2 Hasil Uji FTIR serbuk sekam padi setelah aktivasi	20
Gambar 4.3 Hasil Uji FTIR <i>fiber</i> adsorben sekam padi sebelum adsorpsi	21
Gambar 4.4 Hasil Uji FTIR <i>fiber</i> adsorben sekam padi setelah adsorpsi	21
Gambar 4.5 Gabungan Hasil FTIR	22
Gambar 4.6 (a) Perbesaran 1500x Serbuk Sekam Padi Sebelum Aktivasi; (b) Perbesaran 3000x Serbuk Sekam Padi Sebelum Aktivasi	23
Gambar 4.7 (a) Perbesaran 1500x Serbuk Sekam Padi Setelah Aktivasi; (b) Perbesaran 3000x Serbuk Sekam Padi Setelah Aktivasi.....	24
Gambar 4.8 (a) Perbesaran 1500x <i>Fiber</i> Adsorben Sekam Padi Sebelum Adsorpsi; (b) Perbesaran 3000x <i>Fiber</i> Adsorben Sekam Padi Sebelum Adsorpsi.....	24
Gambar 4.9 (a) Perbesaran 1500x <i>Fiber</i> Adsorben Sekam Padi Setelah Adsorpsi; (b) Perbesaran 3000x <i>Fiber</i> Adsorben Sekam Padi Setelah Adsorpsi.....	25
Gambar 4.10 Grafik Efisiensi Removal Sekam Padi Variasi Massa	26
Gambar 4.11 Grafik Efisiensi Removal Sekam Padi Variasi Waktu.....	28
Gambar 4.12 Grafik Efisiensi Removal Sekam Padi Variasi pH.....	29
Gambar 4.13 Grafik Pengujian Variasi Konsentrasi.....	31
Gambar 4.14 Grafik Hasil Data Isoterm Langmuir	32
Gambar 4.15 Grafik Hasil Data Isoterm Freundlich.....	34

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada saat ini terjadi perkembangan dalam bidang industri di Indonesia. Perkembangan ini terjadi di berbagai industri seperti industri penyamakan kulit, industri tekstil, industri kertas, dan industri lainnya. Dengan berkembangnya industri, maka akan semakin bertambah juga limbah yang dihasilkan (Nurhasni, Hendrawati and Saniyyah, 2014). Dengan semakin bertambahnya volume limbah yang dihasilkan akan signifikan pula logam yang terkandung di limbah (Basheer 2018). Limbah yang dihasilkan dari industri ini memiliki kualitas yang dapat mengakibatkan dampak buruk bagi lingkungan dan kesehatan masyarakat (Ali, Gupta, and Aboul-Enein 2005).

Logam berat dapat berdampak signifikan, bahkan mematikan, tergantung pada tingkat toksisitasnya. Logam berat esensial, termasuk seng, tembaga, besi, kromium, kobalt, dan selenium, diperlukan untuk fungsi tubuh normal jika tidak berada dalam jumlah beracun. Namun, logam berat non-esensial seperti kadmium, merkuri, timbal dan arsenik sangat beracun pada konsentrasi yang lebih rendah. Logam berat yang beracun dapat berdampak pada tubuh manusia dan menimbulkan efek akut atau kronis atau menyebabkan kanker, penyakit pada sistem pencernaan dan sistem saraf. Kadmium dianggap sebagai salah satu logam paling berbahaya (Ameen Hezam Saeed et al. 2022). Terdapat beberapa metode dalam menghilangkan logam berat baik secara konvensional maupun non-konvensional. Metode yang dianggap sebagai metode yang terbaik adalah adsorpsi yang dikarenakan metode ini sederhana, murah, dan penggunaannya yang luas (Bogusz and Oleszczuk 2020). Adsorben telah banyak digunakan di berbagai industri seperti karbon aktif komersial, alumina aktif, silika gel, karbon saringan molekuler, zeolit saringan molekuler, dan adsorben polimer (Ameen Hezam Saeed et al. 2022).

Dalam penggunaan adsorben yang efektif, terdapat beberapa adsorben yang dapat menyerap logam berat yaitu menggunakan adsorben dari limbah pertanian dan limbah pertanian ini banyak tersedia di negara berkembang (Komkiene and

Baltreinaite 2016) seperti Indonesia. Dalam penggunaan adsorben dengan limbah pertanian akan berguna dari segi lingkungan maupun dari segi biaya (Ameen Hezam Saeed et al. 2022). Limbah pertanian yang digunakan yaitu sekam padi. Sekam padi merupakan hasil dari limbah pertanian yang terdiri dari selulosa (32,23%), hemiselulosa (21,34%), lignin (21,44%), mineral abu (15,05%) dan silika dalam mineral abu (96,34%) (Ameen Hezam Saeed et al. 2022).

Dalam penelitian ini adsorben dibuat yang awalnya bentuk *powder* ke bentuk *fiber*. Hal ini dapat mempersingkat waktu penelitian karena pengambilan adsorben dalam bentuk *fiber* tidak memerlukan filter dan juga penerapannya mudah. Tujuan adsorben diubah kedalam bentuk *fiber* juga memiliki tingkat adsorpsi yang tinggi dan juga dapat memperbesar tingkat adsorpsi yang naik secara signifikan (Sedyanto 2018).

Dalam penelitian ini, dilakukan analisis penurunan logam kadmium (Cd) pada air dengan menggunakan adsorben sekam padi. Penelitian ini memanfaatkan sekam padi sebagai adsorben dalam penurunan logam kadmium (Cd) pada air. Harapan dari penelitian ini dapat bermanfaat sebagai informasi dalam pemanfaatan sekam padi dalam proses penurunan logam kadmium (Cd).

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

- 1) Bagaimana kondisi optimum adsorben sekam padi untuk penurunan logam kadmium (Cd) dalam air ?
- 2) Bagaimana keefektifitasan adsorben sekam padi untuk penurunan logam kadmium (Cd) dalam air ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

- 1) Mengkaji kondisi optimum sekam padi sebagai adsorben untuk penurunan logam kadmium (Cd) dalam air.

- 2) Mengkaji efisiensi dari adsorben sekam padi untuk penurunan logam kadmium (Cd) dalam air.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini antara lain :

1. Bagi Mahasiswa
 - 1) Mahasiswa dapat mengembangkan kemampuan meneliti dalam bidang adsorben yang telah dipelajari selama perkuliahan.
 - 2) Memberikan pengalaman serta wawasan dalam penelitian terkait adsorben sekam padi untuk penurunan logam kadmium (Cd).
2. Bagi Pemerintah
 - 1) Memberikan informasi terkait adsorben sekam padi untuk penurunan logam kadmium (Cd) dalam air.
 - 2) Dapat memberikan solusi dalam pengurangan logam kadmium (Cd) dalam air dengan menggunakan adsorben sekam padi.

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dalam penelitian ini adalah :

- 1) Penelitian menggunakan sekam padi dalam pembuatan karbon aktif dengan 2 jenis metode aktivasi.
- 2) Penelitian dilakukan pengujian adsorben sekam padi dalam menghilangkan logam kadmium (Cd) dalam air.
- 3) Penelitian adsorben sekam padi untuk penurunan logam kadmium (Cd) dalam air dilakukan di Laboratorium Kualitas Air Jurusan Teknik Lingkungan FTSP UII.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sekam Padi

Sekam padi merupakan pelindung keras dari butiran padi yang juga sebagai penutup yang tersisih dari proses penggilingan (Singh 2018). Sekam padi merupakan hasil dari limbah pertanian yang terdiri dari selulosa (32,23%), hemiselulosa (21,34%), lignin (21,44%), mineral abu (15,05%) dan silika dalam mineral abu (96,34%) (Ameen Hezam Saeed et al. 2022). Sekam padi sendiri tidak akan larut dalam air, stabilitas kimia yang baik, tinggi dalam kekuatan mekanik dan struktur granular, memiliki keunikan dalam komposisi kimia, ketersediaan sekam padi yang melimpah, mutakhir, efisien dan secara ekonomi yang rendah yang menjadikan sekam padi merupakan bahan adsorben yang layak (Akma and Aliyah 2012).

Sekam padi di Indonesia sendiri belum banyak dimanfaatkan dan belum banyak diperhatikan yang biasanya hanya dimanfaatkan keperluan sederhana seperti untuk abu gosok atau pakan ternak. Pada daerah tertentu bahkan hanya dibuang begitu saja dan dianggap kurang bermanfaat. Selain untuk keperluan sederhana, sekam padi juga dapat digunakan untuk adsorben karena sekam padi mengandung selulosa dan hemiselulosa yang memiliki cukup besar potensi agar digunakan sebagai penyerap yang mempunyai gugus OH terikat yang dapat berinteraksi dengan komponen adsorbat (Wardalia 2016). Dalam hal ini logam berat yang digunakan untuk diserap oleh adsorben sekam padi adalah kadmium (Cd).

2.2 Adsorpsi

Dalam (Nurhasni, Hendrawati and Saniyyah, 2014) adsorpsi merupakan proses dari terakumulasinya adsorben pada permukaan adsorben yang disebabkan oleh gaya tarik menarik yang terjadi antar molekul adsorben dengan permukaan adsorben. Koneksi yang terjadi pada molekul yang teradsorpsi di permukaan dapat

diikuti oleh lebih dari 1 interaksi yang bergantung masing-masing komponen pada struktur kimia. Terdapat 2 tipe adsorpsi yaitu adsorpsi fisis atau biasa disebut Van der Waals dan adsorpsi kimia. Adsorpsi yang rendah merupakan molekul dari adsorpsi terikat pada permukaan yang panas dan lemah (Widayatno et al. 2017).

Pada adsorpsi fisika terjadi proses interaksi dari adsorben dan adsorbat yang melibatkan gaya Van der Waals yang merupakan gaya antar molekul. Adsorpsi kimia terjadi proses interaksi dari adsorben dan adsorbat yang melibatkan pembentukan ikatan kimia. Pada proses adsorpsi akan melibatkan beberapa gaya seperti gaya Van der Waals, gaya elektrostatik, ikatan hidrogen dan ikatan kovalen (Anggriawan et al. 2019).

Dalam adsorpsi terdapat metode pada prosesnya yaitu, metode *batch* dan metode kontinu. Adapun adsorpsi metode *batch* yang merupakan adsorpsi yang mencampurkan antara adsorben dan adsorbat pada jumlah yang tetap. Sedangkan, adsorpsi metode kontinu atau yang biasa disebut metode kolom ini merupakan adsorpsi yang mengontakkan antara adsorben dan adsorbat (Subhan et al. 2022).

2.3 Adsorben

Adsorben merupakan bahan yang berstruktur berpori yang dapat diterima dan permukaan yang aktif, yang dimana adsorben menyerap adsorbat dengan gaya pendorong antar molekul dan eksternal. Adapun asal dari adsorben yaitu berasal dari alam, namun adsorben telah dibuat secara luas yang terbuat dari berbagai bahan dan menggunakan metode yang berbeda. Terdapat berbagai adsorben yang tersedia dan untuk menghilangkan kontaminan organik dan anorganik (Pourhakkak et al. 2021).

Penggunaan adsorben konvensional memerlukan biaya operasional dan regenerasi yang relatif lebih tinggi. Adsorben konvensional yang biasa digunakan dalam proses adsorpsi adalah alumina, karbon aktif, silika gel dan zeolit. Adsorben ini mempunyai kapasitas adsorpsi yang baik namun kurang ekonomis. Saat ini sedang dilakukan penelitian mengenai penggunaan adsorben alternatif yang diperoleh dari alam, karena adsorben selain memiliki kapasitas adsorpsi yang baik juga lebih ekonomis. Adsorben yang menjanjikan adalah sampah organik seperti

jagung, padi, limbah tanaman pisang, dan lain-lain. Di antara beberapa sampah organik tersebut, pemanfaatan sekam padi merupakan hal yang menarik. Hal ini disebabkan oleh sifat sekam padi yang mempunyai nilai gizi rendah, tahan terhadap pelapukan, mempunyai kadar abu yang tinggi, bersifat abrasif, menyerupai kayu dan mempunyai kandungan karbon yang relatif tinggi (Halim, Romadon, and Yinal Achyar 2021).

2.4 Karbon Aktif

Karbon aktif merupakan padatan yang berpori yang memiliki kandungan karbon sebesar 85-95 % yang dihasilkan dari bahan yang mengandung karbon melalui pemanasan dengan suhu yang tinggi, menggunakan gas, uap air dan bahan-bahan kimia yang membuat pori-pori dari bahan terbuka. Karbon aktif termasuk adsorben yang sering digunakan karena karbon aktif memiliki permukaan yang luas, memiliki mikropori dengan volume yang besar, dan mudah diregenerasi. Daya adsorpsi dari karbon aktif menjadi lebih tinggi terhadap bau dan warna (Maulinda, ZA, and Sari 2017).

Dalam pemanfaatan karbon aktif, karbon aktif dibagi menjadi 2, yaitu sebagai pemucat dan sebagai penyerap uap. Karbon aktif sebagai pemucat berbentuk serbuk dengan diameter butirannya 1000 \AA yang dimanfaatkan pada fase cair, hal ini berguna dalam memindahkan zat-zat yang menjadi pengganggu yang dapat menyebabkan warna dan bau yang diinginkan. Karbon aktif sebagai penyerap uap berbentuk *granular* yang keras dengan diameter $10\text{-}200 \text{ \AA}$, meski keras karbon aktif ini bertipe pori yang halus, berbeda dengan karbon aktif sebagai pemucat karbon aktif ini dimanfaatkan pada fase gas, berguna untuk memperoleh pelarut, pemisahan, katalis, dan pemurnian gas (Maulinda, ZA, and Sari 2017).

2.5 Logam Kadmium (Cd)

Kadmium atau Cd merupakan logam berat yang dikenal sebagai logam berat yang berbahaya di alam dan dapat ditemukan dari hasil kegiatan alami dan antropogenik seperti pada industri pertambangan, industri tekstil, pupuk, pestisida

dalam kegiatan pertanian dan air limbah (Jajuli, Mohamed, and Mohd Suah 2020). Pada lapisan tanah kadmium dapat bergerak mudah, dan bioakumulasi air melalui efek dan memblokir aktifitas enzim yang penting dan merupakan rantai makanan pada hati dan tulang (Rahman et al. 2020). Dikarenakan oleh efek bahaya pada kesehatan *The Enviromental Protection Agency* mendaftarkan kadmium sebagai karsinogen. WHO telah mengatur konsentrasi Cd tidak boleh lebih dari 0,003 ppm (Choi et al. 2016).

Kadmium di lingkungan yang menjadi sumber antropogenik nya ada yang berasal dari peleburan dan pemurnian nikel dan tembaga, proses dari pembakaran minyak fosil, dan penggunaan pupuk dengan kandungan fosfat. Dapat juga sebagai polutan dari smelter logam non-ferrous dan *recycle* limbah elektronik. Alasan dari peningkatan kadmium di lingkungan antara lain disebabkan oleh aktifitas gunung berapi, kebakaran hutan dan abrasi batuan dan tanah. Bahkan logam kadmium juga dapat keluar dan mengkontaminasi lingkungan dari tambang seng, tembaga dan timah (Casado et al. 2008). Kadmium masuk ke dalam tubuh kebanyakan dari saluran pernapasan dan masuk pada kulit jarang terjadi. Pada saat kadmium memasuki tubuh, kadmium akan mengikuti aliran darah melalui eritrosit dan albumin yang kemudian akan terkumpul di ginjal (Satarug 2018), hati, dan usus (Tinkov, Gritsenko, et al. 2018). Manusia yang terpapar kadmium akan dapat menyebabkan penyakit seperti disfungsi ginjal dan hati, edema paru, kerusakan testis, osteomalacia, dan kerusakan pada adrenal dan hemopoetik (Tinkov, Filippini, et al. 2018).

2.6 Studi Terdahulu

Pada penelitian ini terdapat studi terdahulu yang digunakan sebagai pembanding dari hasil penelitian yang akan dilakukan dengan hasil penelitian yang sebelumnya. Berikut beberapa penelitian yang dilakukan sebelumnya.

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

No	Nama dan Judul Peneliti, Tahun Penelitian	Jenis Adsorben	Hasil Penelitian

1.	<p>Modifikasi Batang Kangkung Air dengan Carbon Nanotube Menjadi <i>Fiber Adsorbent</i> Untuk Menyerap Logam Kadmium Dalam Air (Rahman, 2023)</p>	<p>Batang Kangkung Air</p>	<p>a. Metode batch b. pH yang digunakan 3, 4, 5, 6, 7 dan 8. c. Variasi Massa Adsorben 25, 50, 75, dan 100 mg d. Waktu kontak 15, 30, 60, 90 dan 120 menit e. Variasi Konsentrasi 10, 25, 50, 75, 100, 150 dan 200 ppm f. Kondisi optimum yaitu massa 100 mg dengan efisiensi 88%, pH 5 dengan efisiensi 73,67%, waktu kontak 120 menit dengan efisiensi 55,89 % dan konsentrasi 100 ppm jumlah ion yang teradsorpsi sebanyak 29,85 mg/g.</p>
2.	<p>Efektivitas Ampas Teh Sebagai <i>Fiber Adsorbent</i> Pada Penyerapan Logam Kadmium (Cd) Dalam Air (Zahra, 2022)</p>	<p>Ampas Teh</p>	<p>a. Metode batch b. pH yang digunakan 3, 4, 5, 6, 7 dan 8. c. Variasi Massa Adsorben 25, 50, 100, dan 200 mg d. Waktu kontak 15, 30, 60, 90 dan 120 menit e. Variasi Konsentrasi 10, 25, 50, 75, 100, 150 dan 200 ppm f. Kondisi optimum yaitu massa 100 mg , pH 6 pada 50 mL dan konsentrasi larutan 10 ppm serta waktu pengadukan selama 120 menit. Kapasitas penyerapan secara berturut-turut yaitu 45,45 mg/g, 16,56 mg/g, dan 24,75 mg/g. Efektivitas penyerapan yang diperoleh secara</p>

			<p>berturut-turut yaitu 53,09%, 49,46%, dan 95,61%. Adsorben ampas teh efektif untuk digunakan pada proses adsorpsi memiliki efisiensi removal sebesar 6,7% dan kapasitas adsorpsi sebesar 0,4212 mg/g</p>
--	--	--	--

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Juli sampai Oktober 2024 selama 4 bulan. Lokasi penelitian dan sekaligus pengujian penelitian dilakukan di Laboratorium Kualitas Air Jurusan Teknik Lingkungan FTSP UII.

3.2 Variabel Penelitian

Dalam penelitian ini terdapat 2 variabel yaitu variabel bebas dan variabel terikat. Variabel dalam penelitian ini antara lain sebagai berikut :

1. Variabel bebas, meliputi :
 - a. Massa adsorben : 50, 100, 200, 300 dan 500 mg
 - b. Waktu kontak : 15, 30, 45, 60 dan 120 menit
 - c. pH : 3, 4, 5, 6, 7, dan 8
 - d. Konsentrasi : 10, 25, 50, 75, 100 dan 150 ppm
2. Variabel terikat, meliputi :
 - a. Adsorben sekam padi
 - b. *Natrium alginat* dalam pembuatan *fiber*

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

Berikut merupakan alat dan bahan yang digunakan saat uji laboratorium yang dapat dilihat pada Tabel 3.1.

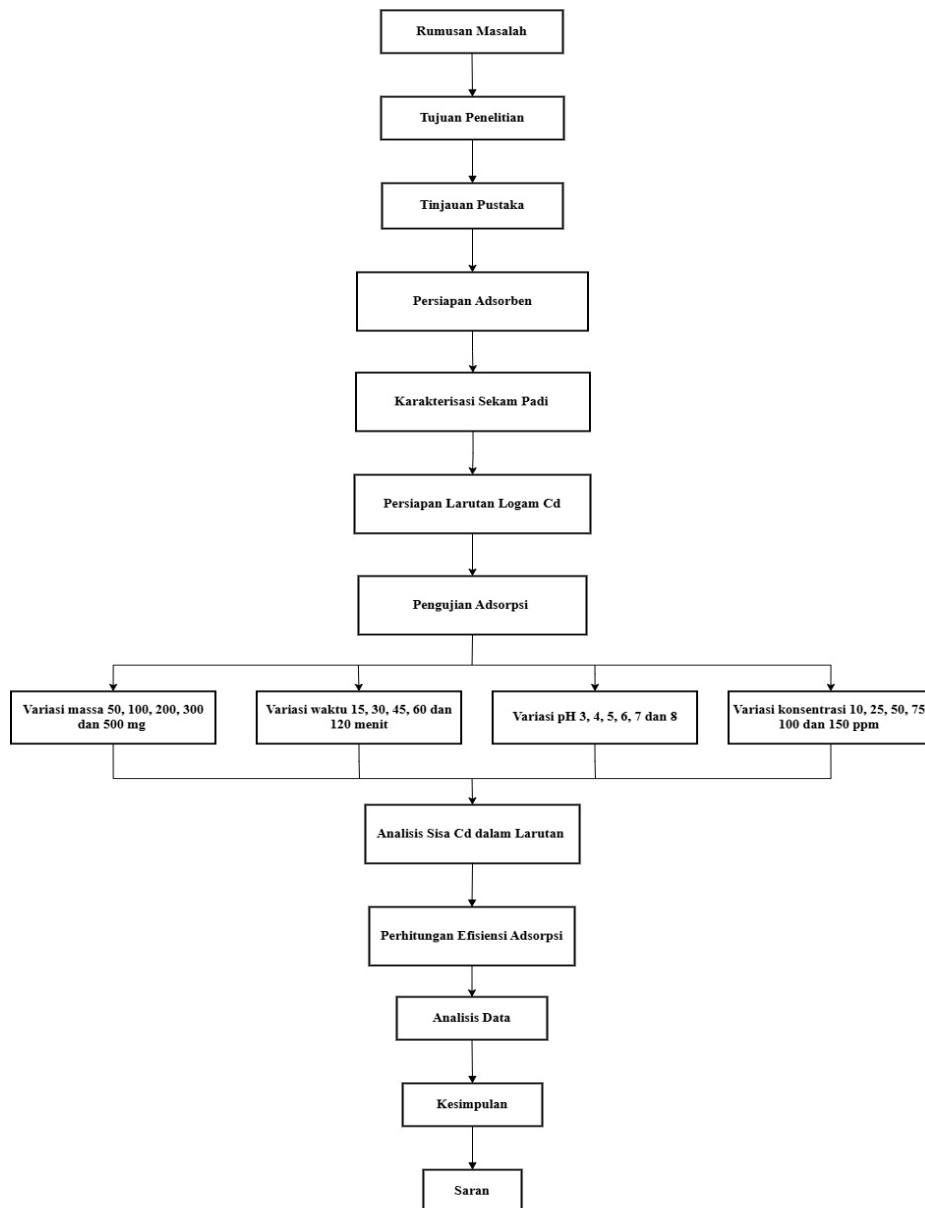
Tabel 3.1 Alat dan Bahan

Alat	Bahan
Erlenmeyer (100 mL dan 250 mL)	Sekam padi
<i>Beaker glass</i> (100 mL, 250 mL, 500 mL)	<i>Natrium Alginat</i> <i>Calcium chloride</i> (CaCl ₂)

Alat	Bahan
Pipet Tetes	Larutan asam sitrat (C ₆ H ₈ O ₇)
Kertas saring	Larutan NaOH 1 N
<i>Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)</i>	Larutan HNO ₃ 65%
Ayakan ukuran 100 <i>mesh</i>	
pH Indikator	
Corong	
Kaca Arloji	
Karet Penghisap	
Botol <i>Winkler</i>	
Botol vial	
Gelas ukur	
Labu Ukur (10 mL, 25 mL, 500 mL)	
Pipet ukur (1 mL, 10 ml)	
Pipet volume (25 ml, 50 ml)	
Furnace	
<i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)</i>	
<i>Scanning Electron Microscope (SEM)</i>	

3.4 Tahapan Penelitian

Dalam penelitian ini terdapat diagram alir tahapan yang akan dilakukan antara lain sebagai berikut, dapat dilihat pada Gambar 3.1.



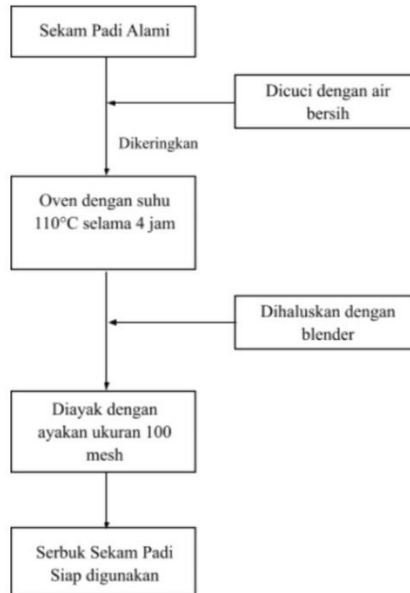
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.5 Prosedur Analisis Data

3.5.1 Pembuatan *Fiber* Adsorben

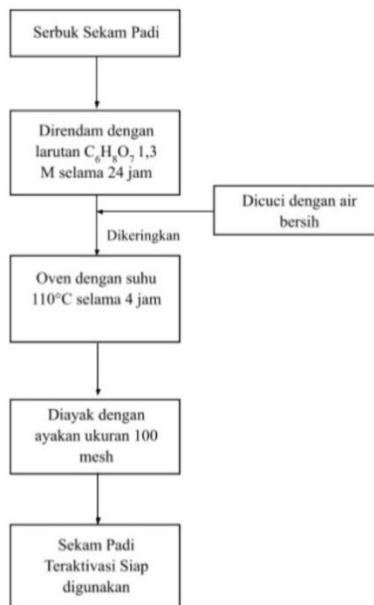
Sebelum analisis data dilakukan pembuatan *fiber* adsorben sekam padi yaitu dengan melalui 4 tahap sebagaimana terlihat pada Gambar 3.2 sampai dengan Gambar 3.5.

1. Pembuatan serbuk sekam padi



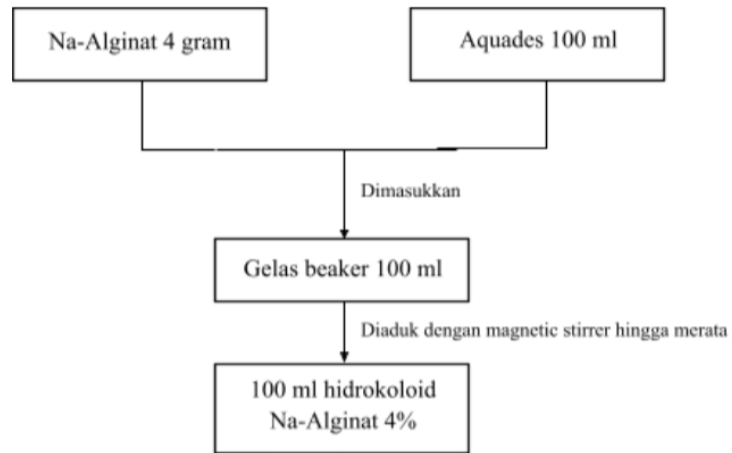
Gambar 3.2 Diagram Pembuatan Serbuk Sekam Padi

2. Pembuatan serbuk sekam padi teraktivasi asam sitrat



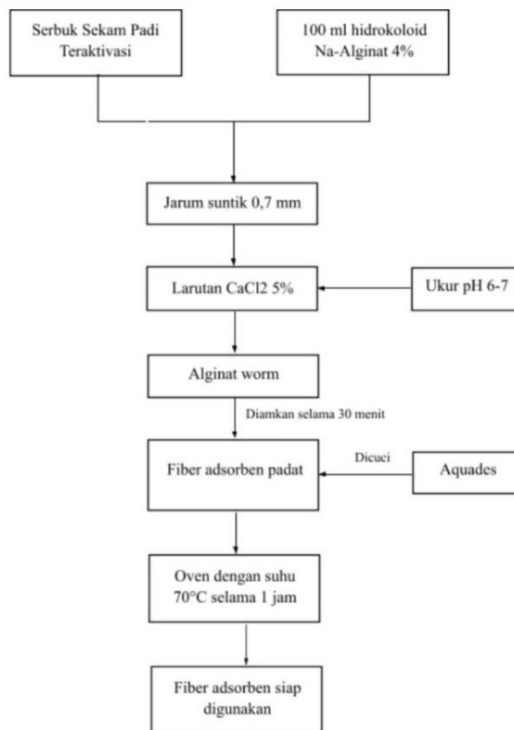
Gambar 3.3 Diagram Pembuatan Serbuk Sekam Padi Teraktivasi Asam Sitrat

3. Pembuatan larutan alginat 4%



Gambar 3.4 Diagram Pembuatan Larutan Alginat 4%

4. Pembuatan *fiber* adsorben sekam padi



Gambar 3.5 Diagram Pembuatan *Fiber* Adsorben Sekam Padi

3.5.2 Karakterisasi Adsorben

Karakterisasi adsorben dilakukan untuk mengetahui karakteristik adsorben yang digunakan dengan melihat gugus fungsi dari adsorben pengujian. Pada penelitian ini karakterisasi dilakukan dalam bentuk *fiber* dengan menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dan *Fourier Transform Infrared* (FTIR). Berikut merupakan penjelasan singkat SEM dan FTIR.

1. *Scanning Electron Microscopy* (SEM)

SEM dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui struktur adsorben sekam padi secara morfologi.

2. *Fourier Transform Infrared* (FTIR)

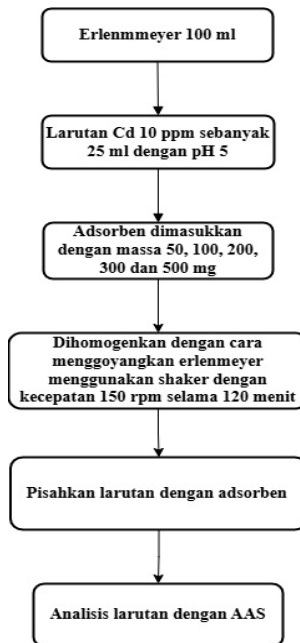
FTIR dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui gugus fungsi molekul dari adsorben sekam padi.

3.5.3 Pembuatan dan Pengujian Larutan Standar Logam Kadmium (Cd)

Pembuatan dan pengujian larutan standar kadmium (Cd) dilakukan dengan mengikuti referensi dari SNI 06-6989.16-2009, Air dan Air Limbah – Bagian 16: Cara uji kadmium (Cd) dengan metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) – nyala.

3.5.4 Uji Variasi Massa

Berikut langkah pengujian variasi massa yang dapat dilihat pada Gambar 3.6.

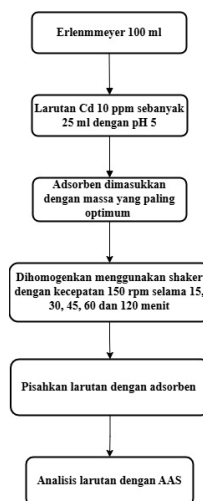


Gambar 3.6 Diagram Alir Uji Variasi Massa

3.5.5 Uji Variasi Waktu

Berikut langkah pengujian variasi waktu yang dapat dilihat pada Gambar

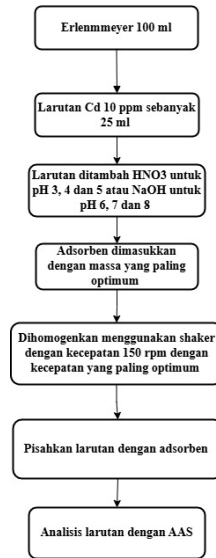
3.7.



Gambar 3.7 Diagram Alir Uji Variasi Waktu

3.5.6 Uji Variasi pH

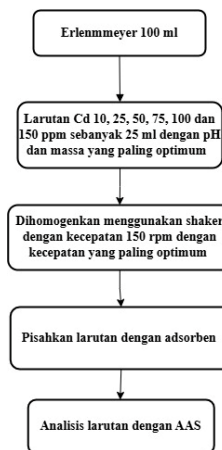
Berikut langkah pengujian variasi pH yang dapat dilihat pada Gambar 3.8.



Gambar 3.8 Diagram Alir Uji Variasi pH

3.5.7 Uji Variasi Konsentrasi

Berikut langkah pengujian variasi konsentrasi yang dapat dilihat pada Gambar 3.9.



Gambar 3.9 Diagram Alir Uji Variasi Konsentrasi

3.6 Metode Analisis Data

Pada analisis data, analisis yang dilakukan adalah perhitungan efektivitas adsorben. Dalam (Wati et al. 2016) efektivitas dapat dihitung dengan cara sebagai berikut.

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

Keterangan :

- Ef = Efektivitas penurunan (%)
- Y_i = Kandungan Cd awal (ppm)
- Y_f = Kandungan Cd akhir (ppm)

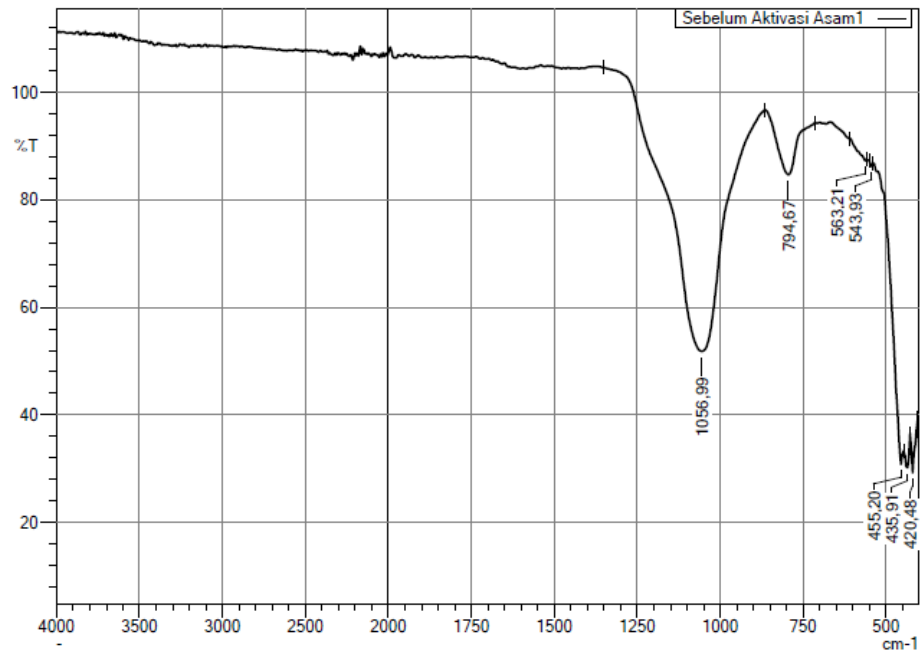
BAB IV

PEMBAHASAN

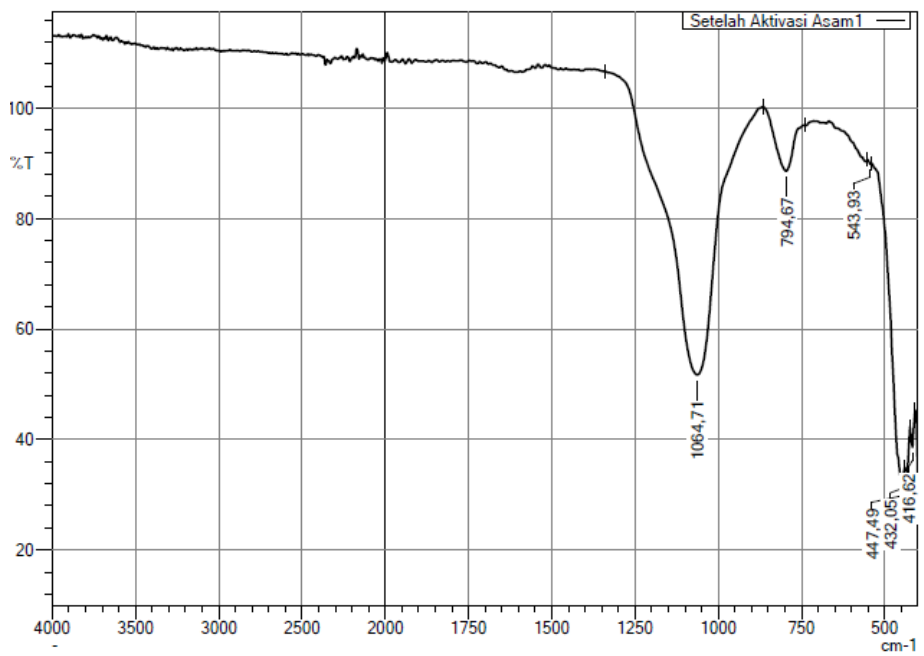
4.1 Karakterisasi Adsorben

4.1.1 FTIR (Fourtier Transform Infrared)

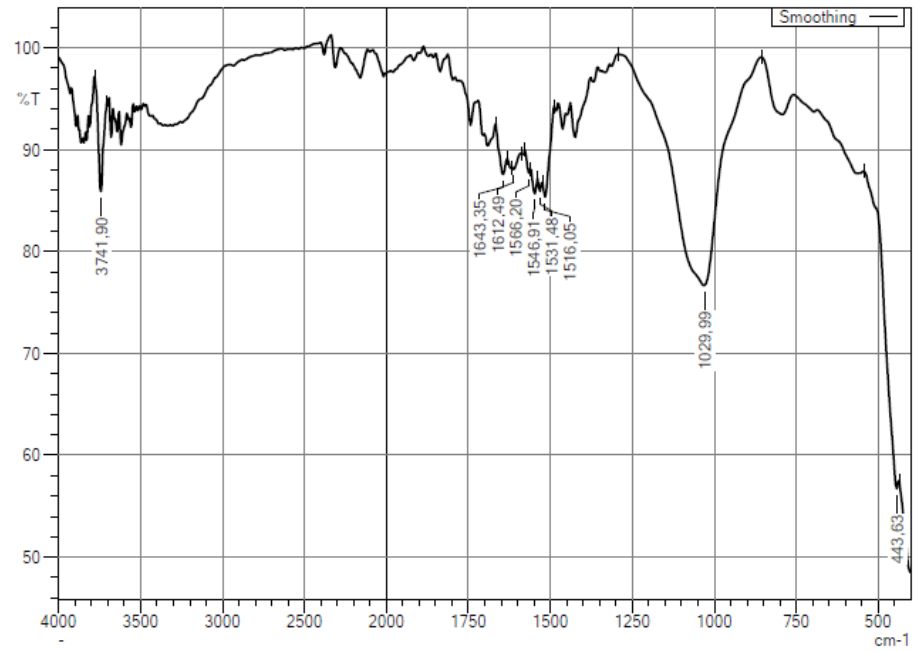
Berikut merupakan hasil FTIR dari serbuk sekam padi sebelum aktivasi asam sitrat, serbuk sekam padi setelah aktivasi asam sitrat, *fiber* adsorben sekam padi sebelum adsorpsi dan *fiber* adsorben sekam padi setelah adsorpsi. Dalam pengujian FTIR memiliki tujuan untuk mengetahui gugus fungsi dari serbuk sekam padi dan adsorben sekam padi.



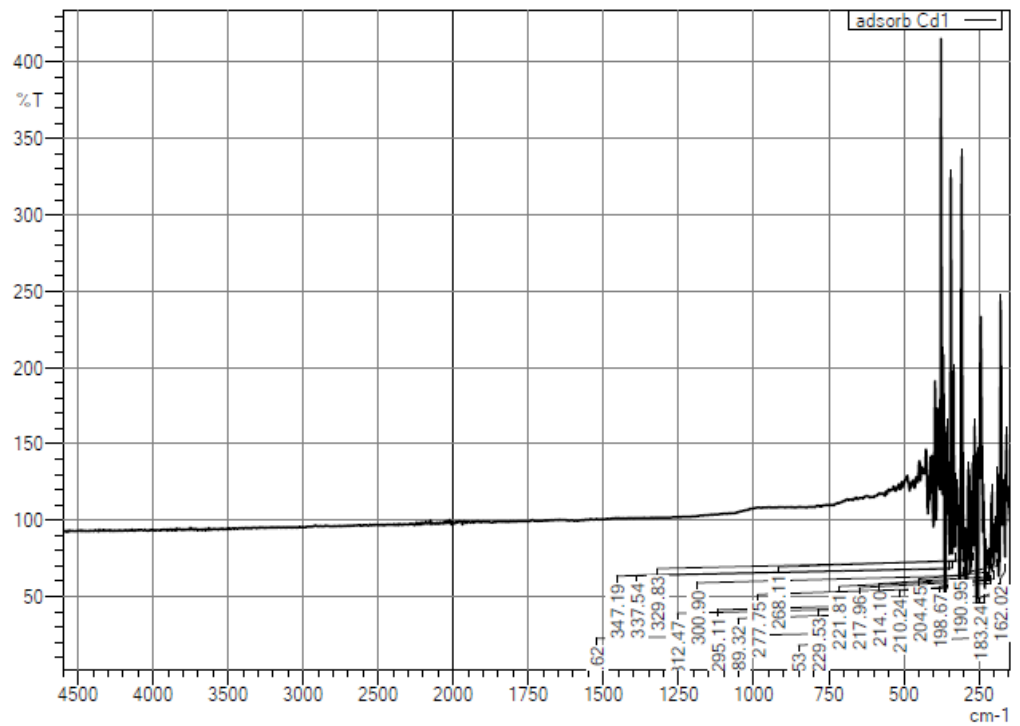
Gambar 4.1 Hasil Uji FTIR serbuk sekam padi sebelum aktivasi



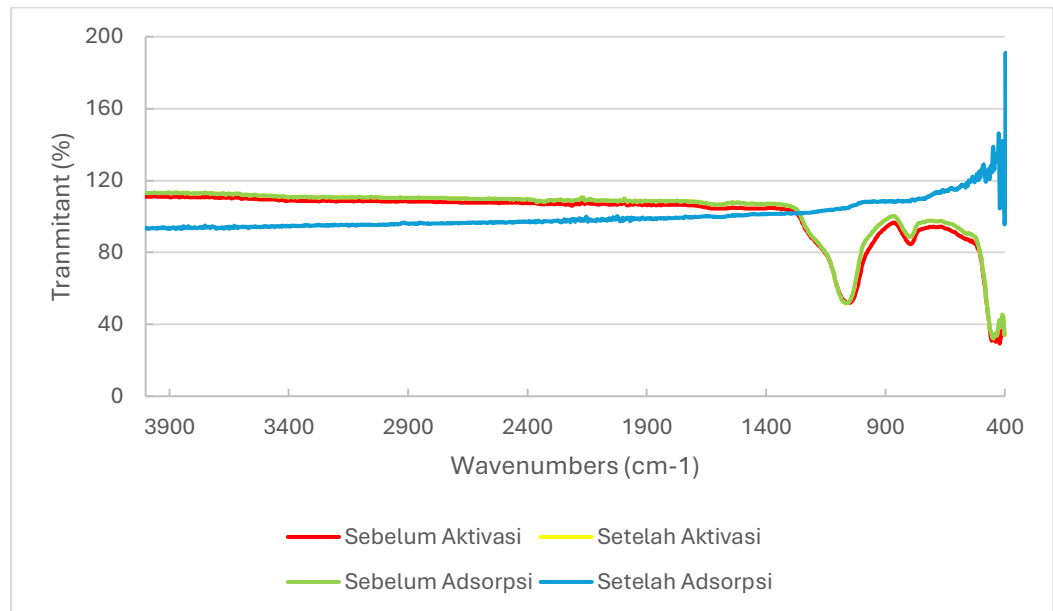
Gambar 4.2 Hasil Uji FTIR serbuk sekam padi setelah aktivasi



Gambar 4.3 Hasil Uji FTIR *fiber* adsorben sekam padi sebelum adsorpsi



Gambar 4.4 Hasil Uji FTIR *fiber* adsorben sekam padi setelah adsorpsi



Gambar 4.5 Gabungan Hasil FTIR

Dari grafik diatas, dapat mengidentifikasi titik puncak dengan rincian sebagai berikut.

Tabel 4.1 Interpretasi Gugus Fungsi Adsorben Sekam Padi

Puncak	Bubuk sekam padi sebelum aktivasi (cm-1)	Bubuk sekam padi setelah aktivasi (cm-1)	Adsorben sekam padi sebelum adsorpsi (cm-1)	Adsorben sekam padi setelah adsorpsi (cm-1)	Panjang gelombang (cm-1)	Gugus Fungsi
A	-	-	3741,9	-	3750-3600	O - H
B	-	-	1643,35	-	1670-1630	C = O
C	-	-	1566,2	-	1610-1560	COO-
D	-	1207,04	-	-	1240-1070	C - O - C
F	1056,99	1072,42	1029,99	-	1000 - 1100	Si-O-Si
G	794,67	-	-	-	675 - 995	Si - C
H	-	-	443,63	-	520-430	C - O - C
I	-	-	-	362,62		

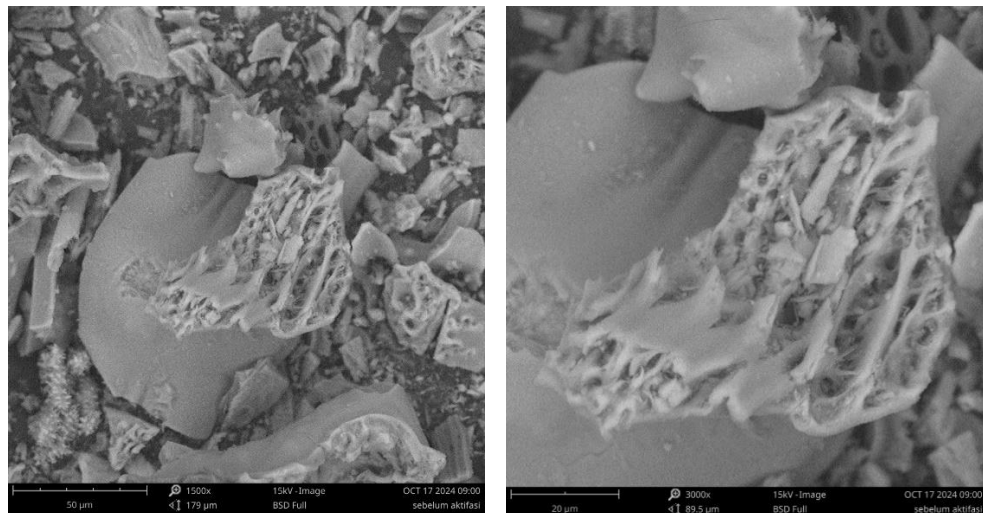
(Sumber: Data Primer)

Dari Tabel 4.1 dapat diidentifikasi titik puncak serapan secara rinci. Pada adsorben sekam padi sebelum adsorpsi gugus hidroksil (O - H) pada titik puncak 3741,9 cm^{-1} . Dalam adsorben yang sama memiliki gugus karbonil pada titik puncak 1643,35 cm^{-1} , 1566,2 cm^{-1} , dan 443,63 cm^{-1} . Selanjutnya pada bubuk

sekam padi setelah aktivasi terdapat gugus karbonil pada titik puncak 1207,04 cm^{-1} . Selain itu, pada gugus Si-O -Si dengan titik puncak 1029,99 cm^{-1} pada adsorben sekam padi sebelum adsorpsi, dengan titik puncak 1072,24 cm^{-1} pada bubuk sekam padi setelah aktivasi dan dengan titik puncak 1056,99 cm^{-1} pada bubuk sekam padi sebelum aktivasi. Terdapat gugus Si-C dengan titik puncak 794,67 cm^{-1} pada bubuk sekam padi sebelum aktivasi. Untuk gugus fungsi dari adsorben sekam padi setelah adsorpsi tidak ada walaupun memiliki titik puncak 362,62 cm^{-1} . Hal ini dikarenakan rentang gelombang FTIR 4000-400 cm^{-1} , jadi dibawah nilai 400 tidak dapat gugus fungsinya.

4.1.2 SEM (Scanning Electron Microscopy)

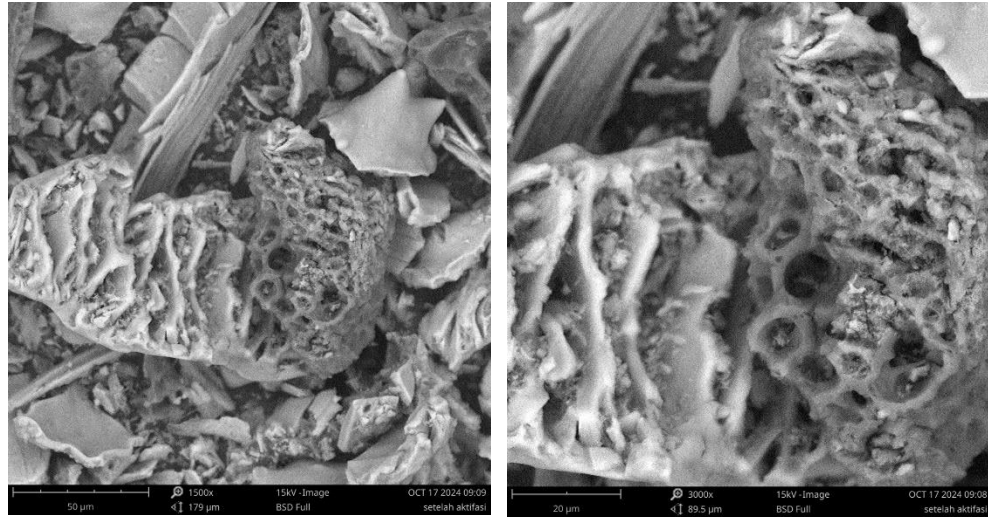
Berikut merupakan hasil SEM dari serbuk sekam padi sebelum aktivasi asam sitrat, serbuk sekam padi setelah aktivasi asam sitrat, *fiber* adsorben sekam padi sebelum adsorpsi dan *fiber* adsorben sekam padi setelah adsorpsi. Dalam pengujian SEM memiliki tujuan untuk mengetahui struktur adsorben sekam padi secara morfologi. Pada pengujian SEM ini dilakukan dengan perbesaran 1500x dan 3000x.



(a)

(b)

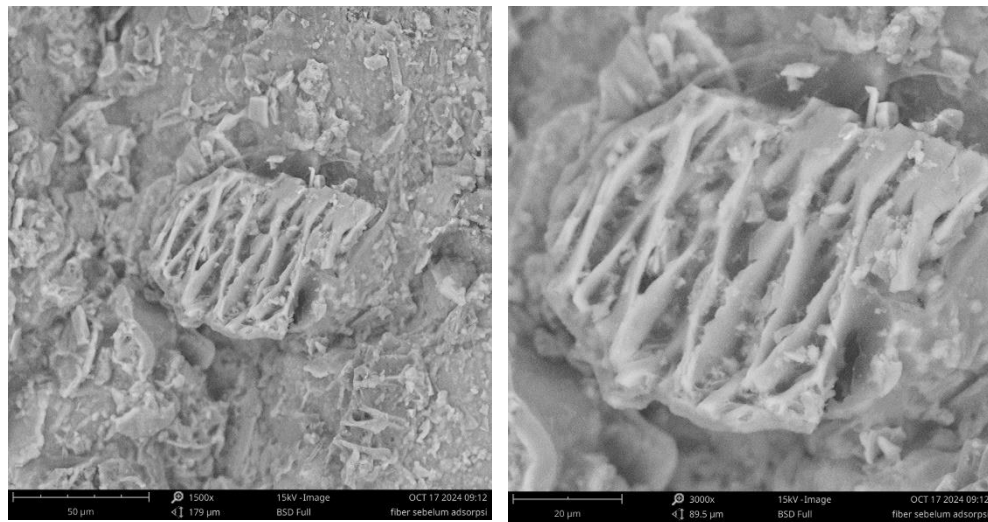
Gambar 4.6 (a) Perbesaran 1500x Serbuk Sekam Padi Sebelum Aktivasi; (b) Perbesaran 3000x Serbuk Sekam Padi Sebelum Aktivasi



(a)

(b)

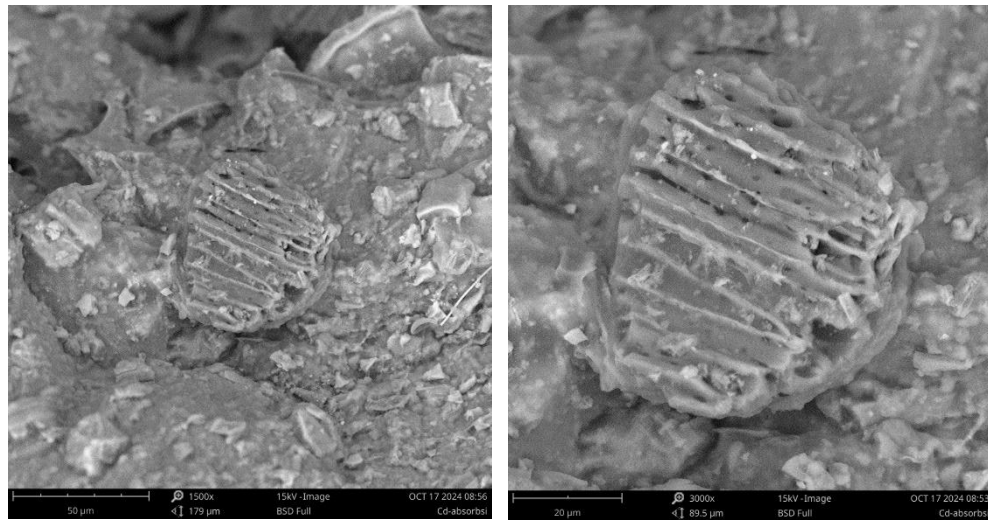
Gambar 4.7 (a) Perbesaran 1500x Serbuk Sekam Padi Setelah Aktivasi; (b) Perbesaran 3000x Serbuk Sekam Padi Setelah Aktivasi



(a)

(b)

Gambar 4.8 (a) Perbesaran 1500x *Fiber* Adsorben Sekam Padi Sebelum Adsorpsi; (b) Perbesaran 3000x *Fiber* Adsorben Sekam Padi Sebelum Adsorpsi



(a)

(b)

Gambar 4.9 (a) Perbesaran 1500x *Fiber* Adsorben Sekam Padi Setelah Adsorpsi; (b) Perbesaran 3000x *Fiber* Adsorben Sekam Padi Setelah Adsorpsi

Pada Gambar 4.6 dapat dilihat bahwa pada sebelum aktivasi pori-pori belum banyak terbentuk dibandingkan pada setelah aktivasi pada Gambar 4.7. Aktivasi pada serbuk sekam padi ini menggunakan $C_6H_8O_7$ (asam sitrat). Pada hasil SEM dari serbuk sekam padi setelah aktivasi selain lebih banyak pori-pori, juga serbuk terlihat lebih terikat dan lebih padat dibanding sebelum aktivasi yang kelihatan lebih pecah-pecah dan tidak terikat walaupun pada hasil SEM setelah aktivasi ada yang pecah-pecah tetapi tidak sebanyak yang sebelum aktivasi. Pada Gambar 4.8 dapat dilihat bahwa morfologi dari sekam padi berubah dari serbuk menjadi *fiber*. Hal ini dikarenakan penggunaan *natrium alginat* yang membuat sekam padi menjadi padat yang dibentuk menjadi *fiber*. Dapat dilihat juga pada Gambar 4.8 yang awalnya pori-pori terlihat besar, setelah dilakukan adsorpsi yang terlihat pada Gambar 4.9 pori-pori menjadi tertutup atau mengecil dikarenakan pori-pori tersebut mengadsorpsi kandungan kadmium pada saat pengujian.

4.2 Uji Pengaruh Massa

Dalam pengujian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui massa yang paling optimum dalam mengadsorpsi logam kadmium (Cd) dengan ditunjukkan

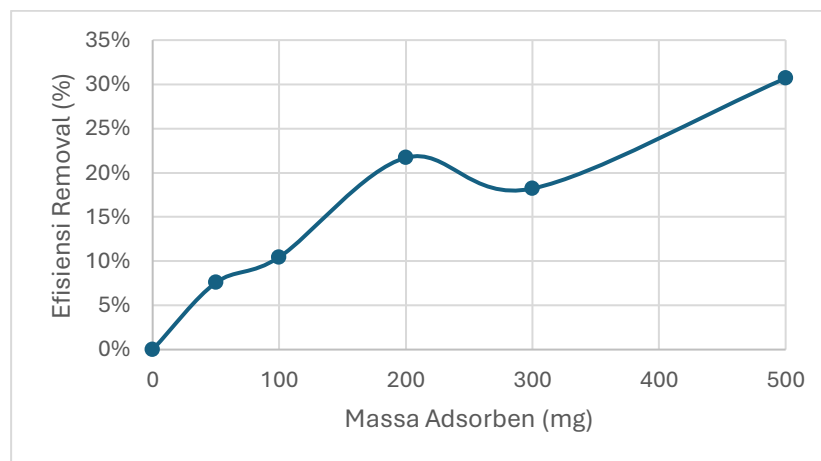
dengan nilai efisiensi yang paling tinggi. Pengujian ini menggunakan variasi massa 50, 100, 200, 300 dan 500 mg dengan pH larutan kadmium (Cd) 5, konsentrasi 10 ppm sebanyak 25 ml dengan waktu kontak 120 menit. Berikut merupakan hasil uji variasi massa dengan menggunakan instrumen AAS yang dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil AAS Uji Variasi Massa

Massa adsorben (mg)	Konsentrasi (ppm)		Persen Efisiensi
	Sebelum	Sesudah	
0	11,47	11,469	0%
50		10,600	8%
100		10,270	10%
200		8,980	22%
300		9,380	18%
500		7,950	31%

(Sumber : Data Primer)

Berikut merupakan grafik yang menunjukkan hubungan antara massa adsorben yang diuji dengan efisiensi removal, yang dapat dilihat pada Gambar 4.10 :



Gambar 4.10 Grafik Efisiensi Removal Sekam Padi Variasi Massa

Dari grafik diatas, dapat diketahui bahwa efisiensi removal akan meningkat dengan bertambahnya massa adsorben. Yang berarti semakin banyak massa adsorben yang digunakan maka akan semakin meningkatnya efisiensi removalnya. Dengan bertambahnya massa yang digunakan, maka akan semakin efisiensi adsorpsi semakin tinggi. Hal ini disebabkan jumlah partikel dan luas permukaan

karbon aktif akan semakin bertambah ataupun luas yang mengakibatkan semakin besar/banyak ion logam yang terikat (Nurafriyanti, Prihatini, and Syauqiah 2017). Massa yang paling optimum dalam penelitian ini adalah 500 mg dengan efisiensi removal sebesar 31%.

4.3 Uji Pengaruh Waktu Kontak

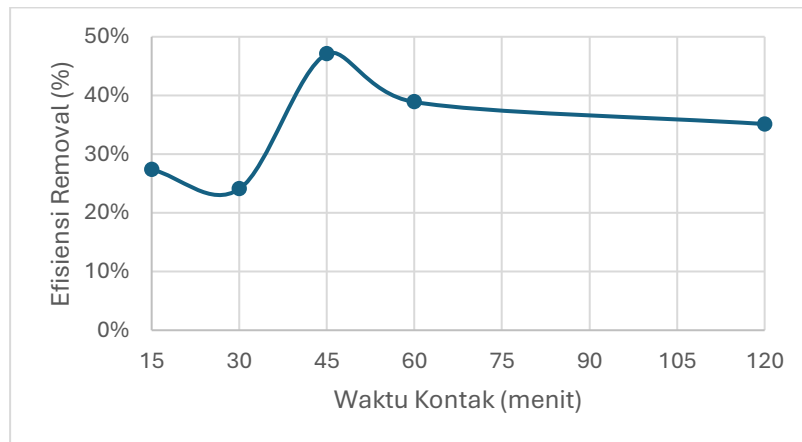
Dalam pengujian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui waktu kontak yang paling optimum dalam mengadsorpsi logam kadmium (Cd) dengan ditunjukkan dengan nilai efisiensi yang paling tinggi. Pengujian ini menggunakan variasi waktu 15, 30, 45, 60 dan 120 menit dengan pH larutan kadmium (Cd) 5, konsentrasi 10 ppm sebanyak 25 ml dengan massa yang optimum yaitu 500 mg. Berikut merupakan hasil uji variasi waktu kontak dengan menggunakan instrumen AAS yang dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil AAS Uji Variasi Waktu

Waktu Kontak (menit)	Konsentrasi Cd (ppm)		Persen Efisiensi
	Sebelum	Sesudah	
15	11,47	8,330	27%
30		8,710	24%
45		6,070	47%
60		7,010	39%
120		7,440	35%

(Sumber : Data Primer)

Berikut merupakan grafik yang menunjukkan hubungan antara waktu kontak yang diuji dengan efisiensi removal, yang dapat dilihat pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Grafik Efisiensi Removal Sekam Padi Variasi Waktu

Dari grafik, dapat dilihat walaupun waktu kontak lebih lama hal ini tidak menjadi pengaruh dalam adsorpsi pada penelitian ini. Pada pengujian waktu kontak, semakin lama adsorpsi semakin turun perlahan efisiensi removal. Waktu kontak pada titik puncak efisiensi removal berada pada menit ke-45. Pada pengujian variasi massa yang paling optimal 500 mg waktu kontak nya 120 menit dengan 31% efisiensi removal. Hal ini tidak berbanding jauh dengan pengujian variasi massa pada menit ke-120 yaitu 35%. Yang dimana pada menit ke-45 efisiensi removalnya lebih tinggi yaitu 47%.

4.4 Uji Pengaruh pH

Dalam pengujian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pH yang paling optimum dalam mengadsorpsi logam kadmium (Cd) dengan ditunjukkan dengan nilai efisiensi yang paling tinggi. Pengujian ini menggunakan variasi pH 3, 4, 5, 6, 7 dan 8 dengan konsentrasi 10 ppm sebanyak 25 ml, waktu kontak yang paling optimum yaitu 45 menit dan massa adsorben 500 mg. Berikut merupakan hasil uji variasi pH dengan menggunakan instrumen AAS yang dapat dilihat pada Tabel 4.4.

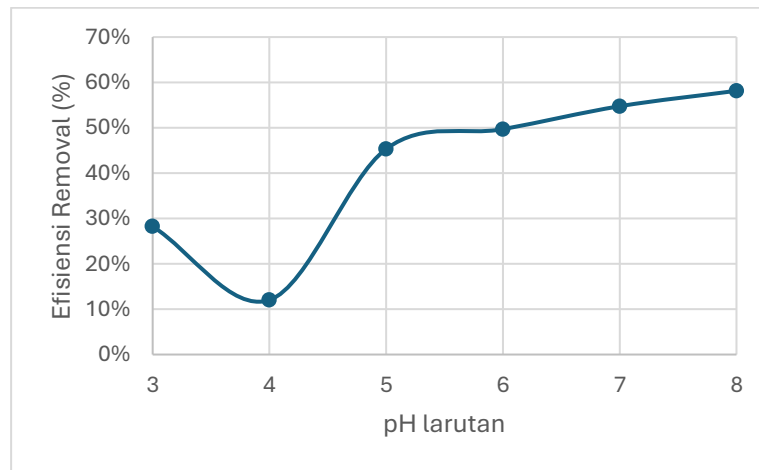
Tabel 4.4 Hasil AAS Uji Variasi pH

pH	Konsentrasi Cd (mb/l)		Persen Efisiensi
	Sebelum	Sesudah	
3	11,47	8,23	28%

4	10,090	12%
5	6,270	45%
6	5,770	50%
7	5,190	55%
8	4,800	58%

(Sumber : Data Primer)

Berikut merupakan grafik yang menunjukkan hubungan antara pH yang diuji dengan efisiensi removal, yang dapat dilihat pada Gambar 4.12 :



Gambar 4.12 Grafik Efisiensi Removal Sekam Padi Variasi pH

Dari grafik diatas, dapat diketahui bahwa dengan semakin basa larutan maka semakin tinggi efisiensi removal walaupun pada pH 4 mengalami penurunan, pada pH selanjutnya semakin naik. Pada pH 8 terjadi pengendapan yang terjadi karena didalam larutan banyak mengandung OH sehingga larutan akan cenderung berikatan dengan OH. Pengendapan pada larutan dapat mempengaruhi interaksi antara adsorben dengan kadmium pada larutan, dengan banyaknya kadmium yang mengendap pada larutan akan membuat kandungan kadmium dalam larutan akan semakin berkurang yang membuat pada pengujian AAS kandungan kadmium dalam larutan berkurang (Suhud et al., 2012). Terjadinya pengendapan pada mulai dari pH 6 sampai pH 8 membuat nilai removal nya tidak mengalami perubahan drastis. Pada variasi pH yang paling optimum pada pH 8 yaitu dengan efisiensi removal 58%.

4.5 Uji Pengaruh Konsentrasi

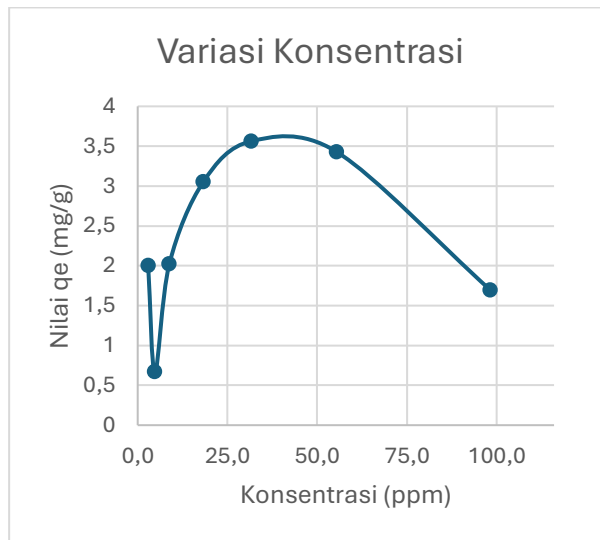
Dalam pengujian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui konsentrasi yang paling optimum dalam mengadsorpsi logam kadmium (Cd) dengan ditunjukkan dengan nilai efisiensi yang paling tinggi. Pengujian ini menggunakan variasi konsentrasi 10, 25, 50, 75, 100 dan 150 ppm sebanyak 25 ml dengan pH larutan kadmium (Cd) yang paling optimum yaitu pH 8, waktu kontak yang paling optimum yaitu 45 menit dan massa adsorben 500 mg. Berikut merupakan hasil uji variasi konsentrasi dengan menggunakan instrumen AAS yang dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Hasil AAS Uji Variasi Konsentrasi

Konsentrasi (ppm)	Konsentrasi		Nilai q_e (mg/g)
	Sebelum	Sesudah	
10	22,95	2,910	2,004
11,47	11,47	4,800	0,667
25	29,075	8,825	2,025
50	48,75	18,250	3,05
75	67,275	31,650	3,5625
100	89,7	55,400	3,43
150	115,2	98,250	1,695

(Sumber : Data Primer)

Berikut merupakan grafik yang menunjukkan hubungan antara konsentrasi yang diuji dengan nilai adsorpsi logam saat *equilibrium* (q_e), yang dapat dilihat pada Gambar 4.13 :



Gambar 4.13 Grafik Pengujian Variasi Konsentrasi

Dari grafik diatas, dapat dilihat konsentrasi yang paling tinggi dalam mengadsorpsi logam saat kondisi *equilibrium* yaitu pada konsentrasi 75 ppm. Grafik mengalami naik pada 10 ppm hingga 75 ppm yang mencapai puncak. Pada konsentrasi 75 ppm menunjukkan penyerapan logam Cd mencapai nilai qe maksimal. Kemudian menurun pada 100 ppm hingga 150 ppm yang dikarenakan adsorben mengalami kondisi jenuh. Hal ini membuat grafik pada uji variasi konsentrasi berbentuk setengah lingkaran.

4.6 Isoterm

Isoterm pada penelitian ini menggunakan 2 metode yaitu isoterm langmuir dan isoterm freundlich.

4.6.1 Isoterm Langmuir

Isoterm langmuir yang biasa dianggap sebagai adsorpsi tunggal yang berarti zat yang diserap hanya dari tempat tertentu dan permukaan adsorben yang tertutup tidak mempengaruhi panas adsorpsi (Rasyid and Yani 2018).

Berikut persamaan isoterm langmuir.

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{qm} C_e \frac{1}{kLqm}$$

Keterangan:

C_e = Konsentrasi Equilibrium (ppm)

q_e = Nilai adsorpsi logam saat *equilibrium* (mg/g)

q_m = Nilai konstanta langmuir

k_L = Nilai konstanta langmuir

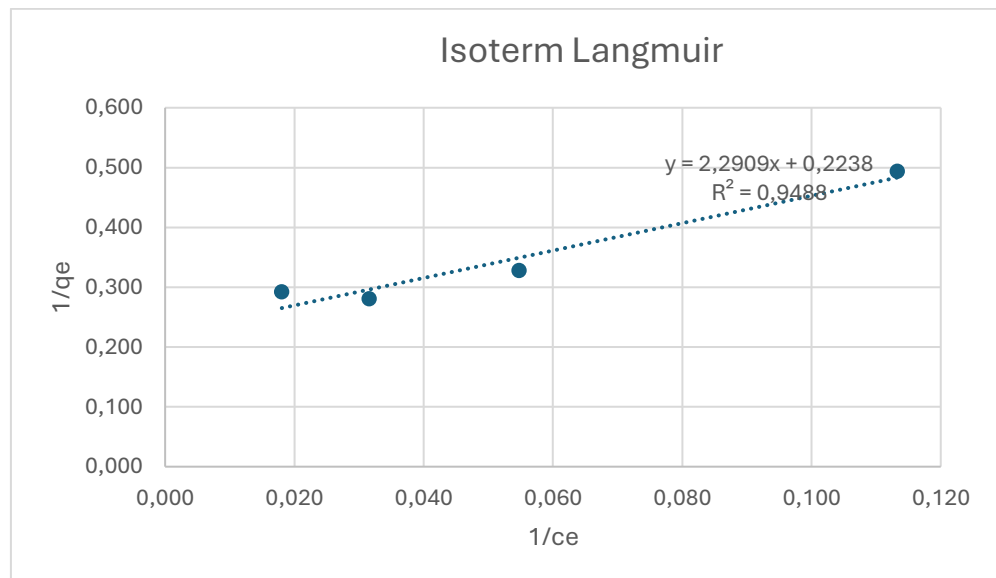
Dalam perhitungan isoterm langmuir, data didapatkan dari hasil uji variasi konsentrasi. Berikut data penentuan isoterm langmuir.

Tabel 4.6 Data Penentuan Konstanta Langmuir

Massa Adsorben (mg)	pH	C awal	C Akhir	Δc	q_e (mg/g)	Volume (L)	$1/q_e$	$1/c_e$
500	8	29,075	8,825	20,25	2,025	0,05	0,494	0,113
		48,75	18,25	30,5	3,050		0,328	0,055
		67,275	31,65	35,625	3,563		0,281	0,032
		89,7	55,4	34,3	3,430		0,292	0,018

(Sumber : Data Primer)

Hasil dari data diatas didapatkan $1/q_e$ dan $1/c_e$ yang kemudian dibuat grafik yang ditunjukkan pada Gambar 4.14.



Gambar 4.14 Grafik Hasil Data Isoterm Langmuir

Dari grafik diatas didapatkan data $y=2,2909x + 0,02238$ dan $R^2 = 0,9488$.

Dari persamaan diatas bisa didapatkan nilai q_m dan k_L sebagai berikut.

$$q_m = \frac{1}{a} = \frac{1}{0,2238} = 4,4683 \text{ mg/g}$$

$$KL = \frac{1}{b \cdot qm} = \frac{1}{2,2909 \times 4,4683} = 0,0977$$

Dari perhitungan diatas dapat diketahui bahwa logam kadmium yang dapat diserap adsorben sekam padi adalah 4,4683 mg/g dengan konstanta langmuir 0,0977.

4.6.2 Isoterm Freundlich

Isoterm freundlich dapat dilakukan pada gas yang bertekanan rendah. Isoterm freundlich menjelaskan adsorpsi terjadi pada beberapa lapis dan tidak terlalu kuat mengikat (Rasyid and Yani 2018).

Berikut persamaan isoterm freundlich.

$$qe = kf \cdot Ce^{1/n}$$

Keterangan :

qe = Jumlah zat yang teradsorpsi (mg/g)

kf = Konstanta freundlich

Ce = Konsentrasi pada kesetimbangan (ppm)

n = Konstanta

Untuk mendapatkan nilai kf dan n , didapatkan dengan persamaan sebagai berikut.

$$\log(qe) = \log kf + \frac{1}{n} \log(ce)$$

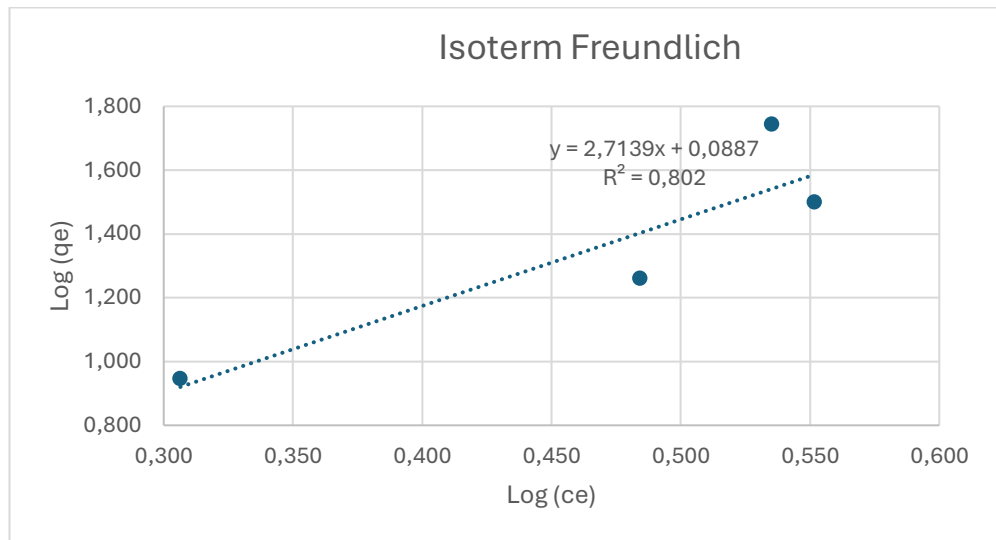
Berikut merupakan data perhitungan isoterm freundlich.

Tabel 4.7 Data Penentuan Konstanta Isoterm Freundlich

Massa Adsorben (mg)	pH	C awal	C Akhir	Δc	qe (mg/g)	Volume (L)	Log qe	Log (ce)
500	8	29,075	8,825	20,25	2,025	0,05	0,306	0,946
		48,75	18,25	30,5	3,050		0,484	1,261
		67,275	31,65	35,625	3,563		0,552	1,500
		89,7	55,4	34,3	3,430		0,535	1,744

(Sumber : Data Primer)

Hasil data diatas didapatkan nilai $\text{Log}(qe)$ dan $\text{Log}(Ce)$ yang kemudian dibuat grafik yang ditunjukkan pada Gambar 4.15.



Gambar 4.15 Grafik Hasil Data Isoterm Freundlich

Dari grafik diatas didapatkan data $y = 2,7139x + 0,0887$ dan $R^2 = 0,802$.

Dari persamaan diatas bisa didapatkan nilai qm dan kL sebagai berikut.

$$n = \frac{1}{b} = \frac{1}{2,7139} = 0,3685 \text{ mg/g}$$

$$Kf = EXP(a) = EXP(0,0887) = 1,0928$$

Dari perhitungan diatas dapat diketahui bahwa logam kadmium yang dapat diserap adsorben sekam padi adalah 0,3685 mg/g dengan konstanta freundlich 1,0928.

4.6.3 Penentuan Isoterm

Berdasarkan data isoterm yang didapatkan, isoterm langmuir terdapat data R^2 dan konstanta langmuir dan pada isoterm freundlich terdapat data R^2 dan konstanta freundlich. Data kedua isoterm dibandingkan seperti yang ditampilkan pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Hasil Perbandingan Isoterm Langmuir dan Freundlich

Adsorben	Isoterm Langmuir		
	R^2	qm	KL
Fiber Adsorben	0,9488	4,4683	0,0977
	Isoterm Freundlich		

Sekam Padi	R ²	n	Kf
	0,802	0,3685	1,0928

(Sumber : Data Primer)

Dari hasil perbandingan kedua isoterm diatas didapatkan bahwa nilai R² yang mendekati 1 adalah isoterm langmuir dengan nilai 0,9488 yang dibandingkan dengan nilai R² isoterm freundlich yaitu 0,802. Dari data diatas dapat diketahui bahwa *fiber* adsorben sekam padi lebih mendekati isoterm langmuir.

Dari hasil perbandingan isoterm diatas, didapatkan isoterm yang sesuai, selanjutnya mencari nilai RL atau parameter kesetimbangan dengan persamaan sebagai berikut.

$$RL = \frac{1}{1 + (KL \times C_0)}$$

Keterangan:

RL = Parameter kesetimbangan

KL = Konstanta langmuir

C₀ = Konsentrasi awal C_d

Setelah didapatkan nilai RL, lalu menentukan karakteristik isoterm dengan kategorinya seperti:

RL > 1 = Kurang baik

RL = 1 = Linear

RL = 0 = *Irreversible*

0 < RL < 1 = Baik

Setelah dilakukan perhitungan menggunakan persamaan diatas, didapatkan nilai RL dengan konsentrasi minimal dan maksimal. Nilai RL pada konsentrasi minimal 29,075 ppm yaitu 0,2604 dan nilai RL pada konsentrasi maksimal 89,7 ppm yaitu 0,1024. Setelah didapatkan nilai RL dari konsentrasi minimal dan maksimal, didapatkan bahwa nilai RL kedua konsentrasi berada diantara 0 dan 1 yang berarti isoterm langmuir masuk pada kategori baik.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa yang sudah dilakukan dalam penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Kondisi optimum adsorben sekam padi dalam menurunkan kadar logam kadmium yaitu pada variasi massa dengan massa 500 mg, variasi waktu pada waktu kontak 45 menit, variasi pH pada pH 8 dan variasi konsentrasi pada konsentrasi 75 ppm.
2. Efisiensi removal dari adsorben sekam padi dalam menurunkan kadar logam kadmium yaitu pada variasi massa sebesar 31% dengan massa 500 mg, variasi waktu sebesar 47% pada waktu kontak 45 menit, variasi pH sebesar 58% pada pH 8 dan variasi konsentrasi dengan nilai q_e 3,5625 mg/g pada konsentrasi 75 ppm.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti, berikut saran yang dapat diberikan, yaitu :

1. Penelitian lebih lanjut diperlukan terkait penurunan logam kadmium (Cd) dalam air limbah dengan menggunakan adsorben sekam padi.
2. Melakukan penelitian lebih lanjut agar mendapatkan data yang lebih meyakinkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Akma, Nurul, and Binti Aliyah. 2012. 'ADSORPTION OF LEAD USING RICE HUSKS', no. January.
- Ali, Imran, Vinod K. Gupta, and Hassan Y. Aboul-Enein. 2005. 'Metal Ion Speciation and Capillary Electrophoresis: Application in the New Millennium'. *ELECTROPHORESIS* 26 (21): 3988–4002. <https://doi.org/10.1002/ELPS.200500216>.
- Ameen Hezam Saeed, Anwar, Noorfidza Yub Harun, Mohammed Mahmoud Nasef, Amin Al-Fakih, Aiban Abdulhakim Saeed Ghaleb, and Haruna Kolawole Afolabi. 2022. 'Removal of Cadmium from Aqueous Solution by Optimized Rice Husk Biochar Using Response Surface Methodology'. *Ain Shams Engineering Journal* 13 (1): 101516. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2021.06.002>.
- Anggriawan, Agus, M. Yanggi Atwanda, Nurhazizah Lubis, and Rif'an Fathoni. 2019. 'KEMAMPUAN ADSORPSI LOGAM BERAT Cu DENGAN MENGGUNAKAN ADSORBEN KULIT JAGUNG (Zea Mays)'. *Jurnal Chemurgy* 3 (2): 27. <https://doi.org/10.30872/cm.g.v3i2.3581>.
- Basheer, Al Arsh. 2018. 'Chemical Chiral Pollution: Impact on the Society and Science and Need of the Regulations in the 21st Century'. *Chirality* 30 (4): 402–6. <https://doi.org/10.1002/CHIR.22808>.
- Bogusz, Aleksandra, and Patryk Oleszczuk. 2020. 'Effect of Biochar Addition to Sewage Sludge on Cadmium, Copper and Lead Speciation in Sewage Sludge-Amended Soil'. *Chemosphere* 239 (January):124719. <https://doi.org/10.1016/J.CHEMOSPHERE.2019.124719>.
- Casado, Marta, H. M. Anawar, A. Garcia-Sanchez, and I. Santa Regina. 2008. 'Cadmium and Zinc in Polluted Mining Soils and Uptake by Plants (El Losar Mine, Spain)'. *International Journal of Environment and Pollution* 33 (2–3): 146–59. <https://doi.org/10.1504/IJEP.2008.019389>.

- Choi, Jeongyun, Jinwook Chung, Wonhee Lee, and Jong Oh Kim. 2016. 'Phosphorous Adsorption on Synthesized Magnetite in Wastewater'. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry* 34 (February):198–203. <https://doi.org/10.1016/J.JIEC.2015.11.008>.
- Halim, Abdul, Jamalaily Romadon, and Mustafa Yinal Achyar. 2021. 'PEMBUATAN ADSORBEN DARI SEKAM PADI SEBAGAI PENYERAP LOGAM BERAT TEMBAGA (Cu) DAN TIMBAL (Pb) DALAM AIR LIMBAH'. *Jurnal SEOI-Universitas Sahid Jakarta* 3 (2): 66–74.
- Jajuli, Maizatul Najwa, Norita Mohamed, and Faiz Bukhari Mohd Suah. 2020. 'Electrochemical Removal of Cadmium from a Sulphate Solution Using a Three-Dimensional Electrode'. *Alexandria Engineering Journal* 59 (6): 4237–45. <https://doi.org/10.1016/J.AEJ.2020.07.027>.
- Komkiene, J., and E. Baltreinaite. 2016. 'Biochar as Adsorbent for Removal of Heavy Metal Ions [Cadmium(II), Copper(II), Lead(II), Zinc(II)] from Aqueous Phase'. *International Journal of Environmental Science and Technology* 13 (2): 471–82. <https://doi.org/10.1007/S13762-015-0873-3/METRICS>.
- Maulinda, Leni, Nasrul ZA, and Dara Nurfika Sari. 2017. 'Pemanfaatan Kulit Singkong Sebagai Bahan Baku Karbon Aktif'. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal* 4 (2): 11. <https://doi.org/10.29103/jtku.v4i2.69>.
- Nurafriyanti, Nurafriyanti, Nopi Stiyati Prihatini, and Isna Syauqiah. 2017. 'PENGARUH VARIASI PH DAN BERAT ADSORBEN DALAM PENGURANGAN KONSENTRASI Cr TOTAL PADA LIMBAH ARTIFISIAL MENGGUNAKAN ADSORBEN AMPAS DAUN TEH'. *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)* 3 (1). <https://doi.org/10.20527/JUKUNG.V3I1.3200>.
- Nurhasni, Nurhasni, Hendrawati Hendrawati, and Nubzah Saniyyah. 2014a. 'Sekam Padi Untuk Menyerap Ion Logam Tembaga Dan Timbal Dalam Air Limbah'. *Jurnal Kimia VALENSI* 4 (1). <https://doi.org/10.15408/jkv.v4i1.1074>.

- . 2014b. ‘Sekam Padi Untuk Menyerap Ion Logam Tembaga Dan Timbal Dalam Air Limbah’. *Jurnal Kimia VALENSI* 4 (1). <https://doi.org/10.15408/jkv.v4i1.1074>.
- Pourhakkak, Poursan, Mohsen Taghizadeh, Ali Taghizadeh, and Mehrorang Ghaedi. 2021. ‘Adsorbent’. *Interface Science and Technology* 33 (January):71–210. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818805-7.00009-6>.
- Rahman, Faizan Ur, Maryam Bibi, Ataf Ali Altaf, Muhammad Nawaz Tahir, Farhat Ullah, Zia-Ur-Rehman, and Ezzat Khan. 2020. ‘Zn, Cd and Hg Complexes with Unsymmetric Thiourea Derivatives; Syntheses, Free Radical Scavenging and Enzyme Inhibition Essay’. *Journal of Molecular Structure* 1211 (July):128096. <https://doi.org/10.1016/J.MOLSTRUC.2020.128096>.
- Rasyid, Rismawati, and Syamsuddin Yani. 2018. ‘PENJERAPAN LOGAM BERAT TIMBAL (Pb) DENGAN MENGGUNAKAN LIGNIN HASIL ISOLASI JERAMI PADI’. *Journal Of Chemical Process Engineering* 03 (01).
- Satarug, Soisungwan. 2018. ‘Dietary Cadmium Intake and Its Effects on Kidneys’. *Toxics* 6 (1). <https://doi.org/10.3390/TOXICS6010015>.
- Sedyanto, Azkafaza Praba. 2018. ‘Pemanfaatan Kulit Singkong Sebagai Fiber Adsorben Terenkapsulasi Na-Alginat Penyerap Logam Berat Pb(II) Dalam Air’. *Journal UII*, no. Ii, 1–17.
- Singh, Bhupinder. 2018. ‘Rice Husk Ash’. *Waste and Supplementary Cementitious Materials in Concrete: Characterisation, Properties and Applications*, January, 417–60. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102156-9.00013-4>.
- Subhan, Reihan, M Fahmi Shidiqi, As NH Dwi Saptati, and dan Bambang Ismuyanto. 2022. ‘Studi Model Adsorpsi Cr(VI) Menggunakan Karbon Aktif Dari Tempurung Kelapa Pada Sistem Kolom Dengan Variasi Laju Alir’ 6 (2).
- Suhud, I. (Iffatunniswah), V. M. (Vanny) Tiwow, and B. (Baharuddin) Hamzah. 2012. ‘Adsorpsi Ion Kadmium(Ii) Dari Larutannya Menggunakan Biomassa Akar Dan Batang Kangkung Air (Ipomoea Aquatica Forks)’. *Jurnal Akademika Kimia* 1 (4): 224182. <https://www.neliti.com/id/publications/224182/>.

- Tinkov, Alexey A., Tommaso Filippini, Olga P. Ajsuvakova, Margarita G. Skalnaya, Jan Aaseth, Geir Bjørklund, Eugenia R. Gatiatulina, et al. 2018. 'Cadmium and Atherosclerosis: A Review of Toxicological Mechanisms and a Meta-Analysis of Epidemiologic Studies'. *Environmental Research* 162 (April):240–60. <https://doi.org/10.1016/J.ENVRES.2018.01.008>.
- Tinkov, Alexey A., Viktor A. Gritsenko, Margarita G. Skalnaya, Sergey V. Cherkasov, Jan Aaseth, and Anatoly V. Skalny. 2018. 'Gut as a Target for Cadmium Toxicity'. *Environmental Pollution (Barking, Essex : 1987)* 235 (April):429–34. <https://doi.org/10.1016/J.ENVPOL.2017.12.114>.
- Wardalia. 2016. 'KARAKTERISASI PEMBUATAN ADSORBEN DARI SEKAM PADI SEBAGAI PENGADSORP LOGAM TIMBAL PADA LIMBAH CAIR'. *Integrasi Proses* 6 (2): 83–88.
- Wati, Erna, Ibnu Hajar, Reny Suryani Sitorus, Novi Mulianingtias, and Fransiska Jawa Welan. 2016. 'EFEKTIVITAS ADSORPSI LOGAM Pb 2+ DAN Cd 2+ MENGGUNAKAN MEDIA ADSORBEN CANGKANG TELUR AYAM'. Vol. 5.
- Widayatno, Tri, Teti Yulawati, Agung Adi Susilo, Program Studi, Teknik Kimia, Fakultas Teknik, and Universitas Muhammadiyah. 2017. 'Adsorpsi Logam Berat (Pb) Dari Limbah Cair Dengan Adsorben Arang Bambu Aktif'. *Jurnal Teknologi Bahan Alam* 1 (1): 17–23.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Perhitungan

1. Perhitungan $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 100 ppm 500 ml

$$\text{Ar Cd} = 112 \quad \text{Ar H} = 1$$

Cd

$$\text{Ar N} = 14 \quad \text{Ar O} = 16$$

$$\text{Ar O} = 16$$

$$\text{Mr Cd}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O} = 112 + 124 + (4 \times 18)$$

$$= 112 + 124 + 72$$

$$= 308 \text{ g/mol}$$

$$\text{Massa Cd}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$$

$$= \frac{\text{Mr Cd}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}}{\text{Ar Cd}} \times \text{volume} \times \text{konsentrasi}$$

$$= \frac{308}{112} \times 500 \text{ ml} \times 100 \text{ ppm}$$

$$= 0,0275 \text{ gram}$$

Dikarenakan terdapat *error* dengan menggunakan massa diatas yang mendapatkan hasil 45 ppm dari 100 ppm yang diharapkan, karena yang dibutuhkan 100 ppm, maka hasil massa diatas akan dikalikan dengan persamaan berikut.

$$\frac{\text{konsentrasi yang diharapkan}}{\text{konsentrasi yang didapatkan}} \times \text{Massa Cd}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$$

$$= \frac{100}{45} \times 0,0275 = 0,06105 \text{ gram}$$

2. Pembuatan larutan $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$ 0,6 M untuk aktivasi adsorben

$$\text{Ar C} = 12$$

$$\text{Ar H} = 1$$

$$\text{Ar O} = 16$$

$$\text{Mr C}_6\text{H}_8\text{O}_7 = (12 \times 6) + (1 \times 8) + (16 \times 7)$$

$$= 192 \text{ g/mol}$$

$$\text{Massa C}_6\text{H}_8\text{O}_7$$

$$= \text{molar} \times \text{volume} \times \text{Mr C}_6\text{H}_8\text{O}_7$$

$$= 0,6 \text{ M} \times 0,2 \text{ L} \times 192 \text{ g/mol}$$

$$= 23,04 \text{ gram}$$

3. Pembuatan larutan cadmium

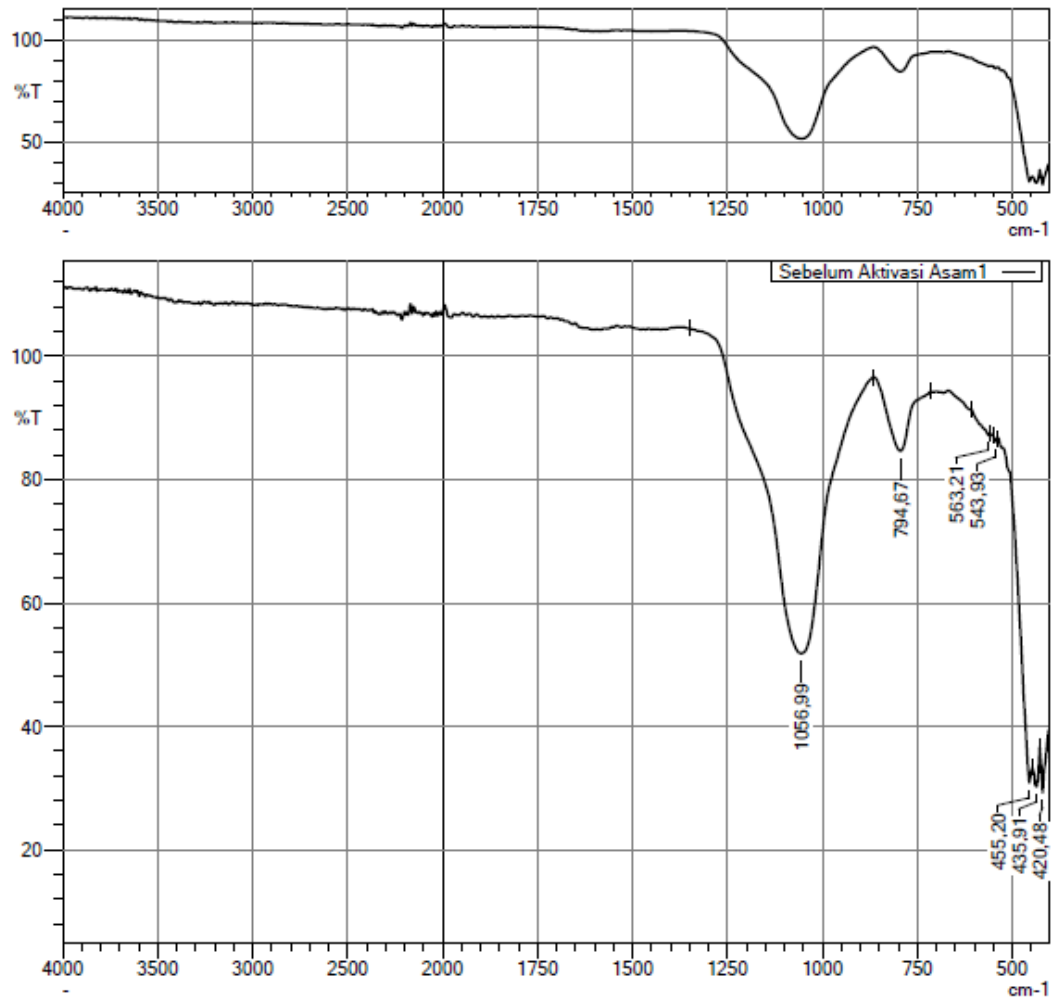
Larutan uji 10 ppm

$$V_1 \cdot C_1 = V_2 \cdot C_2$$

$$V_1 = \frac{500 \text{ ml} \times 10 \text{ ppm}}{100 \text{ ppm}} = 50 \text{ ml}$$

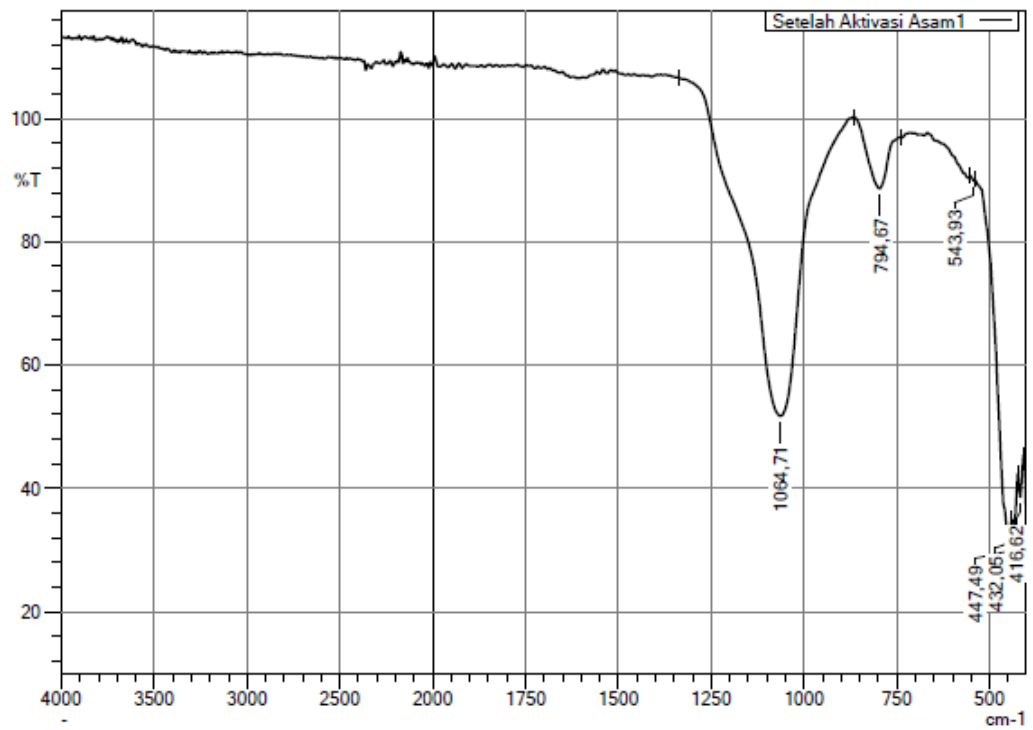
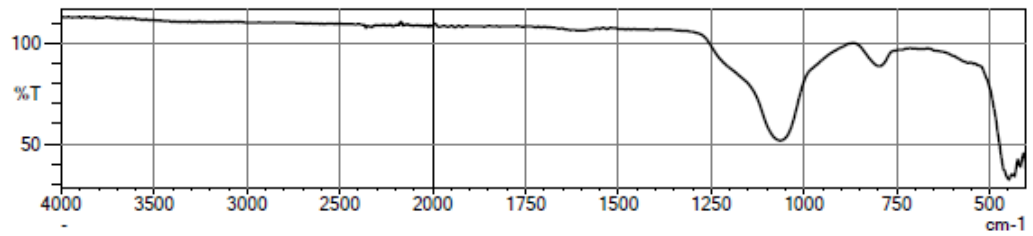
Lampiran 2 Karakteristik Data FTIR

1. Serbuk sekam padi sebelum aktivasi



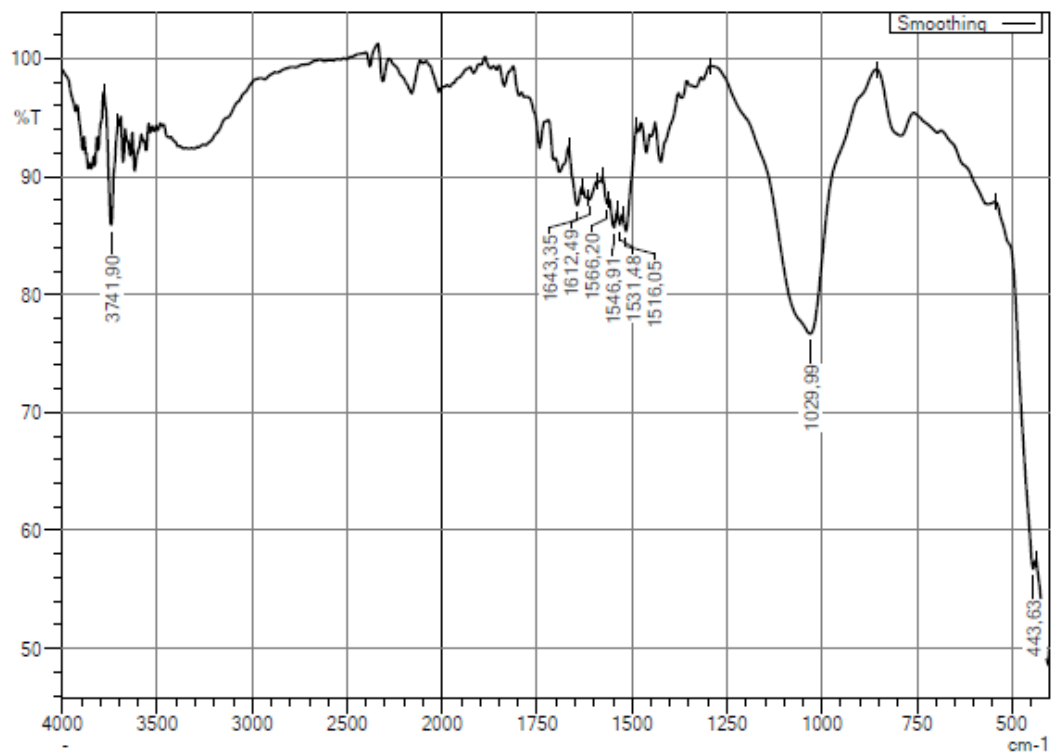
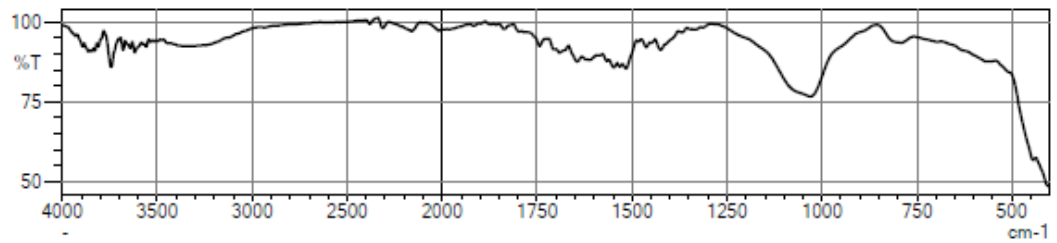
	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area	Comment
1	420,48	29,26	8,23	428,20	405,05	1521,892	85,795	
2	435,91	30,22	5,06	447,49	428,20	1312,346	57,669	
3	455,20	30,84	6,93	540,07	447,49	3262,469	-437,610	
4	543,93	86,14	0,78	551,64	540,07	155,339	5,041	
5	563,21	87,21	0,63	609,51	559,36	549,229	20,610	
6	794,67	84,60	10,95	864,11	713,66	1374,039	691,664	
7	1056,99	51,83	47,92	1350,17	864,11	8445,098	8719,243	

2. Serbuk sekam padi setelah aktivasi



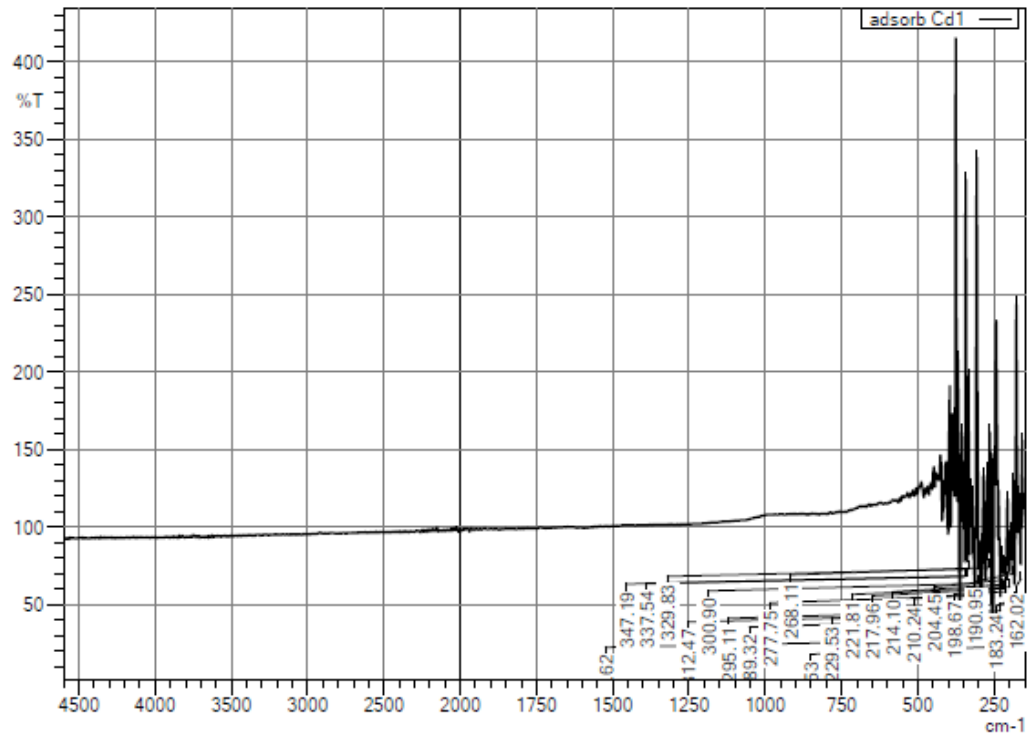
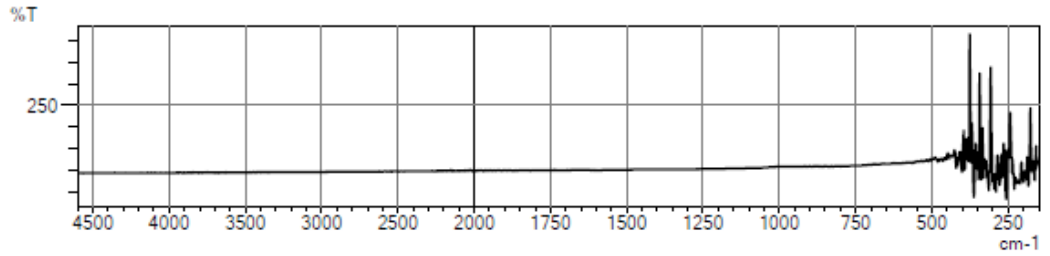
	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area	Comment
1	416,62	38,58	5,24	424,34	408,91	907,382	40,554	
2	432,05	33,84	4,79	439,77	424,34	982,451	35,524	
3	447,49	32,17	7,03	540,07	439,77	3580,929	-178,443	
4	543,93	89,89	0,39	551,64	540,07	113,273	2,072	
5	794,67	88,64	9,76	864,11	740,67	733,291	561,306	
6	1064,71	51,69	51,28	1338,60	864,11	7107,623	8754,800	

3. *Fiber* adsorben sekam padi sebelum adsorpsi



	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area	Comment
1	443.63	56.73	2.96	543.93	435.91	2694.102	-253.957	
2	1029.99	76.68	22.52	1292.31	856.39	4289.338	3924.773	
3	1516.05	85.35	3.09	1523.76	1489.05	390.068	61.023	
4	1531.48	85.92	1.06	1539.20	1523.76	208.612	7.727	
5	1546.91	85.69	1.80	1562.34	1539.20	306.419	20.481	
6	1566.20	87.72	0.87	1577.77	1562.34	175.740	7.001	
7	1612.49	88.04	0.43	1616.35	1589.34	302.525	4.111	
8	1643.35	87.58	2.72	1666.50	1631.78	375.558	58.280	
9	3741.90	85.91	9.92	3780.48	3707.18	636.816	336.022	

4. *Fiber* adsorben sekam padi setelah adsorpsi



	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area	Comment
1	162.02	76.06	66.15	167.81	158.16	-80.643	293.135	
2	183.24	63.38	112.00	187.10	177.45	-40.713	795.711	
3	190.95	79.39	37.73	196.74	187.10	40.479	174.542	
4	198.67	70.96	23.40	202.53	196.74	96.396	53.721	
5	204.45	75.76	27.03	206.38	202.53	41.384	52.135	
6	210.24	68.05	21.87	212.17	206.38	47.952	30.473	
7	214.10	72.61	3.56	216.03	212.17	98.780	6.866	
8	217.96	69.96	5.94	219.89	216.03	104.425	11.459	
9	221.81	70.82	7.00	225.67	219.89	146.926	25.982	
10	229.53	55.45	43.77	235.32	225.67	182.620	214.319	
11	256.53	32.23	122.22	264.25	248.82	-86.175	754.016	
12	268.11	83.52	61.93	270.03	264.25	-67.405	218.694	
13	277.75	65.51	69.47	283.54	270.03	14.274	490.692	
14	289.32	49.88	57.76	293.18	283.54	60.551	175.166	
15	295.11	55.52	30.27	297.04	293.18	113.192	58.393	
16	300.90	73.17	110.61	306.68	297.04	-297.037	758.961	
17	312.47	53.13	203.73	322.11	306.68	-409.986	1592.660	
18	329.83	82.44	67.49	333.69	327.90	-68.731	288.725	
19	337.54	78.03	170.02	343.33	333.69	-534.837	1015.294	
20	347.19	77.57	111.23	349.12	343.33	-219.235	490.415	
21	362.62	36.82	147.89	368.40	356.83	-31.662	948.610	

Lampiran 3 SNI 06-6989.16-2009, Air dan Air Limbah – Bagian 16: Cara uji kadmium (Cd) dengan metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) -nyala.

SNI 6989.16:2009

Air dan air limbah – Bagian 16: Cara uji kadmium (Cd) secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) – nyala

1 Ruang lingkup

Metode ini digunakan untuk penentuan logam kadmium (Cd) total dan terlarut dalam air dan air limbah secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)-nyala pada kisaran kadar Cd 0,05 mg/L sampai dengan 2 mg/L dengan panjang gelombang 228,8 nm.

2 Istilah dan definisi

2.1

air bebas mineral

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

2.2

blind sample

larutan dengan kadar analit tertentu yang diperlakukan seperti contoh uji.

2.3

kadmium terlarut

kadmium dalam air yang dapat lolos melalui saringan membran berpori 0,45 μm .

2.4

kadmium total

kadmium yang terlarut dan tersuspensi dalam air setelah dilakukan proses pemenuhan dengan asam kuat.

2.5

kurva kalibrasi

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

2.6

larutan induk kadmium

larutan yang mempunyai kadar logam kadmium 100 mg Cd/L yang digunakan untuk membuat larutan baku dengan kadar yang lebih rendah.

2.7

larutan baku logam kadmium (Cd)

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

2.8

larutan kerja logam kadmium (Cd)

larutan baku logam kadmium yang diencerkan, digunakan untuk membuat kurva kalibrasi.

2.9

larutan blanko

air bebas mineral yang diasamkan atau perlakuannya sama dengan contoh uji.

1 dari 8

"Hati-hati Badan Standarisasi Nasional, Copy-reproduksi atau penggunaan di website dan lain-lain tidak diperbolehkan"

SNI 6989.18:2009

2.10

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.

2.11

larutan pencuci

larutan yang digunakan untuk mencuci semua peralatan gelas dan plastik.

2.12

matrix modifier

bahan yang digunakan untuk mengurangi gangguan matriks contoh uji.

2.13

spike matrix

contoh uji yang diperkaya dengan larutan baku dengan kadar tertentu

3 Cara uji

3.1 Prinsip

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

3.2 Bahan

- Air bebas mineral.
- Asam nitrat (HNO_3) pekat p.a.
- Logam kadmium (Cd) dengan kemurnian minimum 99,5 %.
- Gas aseton (C_2H_6) HP dengan tekanan minimum 100 psi.
- Larutan pengencer HNO_3 0,05 M.
Larutkan 3,5 mL HNO_3 pekat ke dalam 1000 mL air bebas mineral dalam gelas piala.
- Larutan pencuci HNO_3 5% (v/v).
Tambahkan 50 mL asam nitrat pekat ke dalam 800 mL air bebas mineral ke dalam gelas piala 1000 mL, lalu tambahkan air bebas mineral hingga 1000 mL dan homogenkan.
- Udara tekan HP atau udara tekan dari kompresor.

3.3 Peralatan

- Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)-nyala.
- Lampu katoda berongga (Hollow Cathode Lamp/HCL) kadmium.
- Gelas piala 100 mL dan 250 mL.
- Pipet volumetrik 10,0 mL dan 50,0 mL.
- Labu ukur 50,0 mL; 100,0 mL; dan 1000,0 mL.
- Erlenmeyer 100 mL.
- Corong gelas.
- Kaca arloji.
- Pemanas listrik.
- Sepanjang alat sering vakum.
- Saringan membran dengan ukuran pori 0,45 μm .
- Timbangan analitik dengan ketelitian 0,0001 g.
- Labu semprot.

2 dari 8

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) atau 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 kadmium 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 kadmium total

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

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

CATATAN Jika destruksi tidak sempurna, lihat Lampiran B.

- Bilas kaca arloji dan masukkan air bilasannya ke dalam gelas piala.
- Pindahkan contoh uji ke dalam labu ukur 50,0 mL (saring bila perlu) dan tambahkan air bebas mineral sampai tepat tanda tera dan dihomogenkan.
- Contoh uji siap diukur serapannya.

3.5.3 Pembuatan larutan induk logam kadmium 100 mg Cd/L

- Timbang $\pm 0,100$ g logam kadmium, masukkan ke dalam labu ukur 1000,0 mL. Tambahkan 4 mL HNO_3 pekat sampai larut (≈ 100 mg Cd/L).
- Tambahkan 8 mL HNO_3 pekat dan air bebas mineral hingga tepat tanda tera dan homogenkan.
- Hitung kadar kadmium berdasarkan hasil penimbangan.

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

SNI 6089.18:2009

3.5.4 Pembuatan larutan baku logam kadmium 10 mg Cd/L

- Pipet 10,0 mL larutan induk 100 mg Cd/L, masukkan ke dalam labu ukur 100,0 mL.
- Tepatkan dengan larutan pengencer sampai tanda tara dan homogenkan.

3.5.5 Pembuatan larutan kerja logam kadmium (Cd)

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

3.6 Prosedur dan pembuatan kurva kalibrasi

3.6.1 Pembuatan kurva kalibrasi

Kurva kalibrasi dibuat dengan tahapan sebagai berikut:

- Operasikan alat dan optimasikan sesuai dengan petunjuk penggunaan alat untuk pengukuran kadmium.

CATATAN 1 Salah satu cara optimalisasi alat dengan uji sensitivitas.

CATATAN 2 Tambahkan matriks modifikator dan atau atasi gangguan pengukuran sesuai dengan SSA yang digunakan.

- Aspirasikan larutan blanko ke dalam SSA-nyala kemudian atur serapan hingga nol.
- Aspirasikan larutan kerja satu persatu ke dalam SSA-nyala, lalu ukur serapannya pada panjang gelombang 228,8 nm, kemudian catat.
- Lakukan pembilasan pada selang aspirator dengan larutan pengencer.
- Buat kurva kalibrasi dari data pada butir 3.6.1.c) di atas, dan tentukan persamaan garis lurusnya.
- Jika koefisien korelasi regresi linier (r) < 0,995, periksa kondisi alat dan ulangi langkah pada butir 3.6.1 b) sampai dengan c) hingga diperoleh nilai koefisien $r > 0,995$.

3.6.2 Cara uji

Uji kadar kadmium dengan tahapan sebagai berikut:

- Aspirasikan contoh uji ke dalam SSA-nyala dan ukur serapannya pada panjang gelombang 228,8 nm. Bila diperlukan, lakukan pengenceran.
- Catat hasil pengukuran.

3.7 Perhitungan

Kadar logam kadmium (Cd) dihitung sebagai berikut:

$$\text{Cd (mg/L)} = C \times f_p \quad (1)$$

Keterangan:

C adalah kadar yang didapat hasil pengukuran (mg/L).

f_p adalah faktor pengenceran.

4 Pengendalian mutu

- Gunakan bahan kimia pro analisis (pa).
- Gunakan alat gelas bebas kontaminasi.
- Gunakan alat ukur yang terkalibrasi.
- Dikerjakan oleh analis yang kompeten.
- Lakukan analisis dalam jangka waktu yang tidak melampaui waktu penyimpanan maksimum.
- Perhitungan koefisien korelasi regresi linier (r) lebih besar atau sama dengan 0,995 dengan intersepsi lebih kecil atau sama dengan batas deteksi.
- Lakukan analisis blanko dengan frekuensi 5 % sampai dengan 10 % per batch (satu seri pengukuran) atau minimal 1 kali untuk jumlah contoh uji kurang dari 10 sebagai kontrol kontaminasi.
- Lakukan analisis duplo dengan frekuensi 5 % sampai dengan 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) sama dengan 10 % maka dilakukan pengukuran ketiga.

Persen RPD:

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

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

Persen temu balik (% recovery, %R)

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

Keterangan:

- A adalah kadar contoh uji yang diperkaya (spike) (mg/L);
 B adalah kadar contoh uji (mg/L);
 C adalah kadar standar yang ditambahkan (target value) (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.

- Standar ini telah melalui uji banding metode dengan peserta 10 laboratorium pada kadar 1 mg Cd/L dengan tingkat presisi (% RSD) 6,90 % dan akurasi (bias metode) 1,25 %.

5 Rekomendasi

- Lakukan analisis blind sample.
- Buat control chart untuk akurasi dan presisi analisis.

Lampiran IV Dokumentasi

1. Pembuatan serbuk sekam padi





2. Aktivasi serbuk sekam padi menggunakan asam sitrat





3. Pembuatan *fiber* adsorben sekam padi





4. Pembuatan dan pengujian larutan





RIWAYAT HIDUP

Muhammad Riski Saputra merupakan penulis dari laporan Tugas Akhir ini. Penulis merupakan seorang dengan kelahiran di Sekayu, 16 Mei 2002 yang merupakan anak keempat dari empat bersaudara. Penulis menempuh pendidikan dasar di SD Islam Al-Falah Kota Jambi, melanjutkan ke SMP Islam Al-Falah Kota Jambi, dan SMA Negeri 3 Kota Jambi, sebelum akhirnya melanjutkan pendidikan studi Strata-1 (S-1) di Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.