

TUGAS AKHIR
PEMANFAATAN LIMBAH SUMPIT SEBAGAI
ADSORBEN UNTUK MENURUNKAN KADAR
KADMIUM (Cd) PADA LIMBAH CAIR DENGAN
METODE BATCH

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



IKHWANUL HABIB AL HABSY

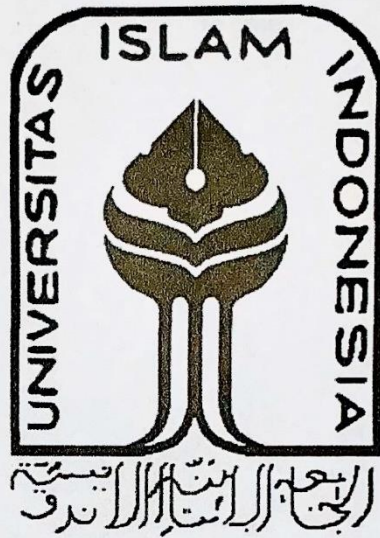
19513237

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

2023

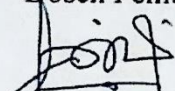
TUGAS AKHIR
PEMANFAATAN LIMBAH SUMPIT SEBAGAI
ADSORBEN UNTUK MENURUNKAN KADAR KADMIUM
(Cd) PADA LIMBAH LABORATORIUM

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



IKHWANUL HABIB AL HABSY
19513237

Disetujui,
Dosen Pembimbing:


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

Tanggal:

Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII


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

Tanggal:

21/10/22

HALAMAN PENGESAHAN
PEMANFAATAN LIMBAH SUMPIT SEBAGAI ADSORBEN UNTUK
MENURUNKAN KADAR KADMIUM (Cd) PADA LIMBAH CAIR DENGAN
METODE BATCH

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Senin
Tanggal : 23 Oktober 2023

Disusun Oleh :
Ikhwanul Habib Al Habsy
19513237

Tim Penguji :

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

()

Yebi Yuriandala, S.T., M. Eng.

()

Fina Binazir Maziya, S.T., M.T.

()

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Karya tulis ini asli dan belum pernah diajukan ke Universitas Islam Indonesia atau perguruan tinggi lain untuk mendapatkan gelar akademik apapun.
2. Karya tulis ini merupakan gagasan, ungkapan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan orang lain kecuali atas petunjuk dari Dosen Pembimbing.
3. Karya atau pandangan orang lain tidak dicantumkan dalam karya tulis ini, kecuali nama penulis disebutkan secara jelas dalam tulisan di naskah dan dicantumkan sebagai acuan dalam daftar pustaka.
4. Program perangkat lunak komputer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya dan tidak ada hubungannya dengan Universitas Islam Indonesia.
5. Pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya, dan apabila di kemudian hari terdapat pelanggaran dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima segala sanksi akademik, pencabutan gelar yang diperoleh, sebagai sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 23 Oktober 2023

Yang membuat pernyataan



Ikhwanul Habib Al Habsy

PRAKATA

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh,

Segala puji dan syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan Judul “Pemanfaatan Limbah Sumpit Sebagai Adsorben Untuk Menurunkan Kadar Kadmium (Cd) Pada Limbah Cair Dengan Metode Batch”. Penyusunan laporan tugas akhir ini dilakukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program pendidikan Strata Satu (S1) pada Program Pendidikan Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia.

Dalam penyusunan laporan tugas akhir ini banyak sekali hambatan dan rintangan yang saya hadapi namun pada akhirnya dapat melaluinya berkat adanya bimbingan, bantuan, serta dukungan dari banyak pihak baik secara moral maupun spiritual. Untuk itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan ilmu pengetahuan, kesehatan, kelancaran, dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
2. Bapak Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing 1 Tugas Akhir yang juga turut memberikan bimbingan, bantuan materil serta masukan metode kerja dalam proses pembuatan, perhitungan dan pengujian sampel.
3. Kedua orang tua penulis, Papa H. Jafrizal, S.Pd., Mama Hj. Asmimartati Anwar, S.Pd., Adik penulis Bripda Muhammad Fadhil dan keluarga penulis yang memberikan do'a, kasih sayang, dan kepercayaan kepada saya selama penyusunan laporan ini.
4. *Partner* satu Tugas Akhir penulis Ecak Rielsa, yang banyak membantu saya dalam penyelesaian penelitian ini.
5. Teman-teman Kontrakan Besi, Rama, Farhan, Ical, Fikri, Ambon dan teman-teman kelas E, Sania, Ayya, Ameng, Benj, Nisa serta Petria yang

turut memberikan dukungan dan dorongan untuk segera menyelesaikan laporan tugas akhir ini.

6. Sahabat penulis, Adhitya, Agatiyus, Habib Irsya dan Jovan yang juga banyak memberikan dukungan, masukan, nasehat serta hiburan.
7. Seluruh dosen, staff, dan keluarga besar Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia karena telah memberikan pengajaran dan pengalaman selama kuliah sehingga ilmu yang telah penulis peroleh dapat bermanfaat untuk penyusunan laporan ini.
8. Pak Tas, Mas Bagus, Mas Ridwan, Mba Nida, Mba Shinta dan Mbak Tika selaku staff Laboratorium Kualitas Lingkungan Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia yang sudah membantu sejak awal *safety induction*, pembuatan sampel hingga tahap akhir dalam pengujian sampel.
9. Pihak-pihak lainnya yang tidak disebut satu per satu yang telah membantu penulis menyelesaikan laporan tugas akhir ini, serta
10. Penulis berterimakasih kepada diri sendiri, yang sudah mau dan mampu melawan rasa malasnya, mengurangi waktu mainnya, mengurangi waktu tidurnya, menjaga perasaannya, menjaga fokusnya, dan selalu siap untuk berdiri di atas kaki sendiri.

Penulis menyadari kekurangan yang terdapat di dalam laporan tugas akhir ini serta tidak luput dari kesalahan dan keterbatasan ilmu pengetahuan dari penulis. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun untuk kemajuan penulis dan kelengkapan laporan ini. Semoga laporan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi penulis dan pembaca.

Billahi taufiq wal hidayah,

Wassalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

ABSTRAK

Sumpit adalah peralatan makan yang berasal dari Asia Timur, terdiri dari dua batang dengan panjang yang sama yang dipegang di antara jari-jari satu tangan. Sumpit digunakan untuk memegang makanan dan memindahkannya dari wadah, dari satu piring ke piring lainnya, atau untuk memasukkan makanan ke dalam mulut. Media sumpit bambu memiliki kandungan selulosa $(C_6H_{10}O_5)_n$ yang tinggi sehingga dapat digunakan sebagai biosorben. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keefektifan 2 perlakuan berbeda (diaktifkan dengan asam sitrat 0,4 M dan non-aktif) media sorben sumpit bambu terhadap adsorpsi ion Kadmium (Cd) dalam air. Adsorpsi dilakukan menggunakan sistem batch dengan variabel massa sorben, pH larutan, waktu kontak, dan konsentrasi awal Cd pada suhu ruang (25°C). Gugus fungsi adsorben ditentukan dengan FTIR, morfologi adsorben ditentukan dengan SEM, dan kapasitas adsorpsi adsorben diperoleh dengan menggunakan model isoterm Langmuir dan Freundlich. Hasil penelitian menunjukkan bahwa untuk larutan Cd 50 mg/l, kondisi optimal adalah massa adsorben 200 mg, pH larutan 7 dan waktu kontak 120 menit. Kapasitas adsorpsi adsorben bambu nonaktif dan aktif masing-masing adalah 47,84 mg/g dan 57,471 mg/g. Penelitian menunjukkan bahwa limbah sumpit bambu dapat digunakan sebagai adsorben ion logam berat, dan isoterm Langmuir cocok untuk adsorpsi ion Kadmium dalam air.

Kata kunci: *Adsorpsi, Kadmium (Cd), Langmuir, Sistem Batch, Sumpit*

ABSTRACT

Chopsticks are cutlery originating from East Asia, consisting of two sticks of equal length held between the fingers of one hand. Chopsticks are used to hold food and move it from a container, from one plate to another, or to put food into the mouth. Bamboo chopstick media has a high cellulose (C₆H₁₀O₅)_n content that can be used as a biosorbent. This study aims to determine the effectiveness of 2 different treatments (activated with 0.4 M citric acid and non-activated) of bamboo chopstick sorbent media on the adsorption of Cadmium (Cd) ions in water. Adsorption was carried out using a batch system with variable sorbent mass, solution pH, contact time, and initial Cd concentration at room temperature (25°C). Adsorbent functional groups were determined by FTIR, adsorbent morphology was determined by SEM, and adsorption capacity of adsorbent was obtained using Langmuir and Freundlich isotherm models. The results showed that for 50 mg/l Cd solution, the optimal conditions were 200 mg adsorbent mass, solution pH 7 and 120 min contact time. The adsorption capacity of inactive and active bamboo adsorbents were 47.84 mg/g and 57.471 mg/g, respectively. The study shows that bamboo chopstick waste can be used as a heavy metal ion adsorbent, and the Langmuir isotherm is suitable for the adsorption of Cadmium ions in water.

Keywords : *Adsorption, Batch System, Cadmium (Cd), Chopsticks, Langmuir*

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN	iv
PRAKATA.....	5
ABSTRAK.....	7
ABSTRACT.....	8
DAFTAR ISI.....	9
DAFTAR TABEL.....	11
DAFTAR GAMBAR.....	11
DAFTAR LAMPIRAN.....	1
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	0
1.1 Latar Belakang	0
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Ruang Lingkup.....	3
BAB II.....	5
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Adsorpsi	5
2.2 Metode Adsorpsi.....	8
2.3 Proses Biosorpsi.....	8
2.4 Kadmium (Cd)	9
2.5 Karakteristik Kadmium (Cd)	9
2.6 Sumpit.....	10
2.7 Aktivasi Adsorban	10
2.8 Asam Sitrat (C ₆ H ₈ O ₇).....	11
2.9 Selulosa.....	13
2.10 Metode Batch.....	14
2.11 Isotherm Langmuir.....	14
2.12 Isotherm Freundlich	15
2.13 <i>Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)</i>	15

2.14 <i>Fourier Transform Infra Red</i> (FTIR).....	16
2.15 <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM)	17
2.16 Penelitian Terdahulu	18
BAB III	21
METODE PENELITIAN.....	21
3.1 Waktu dan Lokasi	21
3.2 Alat dan Bahan.....	21
3.3 Variabel.....	21
3.4 Prosedur Penelitian Tugas Akhir	21
3.5 Desain Penelitian	22
3.6 Analisis Data.....	30
BAB IV	32
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	32
4.1 Penjelasan Umum	32
4.2 Persiapan Adsorben.....	33
4.3 Karakteristik Adsorben	42
4.4 Pengujian Kemampuan Adsorben.....	48
4.5 Isotherm	59
4.6 Mekanisme Adsorpsi Adsorben Sumpit.....	69
4.7 Perbandingan Adsorben Tanpa Aktivasi dan Ter-Aktivasi.....	71
BAB V	72
KESIMPULAN DAN SARAN.....	72
5.1 Kesimpulan	72
5.2 Saran	72
5.3 Rekomendasi.....	73
DAFTAR PUSTAKA	74
LAMPIRAN.....	77

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Penelitian Terdahulu	18
Tabel 4. 1. Perbandingan Gugus Tabel Fungsi	43
Tabel 4. 2. Hasil Uji Adsorpsi Massa Adsorben Tidak Aktivasi	50
Tabel 4. 3. Hasil Uji Adsorpsi Massa Adsorben Aktivasi	50
Tabel 4. 4. Hasil Uji Variasi pH Adsorben Tidak Aktivasi	52
Tabel 4. 5. Hasil Uji Variasi pH Adsorben Aktivasi.....	53
Tabel 4. 6. Hasil Uji Variasi Waktu Kontak Adsorben Tidak Aktivasi.....	55
Tabel 4. 7. Hasil Uji Variasi Waktu Kontak Adsorben Aktivasi.....	55
Tabel 4. 8. Hasil Uji Variasi Konsentrasi Larutan Adsorben Tidak Aktivasi.....	57
Tabel 4. 9. Hasil Uji Variasi Konsentrasi Larutan Adsorben Aktivasi.....	58
Tabel 4. 10. Data Penentuan Konstanta Langmuir Adsorben Tanpa Aktivasi	60
Tabel 4. 11. Data Penentuan Konstanta Langmuir Adsorben Aktivasi	60
Tabel 4. 12. Data Penentuan Konstanta Isotherm Freundlich Adsorben Tidak Aktivasi	65
Tabel 4. 13. Data Penentuan Konstanta Isotherm Freundlich Adsorben Aktivasi	65
Tabel 4. 14. Mekanisme Adsorpsi Isotherm Langmuir dan Isotherm Freundlich Logam Kadmium (Cd)	69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Struktur Kimia Asam Sitrat ($C_6H_8O_7$).....	13
Gambar 2. 2. Alat <i>Atomic Absorption Spectrophotometer</i> (AAS).....	16
Gambar 2. 3. <i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i> (FTIR)	17
Gambar 2. 4. Alat <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM).....	18
Gambar 3. 1. Diagram Alir Desain Penelitian.....	23
Gambar 3. 2. Diagram Alir Metode Penyiapan Adsorban	24
Gambar 3. 3. Diagram Alir Metode Aktivasi Adsorban	25
Gambar 3. 4. Diagram Alir Menentukan Massa Optimum.....	26
Gambar 3. 5. Diagram Alir Menentukan pH Optimum	27
Gambar 3. 6. Diagram Alir Menentukan Waktu Kontak Optimum.....	28
Gambar 3. 7. Diagram Alir Menentukan Konsentrasi Optimum.....	29
Gambar 4. 1. Proses Mengumpulkan Sumpit Bekas Pakai	33
Gambar 4. 2. Proses Pencucian Sumpit Bekas Pakai.....	34
Gambar 4. 3. Proses Penjemuran Sumpit dibawah Sinar Matahari	35
Gambar 4. 4. Proses Pengovenan Sumpit Bekas Pakai.....	35
Gambar 4. 5. (a) Proses Penghancuran Menggunakan Blender dan (b) Proses Ayakan Sumpit Menjadi Powder dengan Ukuran Ayakan 100 Mesh	36
Gambar 4. 6. Powder Sumpit Bekas Pakai Ukuran 100 mesh.....	37
Gambar 4. 7. (a) Proses Pencucian Adsorben Menggunakan Aquades dan (b) Proses Pengeringan Adsorben Menggunakan Oven	38
Gambar 4. 8. Powder Adsorben Sumpit Bekas Tidak Aktivasi.....	38
Gambar 4. 9. (a) Proses Meninimbang Asam Sitrat Menggunakan Neraca Analitik dan (b) Proses Penghomogenan Asam Sitrat Menggunakan Labu Ukur 1000 mL	40
Gambar 4. 10. (a) Perendaman Adsorben Menggunakan Asam Sitrat dan (b) Hasil Perendaman Adsorben Selama 1 x 24 Jam	40
Gambar 4. 11. Proses Pencucian Adsorben Menggunakan Aquades.....	41
Gambar 4. 12. Proses Pengeringan Adsorben Menggunakan Oven	41
Gambar 4. 13. Powder Adsorben Sumpit Bekas Aktivasi	42

Gambar 4. 14. Perbandingan Gugus Fungsi Adsorben Tidak Aktivasi dan Adsorben Aktivasi pada Grafik FTIR	46
Gambar 4. 15. (a) Adsorben Tidak Aktivasi dan (b) Adsorben Aktivasi	48
Gambar 4. 16. Grafik Data Hasil Uji Variasi Massa Adsorben	51
Gambar 4. 17. Grafik Data Hasil Uji Variasi pH Adsorben	54
Gambar 4. 18 Grafik Data Hasil Uji Variasi Waktu Kontak Adsorben.....	56
Gambar 4. 19. Grafik Data Hasil Uji Variasi Konsentrasi Larutan Adsorben.....	58
Gambar 4. 20. Grafik Pola Isoterm Langmuir Adsorben Tidak Aktivasi.....	61
Gambar 4. 21. Grafik Pola Isoterm Langmuir Adsorben Aktivasi	61
Gambar 4. 22. Grafik Persamaan Isotherm Langmuir Adsorban Tidak Aktivasi.	62
Gambar 4. 23. Grafik Persamaan Isotherm Langmuir Adsorban Aktivasi	63
Gambar 4. 24. Grafik Pola Persamaan Isotherm Freundlich Adsorban Tidak Aktivasi	66
Gambar 4. 25. Grafik Pola Persamaan Isotherm Freundlich Adsorban Aktivasi .	66
Gambar 4. 26. Grafik Persamaan Isoterm Freundlich Adsorban Tidak Aktivasi .	67
Gambar 4. 27. Grafik Persamaan Isoterm Freundlich Adsorban Aktivasi	68

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan.....	77
Lampiran 2. Data Karakteristik FTIR.....	81
Lampiran 3. Tabel Korelasi Gugus Fungsi.....	83
Lampiran 4. SNI Nomor 06-6989-16. 2009.....	89
Lampiran 5. Hasil Uji AAS.....	99

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini pengolahan limbah yang cukup baik baru dilakukan oleh industri-industri besar yang sudah memiliki instalansi pengolahan limbahnya sendiri. Limbah kegiatan oleh industri berskala rumah tangga, limbah kegiatan pertanian, limbah laboratorium dan lainnya, masih belum dapat mengolah limbahnya sendiri, sehingga mendapat perhatian khusus. Limbah-limbah tersebut pada umumnya langsung dibuang ke lingkungan tanpa melalui proses pengolahan lebih lanjut. Hal ini dapat menyebabkan pencemaran pada lingkungan yang dampaknya dapat dirasakan oleh makhluk hidup yang ada di sekitar lingkungan tersebut.

Limbah laboratorium mengandung banyak bahan organik dan anorganik (Kadaria dkk., 2017). Limbah laboratorium merupakan salah satu limbah yang jumlahnya cukup banyak dengan pengolahan limbah yang kurang memadai, sehingga perlu perhatian khusus terhadap pengolahan limbah laboratorium ini sendiri. Pada umumnya limbah laboratorium dari Lembaga Pendidikan langsung dibuang di wastafel atau ditampung/dikumpulkan pada dirigen-dirigen limbah yang selanjutnya dikirim ke Lembaga-lembaga pengolahan limbah yang bersertifikat. Banyaknya bahan organik dan anorganik yang terkandung dalam limbah laboratorium, jika dibuang langsung ke lingkungan dapat merusak lingkungan seperti rusaknya struktur tanah, terganggunya keseimbangan ekosistem serta dapat menyebabkan gangguan kesehatan (Fajri, 2018). Sedangkan untuk pengolahan limbah yang menggunakan jasa lembaga pengolahan limbah yang bersertifikat membutuhkan biaya yang cukup tinggi sehingga akan meningkatkan biaya pemeliharaan lingkungan bagi lembaga Pendidikan tersebut.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No.22 tahun 2021, bahan-bahan yang terkandung di dalam limbah laboratorium termasuk ke dalam limbah berbahaya dan beracun (B3). Kandungan bahan organik dan anorganik yang terkandung di dalam limbah laboratorium harus memenuhi standar baku mutu air limbah untuk dapat dibuang ke lingkungan. Kandungan organik dapat meliputi COD, BOD, DO, TSS, dan TDS. Sedangkan kandungan anorganik dapat berupa kandungan

nutrien seperti Sulfat, Nitrit, Amoniak, dan Fosfat, serta logam berat seperti logam Cd, Pb, Cu, Hg, Cr, Zn, Fe, dan logam berat lainnya.

Dalam beberapa kurun waktu terakhir banyaknya kasus pencemaran lingkungan oleh logam berat telah diberitakan secara luas. Dua kasus besar yang sudah terjadi adalah kasus pencemaran Teluk Minamata di Jepang oleh metil merkuri pada tahun 1953 - 1960 dan kasus penyakit itai-itai pada tahun 1960-an yang terjadi akibat tercemarnya sungai Jiutzu di Jepang oleh logam kadmium sebagai limbah proses eksplorasi tambang didaerah sekitar sungai tersebut (Darmono, 1995).

Pada kondisi ini Kadmium (Cd) memiliki karakteristik berwarna putih keperakan seperti logam aluminium, tahan panas, tahan terhadap korosi. kadmium digunakan untuk elektrolisis, bahan pigmen untuk industri cat, enamel, dan plastik. kadmium merupakan salah satu jenis logam berat yang berbahaya karena elemen ini beresiko tinggi terhadap pembuluh darah, Kadmium berpengaruh terhadap manusia dalam jangka waktu panjang dan dapat terakumulasi pada tubuh khususnya hati dan ginjal (Palar, 1994).

Oleh karena itu sangatlah penting untuk mengembangkan teknik menemukan atau memperoleh kembali logam berat yang berbahaya dalam limbah cair khusus dalam hal ini logam berat Kadmium. Dewasa ini untuk penanganan limbah logam berat banyak dikembangkan metode adsorpsi dengan menggunakan adsorben - adsorben alami. Penggunaan karbon aktif sebagai adsorben dalam operasi pengolahan limbah telah dilakukan. Akan tetapi, operasi pengolahan limbah cair dengan menggunakan adsorben tersebut membutuhkan biaya yang cukup besar. Oleh karena itu, perlu dipelajari kemampuan kuantitatif bahan yang lain yang dapat digunakan sebagai adsorben limbah cair.

Salah satu bahan adsorben yang dewasa ini mendapat perhatian besar dari para ahli adalah selulosa. Selulosa mempunyai kemampuan mengikat ion logam dalam larutan. Selulosa terdapat dalam struktur kayu pepohonan, seperti pohon bambu dan palm. Salah satu adsorben alternatif yang menjanjikan adalah penggunaan dari limbah bekas alat makan organik yang terbuat dari bambu seperti limbah sumpit, sedotan, sendok dan lainnya. Di antara beberapa limbah alat makan tersebut yang menarik adalah penggunaan sumpit. Hal ini berkaitan dengan ketersediaan limbah sumpit yang cukup banyak di segala tempat maupun waktu serta pemanfaatan limbah tersebut yang masih terbatas.

Selama ini sumpit yang beredar di kalangan masyarakat Indonesia, berbahan dasar bambu, karena menurut pengusaha sumpit di Indonesia sendiri bambu dikenal memiliki sifat-sifat yang baik untuk di dimanfaatkan antara lain batangnya kuat, ulet, lurus, rata, keras, mudah di belah, mudah di bentuk serta ringan sehingga mudah di angkut. Bambu juga memiliki sifat kimia meliputi selulosa, lignin, pentosan, abu, silika. Kadar selulosa berkisar antara 42,4 % - 53,6 % , kadar lignin bambu berkisar antara 19,8 % - 26,6 % , sedangkan kadar pentosan 1,24 % - 3,77 % , kadar abu 1,24 % - 3,77 % , kadar silika 0,10 % - 1,78 % (Krisdianto et al, 2000). Dari sifat-sifat tersebut maka perlu dilakukan pengolahan terhadap limbah media bambu tersebut, sehingga dapat menambah nilai jual serta memberikan alternatif pemanfaatan terhadap limbah media bambu yang ada. Sehingga dari masalah lingkungan tersebut, penelitian kali ini merupakan perpaduan solusi dari pengolahan logam berat dengan menjadikan limbah media bambu yang tidak terpakai sebagai adsorben.

Ada banyak cara yang dapat dilakukan untuk menghasilkan karbon yang berpori yaitu dengan cara dekomposisi material organik melalui tiga tahapan yaitu dehidrasi, karbonisasi dan aktivasi. Pada penelitian saya ini, saya akan menggunakan adsorben yang berbahan dari limbah bambu yaitu sumpit bekas, yang akan diaktivasi oleh aktivator yaitu asam sitrat dan sebagai pembanding juga akan dilakukan pembuatan adsorben dengan metode tanpa aktivasi untuk mendapatkan dosis, derajat keasaman, waktu kontak dan variasi konsentrasi logam (Cd) menggunakan metode batch dan isoterm menggunakan metode Freundlich dan Langmuir. Pada penelitian ini sumpit sebagai adsorben alami telah dipilih sebagai sampel kajian, dengan demikian akan sangat menarik untuk dipelajari karakteristik adsorpsi ion logam pada selulosa sebagai adsorben dalam upaya peningkatan kapasitas adsorpsinya.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang diatas dapat dirumuskan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik sumpit bekas sebagai adsorben?
2. Bagaimana pengaruh variasi massa adsorben, pH, waktu kontak, dan konsentrasi limbah pada adsorpsi ion logam berat cadmium (Cd) menggunakan adsorben berbasis sumpit bekas menggunakan metode batch dan isoterm metode Freundlich dan Langmuir?
3. Berapa kapasitas penyerapan ion logam berat kadmium (Cd) oleh adsorben berbasis sumpit bekas yang tidak dan sudah teraktivasi asam sitrat?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi karakteristik sumpit bekas sebagai adsorben.
2. Menganalisis pengaruh variasi dosis adsorben, pH, waktu kontak, dan konsentrasi limbah pada adsorpsi ion logam berat cadmium (Cd) menggunakan adsorben berbasis sumpit bekas, menggunakan metode batch dan isotherm metode Freundlich dan Langmuir.
3. Mengetahui kapasitas penyerapan ion logam berat kadmium (Cd) oleh adsorben berbasis sumpit bekas yang tidak dan sudah teraktivasi asam sitrat.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah :

1. Memberikan informasi tentang kemampuan sumpit bekas sebagai adsorben yang diaktivasi menggunakan Asam Sitrat ($C_6H_8O_7$) dalam menurunkan konsentrasi ion logam berat kadmium (Cd) dalam air.
2. Memberikan alternatif teknologi penyerapan logam berat yang berasal dari sumpit bekas.
3. Hasil penelitian ini dapat dijadikan referensi dalam memanfaatkan limbah alami sebagai bahan baku adsorben.

1.5 Ruang Lingkup

Terkait dengan penelitian yang dilakukan, untuk menghindari penyimpangan, pelebaran fokus, dan memudahkan pelaksanaan penelitian, maka digunakan ruang lingkup sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan di Laboratorium Kualitas Air Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil Perencanaan kampus terpadu Universitas Islam Indonesia.
2. Pengujian adsorpsi logam berat kadmium (Cd) dilakukan dengan memperhatikan aspek massa adsorben, pH, waktu kontak, dan konsentrasi limbah.
3. Metode aktivasi dilakukan menggunakan Asam Sitrat ($C_6H_8O_7$).
4. Air limbah yang digunakan yaitu air limbah laboratorium Kualitas Lingkungan Air Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil Perencanaan kampus terpadu Universitas Islam Indonesia yang mengandung ion logam kadmium (Cd), dengan metode uji mengacu

pada SNI Nomor 06-6989-16 tahun 2004 tentang cara uji kadmium (Cd) dengan metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) – nyala.

5. Pengujian karakteristik gugus fungsi adsorben pada penelitian ini menggunakan *Fourier Transform Infrared* (FTIR).
6. Pengujian gambaran permukaan adsorben menggunakan instrumen *Scanning Electron Microscope* (SEM).

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Adsorpsi

Adsorpsi adalah proses yang terjadi ketika fluida (cair atau gas) bergabung dengan padatan dan akhirnya membentuk lapisan tipis pada permukaan padatan. Berbeda dengan penyerapan, penyerapan adalah penyerapan satu cairan oleh cairan lain dengan membentuk larutan. Karena adsorpsi adalah fenomena permukaan, kapasitas adsorpsi dari adsorben adalah fungsi dari luas permukaan spesifik (Sawyer et al., 1994). Ada dua komponen dalam proses adsorpsi, adsorbat dan adsorben. Zat yang terakumulasi pada permukaan disebut adsorbat, sedangkan bahan permukaan padat/cair disebut adsorben. Proses adsorpsi berbeda dengan absorpsi yang merupakan reaksi kimia antara molekul adsorbat dengan permukaan adsorben, sedangkan absorpsi adalah proses dimana suatu fluida dilarutkan oleh cairan atau padatan yang berperan sebagai adsorben.

Sebagian besar adsorben adalah zat padat yang dapat menyerap komponen tertentu dari fase cair. Sebagian besar adsorben adalah bahan yang sangat berpori, dan adsorpsi terjadi terutama pada tempat tertentu di dinding pori atau di dalam partikel. Karena pori-pori biasanya sangat kecil, luas permukaan bagian dalam beberapa kali lipat lebih besar dari permukaan bagian luar, yang dapat mencapai 2000 m²/g. Adsorben yang digunakan secara komersial terbagi dalam dua kategori, gugus polar (hidrofilik) dalam bentuk gel silika, alumina aktif, dan zeolit, dan gugus nonpolar (hidrofobik) dalam bentuk polimer adsorben dan karbon aktif (Rahmayani et al., 2013). Menurut IUPAC (*International Union of Pure and Applied Chemistry*), ada berbagai klasifikasi pori-pori, yaitu :

- Mikropori : diameter < 2 nm
- Mesopori : diameter 2 – 50 nm
- Makropori : diameter > 50 nm (Dedi et al., 2010)

Adsorpsi dibagi menjadi adsorpsi fisik dan adsorpsi kimia. Faktor-faktor yang mempengaruhi adsorpsi adalah dosis adsorbat, luas permukaan, pH, waktu kontak, kelarutan adsorbat, ukuran molekul adsorbat, pH, dan suhu.

Menurut kekuatan interaksinya, adsorpsi dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu adsorpsi fisik dan adsorpsi kimia. Penjelasannya sebagai berikut:

1. Adsorpsi Fisika

Adsorpsi fisika terjadi ketika gaya antarmolekul lebih besar daripada gaya tarik menarik antarmolekul atau ketika gaya tarik menarik antara adsorbat dan permukaan adsorben relatif lemah. Gaya ini, yang dikenal sebagai gaya Van Der Waals, memungkinkan adsorbat bergerak dari satu bagian permukaan adsorben ke bagian lain dari permukaan adsorben. Gaya antarmolekul adalah gaya tarik menarik antara molekul fluida dengan permukaan padat, sedangkan gaya antarmolekul adalah gaya tarik menarik antara molekul fluida itu sendiri (Mu'jizah, 2010).

2. Adsorpsi Kimia

Adsorpsi kimia terjadi sebagai akibat dari reaksi kimia di mana elektron dipertukarkan atau dibagi antara molekul adsorbat dan permukaan adsorben. Ikatan yang terbentuk antara adsorbat dan adsorben merupakan ikatan kimia yang lebih kuat dari adsorpsi fisik. *physisorption* dan *chemisorption* dibedakan berdasarkan kriteria (Mu'jizah, 2010).

Banyak faktor yang mempengaruhi laju proses adsorpsi dan jumlah adsorbat yang dapat diserap, antara lain :

1. Karakteristik Adsorban

Sifat adsorben yang mempengaruhi laju adsorpsi adalah ukuran partikel dan luas permukaan. Semakin kecil adsorben maka laju adsorpsi semakin cepat, dan semakin besar luas permukaan adsorben maka semakin banyak partikel adsorbat yang akan teradsorpsi.

2. Agitasi

Agitasi yang dimaksud adalah keadaan aliran turbulen, atau bisa juga disebut aliran turbulen. Laju proses adsorpsi dikendalikan oleh

difusi lapisan dan difusi pori, dan keadaan bergantung pada keadaan larutan, tenang atau turbulen.

3. Ukuran Pori Adsorban

Ukuran pori merupakan faktor penting dalam proses adsorpsi karena partikel adsorben harus masuk ke dalam pori-pori adsorben. Jika ukuran pori adsorben cukup besar sehingga memungkinkan adsorbat masuk ke dalam pori-pori adsorben, maka proses adsorpsi akan berjalan lancar. Sebagian besar air limbah mengandung partikel adsorbat dengan berbagai ukuran. Keadaan ini dapat merugikan karena partikel yang lebih besar mencegah partikel yang lebih kecil memasuki pori-pori sorben.

4. Potensial Hidrogen (pH)

Nilai pH memiliki pengaruh yang besar terhadap laju proses adsorpsi. Ini karena ion hidrogen memiliki kapasitas adsorpsi yang kuat, dan pH juga mempengaruhi ionisasi. Zat organik yang bersifat asam lebih mudah teradsorpsi pada lingkungan pH rendah, sedangkan zat organik basa lebih mudah teradsorpsi pada lingkungan pH tinggi. Nilai pH optimal dapat ditentukan dengan uji laboratorium.

5. Kelarutan Adsorbat

Proses adsorpsi terjadi ketika adsorbat terpisah dari larutan dan melekat pada permukaan adsorben. Partikel adsorbat terlarut memiliki afinitas yang kuat. Namun ada pengecualian, beberapa senyawa sedikit larut dan sulit diserap, sedangkan beberapa senyawa sangat larut tetapi mudah diserap.

6. Waktu Kontak

Waktu kontak mempengaruhi jumlah adsorpsi dari adsorbat, yang disebabkan perbedaan kemampuan mengikat logam Cd, dan kondisi kesetimbangan dapat dicapai dalam waktu 150 menit, setelah itu jumlah adsorpsi dari adsorbat tidak berubah secara signifikan terhadap waktu.

7. Temperatur

Suhu mempengaruhi laju adsorpsi dan laju terjadinya adsorpsi. Laju adsorpsi meningkat dengan meningkatnya suhu dan sebaliknya. Namun,

karena proses adsorpsi merupakan proses eksotermik, derajat adsorpsi meningkat pada suhu rendah dan menurun pada suhu tinggi.

2.2 Metode Adsorpsi

Metode adsorpsi dilakukan dengan dua cara, statis (batch) dan dinamis (kolom). Penjelasannya sebagai berikut:

1. Metode Statis

Metode statis adalah dengan memasukkan larutan yang mengandung komponen yang diinginkan ke dalam wadah yang berisi adsorben. Kemudian aduk selama jangka waktu tertentu. Kemudian diisolasi dengan penyaringan atau dekantasi. Dengan melarutkan adsorben dalam pelarut tertentu, komponen yang telah terikat pada adsorben dilepaskan kembali dalam volume yang lebih kecil dari larutan awal.

2. Metode Dinamis

Pada metode dinamis (kolom), larutan yang mengandung komponen tertentu dilewatkan melalui kolom yang telah diisi dengan adsorben, dan komponen yang terserap dilepaskan kembali dengan mengalirkan sejumlah kecil pelarut (*effluent*) (Apriliani, 2010).

2.3 Proses Biosorpsi

Biosorpsi adalah proses penyerapan komponen tertentu dari fase cair dengan menggunakan substrat organik. Biosorpsi dapat didefinisikan sebagai penghilangan ion logam dengan adsorpsi pasif atau kompleksasi dari biomassa hidup atau limbah organik. Biosorpsi adalah kemampuan bahan biologis untuk mengakumulasi logam berat. Proses biosorpsi ini terjadi karena adanya bahan biologis yang disebut biosorben dan adanya larutan yang mengandung logam berat, sehingga mudah terikat pada biosorben (Putra et al., 2005).

Mikroorganisme, termasuk ganggang, bakteri, ragi, jamur, dan daun dan jaringan tanaman, dapat digunakan sebagai biosorben untuk menghilangkan logam berat dari limbah industri (Pavasant et al., 2005).

2.4 Kadmium (Cd)

Kadmium (Cd), logam berat yang paling umum di lingkungan, terutama di lingkungan perairan, sangat beracun bahkan pada konsentrasi rendah (Almeida et al., 2009). Pada manusia, kadmium dapat bersifat karsinogenik, merusak kelenjar endokrin, sistem kardiovaskular, dan juga hadir dalam sistem saraf, menyebabkan kerusakan saraf dan telah dikaitkan dengan kanker paru-paru, prostat, pankreas, dan ginjal (Flora, 2009). Pada konsentrasi tinggi, kadmium merupakan logam berat (karsinogen) yaitu zat yang memicu/menyebabkan kanker akibat gangguan proses metabolisme seluler (genomik), mutagenisitas yaitu sifat kimia yang menyebabkan mutasi pada gen, dan teratogenisitas yaitu studi tentang cacat lahir pada beberapa hewan. Ini menunjukkan bahwa kadmium logam berat memiliki efek pada proses genomik dan pasca-genomik di hati, ginjal, paru-paru, dan otak. Sifat karsinogenisitas kadmium membuat logam berat ini menempati urutan nomor satu (kategori 1) sebagai mutagen pada organisme (Flora, 2009).

2.5 Karakteristik Kadmium (Cd)

Karakteristik Kadmium merupakan logam berwarna putih perak, lunak dan berkilau, tidak larut dalam alkali, mudah bereaksi, dan menghasilkan kadmium oksida jika dipanaskan. Kadmium (Cd) sering digunakan dalam kombinasi dengan kadmium klorida (CdCl_2) atau kadmium sulfosulfit (Cd_5). Kadmium membentuk tidak stabil (Cd^{2+}). Cd memiliki nomor atom 40, berat atom 112,4, titik leleh 321°C , titik didih 767°C , dan massa jenis $8,65 \text{ g/cm}^3$. Logam kadmium (Cd) memiliki karakteristik yang sama seperti logam aluminium, berwarna putih keperakan, tahan panas dan tahan korosi. Kadmium (Cd) digunakan dalam elektrolisis dan merupakan pigmen dalam industri cat, enamel, dan plastik. Logam kadmium (Cd) biasanya selalu ada dalam campuran dengan logam lain, terutama pada pertambangan timbal dan seng (Darmano, 1995).

Kadmium (Cd) tersebar luas di alam. Berdasarkan sifat fisiknya, kadmium (Cd) merupakan logam lunak yang berwarna putih keperakan. Logam menodai di udara lembab dan cepat memburuk bila terkena uap amonia

(NH₃) dan sulfur hidroksida (SO₂) (Palar, 1994). Dalam kegiatan penambangan, kadmium banyak terdapat pada bijih, antara lain oreosite (kromit kuning) sulfida, kalsium karbonat dan kadmium oksida. Mineral-mineral ini terbentuk dari bijih sfalerit dan oksidanya, atau diperoleh dari debu sisa pengolahan lumpur elektrolitik.

2.6 Sumpit

Sumpit adalah alat makan yang berasal dari Asia Timur, berbentuk dua batang kayu sama panjang yang dipegang di antara jari-jari salah satu tangan. Sumpit digunakan untuk menjepit dan memindahkan makanan dari wadah, dari piring satu ke piring lain atau memasukkan makanan ke dalam mulut. Biasanya sumpit terbuat dari kayu atau bambu yang sudah diolah dan ukurannya sudah ditetapkan oleh pengerajin sumpit. Sumpit yang beredar di Indonesia kebanyakan sumpit sekali pakai, yang harganya berkisar Rp 1000 – Rp 3000 per satu pasang sumpit.

2.7 Aktivasi Adsorban

Aktivasi dapat dilakukan dalam dua cara yaitu aktivasi fisika dan aktivasi kimia. Penjelasannya sebagai berikut:

1. Aktivasi Fisika

Aktivasi fisika adalah proses pemutusan rantai karbon senyawa organik dengan bantuan panas, uap dan karbondioksida (Mu'jizah, 2010). Metode aktivasi fisik meliputi penggunaan uap air, gas karbon dioksida, oksigen dan nitrogen. Peran gas-gas ini adalah untuk memperluas struktur rongga di dalam arang, sehingga memperbesar permukaannya, menghilangkan komponen yang mudah menguap dan menghilangkan pembentukan tar atau hidrokarbon pengotor di dalam arang. Peningkatan suhu aktivasi pada kisaran 450°C–700°C dapat meningkatkan luas permukaan spesifik karbon aktif (Mu'jizah, 2010).

2. Aktivasi Kimia

Aktivasi kimia adalah proses pemutusan rantai karbon senyawa organik dengan menggunakan bahan kimia (Mu'jizah, 2010). Aktivasi kimia biasanya menggunakan bahan aktivasi seperti garam kalsium

klorida (CaCl_2), magnesium klorida (MgCl_2), seng klorida (ZnCl_2), natrium hidroksida (NaOH), natrium karbonat (Na_2CO_3) dan natrium klorida (NaCl). Peran bahan aktif tersebut adalah untuk mendegradasi atau menghidrasi molekul organik selama karbonisasi, membatasi pembentukan tar, membantu dekomposisi senyawa organik selama aktivasi selanjutnya, mendehidrasi air yang terperangkap dalam rongga karbon, membantu menghilangkan endapan hidrokarbon yang dihasilkan selama karbonisasi dan melindungi permukaan karbon sehingga mengurangi kemungkinan terjadinya oksidasi (Mu'jizah, 2010).

Kemampuan adsorben untuk menyerap suatu zat dipengaruhi oleh faktor-faktor berikut ini antara lain :

1. Luas permukaan adsorben. Semakin besar luas permukaan, semakin baik. Semakin besar kapasitas adsorpsi, karena proses adsorpsi berlangsung di permukaan adsorben.
2. Tidak ada perubahan volume yang nyata selama proses adsorpsi.
3. Kemurnian penyerap.
4. Jenis/gugus fungsi atom yang ada pada permukaan adsorben.

2.8 Asam Sitrat ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$)

Asam sitrat atau asam 2-hidroksipropana-1,2,3-trikarboksilat ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$) merupakan asam organik penting yang dihasilkan melalui proses fermentasi, yang mengacu pada penguraian bahan organik oleh mikroorganisme untuk mendapatkan energi yang dibutuhkan untuk bertahan hidup, dan produksi senyawa organik seperti alkohol dan asam organik serta senyawa anorganik seperti karbon dioksida dan hidrogen oleh mikroorganisme (Agung, 2012). Asam sitrat adalah asam organik lemah yang ditemukan pada daun tanaman. Asam sitrat mampu mengikat ion logam, sehingga berfungsi sebagai pengawet dan menghilangkan kesadahan dari air. Keasaman asam sitrat diperoleh dari tiga gugus karboksil $-\text{COOH}$ yang dapat melepaskan proton dalam larutan. Jika dipanaskan di atas 175°C , ia terurai (terurai), melepaskan karbon dioksida (CO_2) dan air (H_2O).

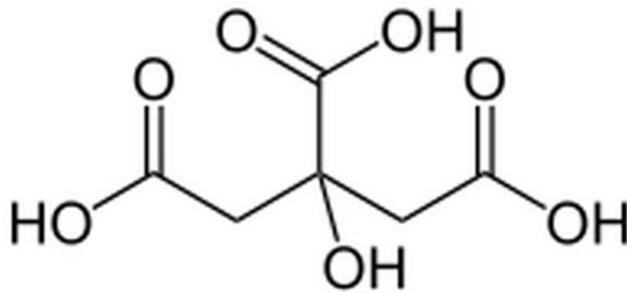
Asam sitrat memiliki sifat fisika dan kimia, berikut sifat-sifat asam sitrat, sebagai berikut:

1. Sifat Fisika

- Berat molokul : 192 gr/mol
- Spesifik gravity : 1,54 (20°C)
- Titik lebur : 153°C
- Titik didih : 175°C
- Kelarutan dalam air : 207,7 gr/100 ml (25°C)
- Pada titik didihnya asam sitrat terdekomposisi
- Berbentuk kristal berwarna putih, tidak berbau dan memiliki rasa asam

2. Sifat Kimia

- Kontak langsung (paparan) dengan asam atau larutan sitrat kering dapat mengiritasi kulit dan mata.
- Dapat menggabungkan ion logam dan dapat digunakan sebagai pengawet dan menghilangkan kesadahan dalam air.
- Keasaman asam sitrat diperoleh dari tiga gugus karboksil -COOH yang dapat melepaskan proton dalam larutan.
- Asam sitrat tersedia dalam bentuk kristal anhidrat yang tidak mengandung air, atau dalam bentuk kristal monohidrat yang mengandung satu molekul air per molekul.
- Bentuk asam sitrat anhidrat mengkristal dalam air panas, sedangkan bentuk monohidrat diperoleh dengan mengkristalkan asam sitrat dalam air dingin.
- Asam sitrat monohidrat dapat diubah menjadi asam sitrat anhidrat dengan pemanasan pada suhu 70°C -75°C.



Gambar 2. 1. Struktur Kimia Asam Sitrat ($C_6H_8O_7$)
 Sumber : <https://rb.gy/174ws>

2.9 Selulosa

Selulosa ($C_6H_{10}O_5$) adalah polimer rantai panjang polisakarida karbohidrat yang berasal dari β -glukosa. Selulosa adalah karbohidrat utama yang disintesis oleh tanaman, terhitung hampir 60% dari komponen struktural tanaman. Selulosa tidak dicerna oleh tubuh manusia, tidak larut dalam air dan pelarut organik, tetapi larut dalam air amonia, tembaga hidroksida (bahan uji Schweitzer), larutan seng klorida, dan asam klorida. Selulosa tidak membiru karena yodium.

Selulosa adalah struktur dasar sel tumbuhan dan karenanya merupakan bahan alami terpenting yang diproduksi oleh organisme hidup. Selulosa bahkan bisa didapatkan di dunia hewan. Kandungan selulosa tertinggi ditemukan pada bulu biji (kapas, kapuk) dan serat kulit kayu (rami, rami, rami), tetapi selulosa juga terdapat pada batang, cabang, dan semua bagian kayu dari jaringan tanaman. Selulosa tersusun atas gugus anhidroglukopiranososa yang dihubungkan membentuk rantai molekul. Selulosa dengan demikian dapat direpresentasikan sebagai dekstran polimer linier dengan struktur rantai yang seragam. Selulosa terdiri dari 10.000 atau lebih unit D-glukosa yang dihubungkan oleh (1-4) ikatan glikosidik.

Rantai selulosa memanjang dan unit glukosa disusun dalam bidang. Selulosa pada tanaman ada di dinding sel pelindung tanaman, dan selulosa khususnya tidak hanya polisakarida struktural ekstraseluler yang paling banyak ditemukan di kerajaan tanaman, tetapi juga senyawa yang paling melimpah di

antara semua biomolekul pada tanaman atau hewan. Stabilisasi rantai molekul panjang dalam selulosa dalam sistem yang teratur, yaitu pembentukan struktur supramolekul, disebabkan oleh adanya gugus fungsi yang dapat berinteraksi satu sama lain. Gugus fungsi ini adalah gugus hidroksil, tiga di antaranya melekat pada setiap unit glukosa. Gugus -OH tidak hanya menentukan struktur supramolekul tetapi juga sifat fisik dan kimia selulosa.

2.10 Metode Batch

Penelitian adsorpsi dilakukan dengan menggunakan sistem batch, dilakukan dalam beberapa gelas erlenmeyer yang mengandung larutan dengan konsentrasi dan volume tertentu dari zat yang akan diserap, dengan banyak berat adsorben yang berbeda ditambahkan ke setiap tabung. Selain itu, larutan dan adsorben dalam tabung dikocok selama waktu tertentu, kemudian dianalisis konsentrasi larutannya. Perbedaan konsentrasi adsorbat sebelum dan sesudah adsorpsi dianggap sebagai konsentrasi adsorbat yang diserap oleh adsorben. Jumlah adsorbat yang terserap per satuan berat adsorben dapat dihitung dari masing-masing gelas erlenmeyer.

2.11 Isotherm Langmuir

Metode Langmuir mendefinisikan bahwa kapasitas adsorpsi maksimum disebabkan oleh adanya lapisan tunggal (monolayer) adsorbat pada permukaan adsorben. Persamaan metode isotherm langmuir sebagai berikut:

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{q_m} C_e + \frac{1}{kl \cdot q_m}$$

Dimana :

C_e : Konsentrasi Equilibrium (mg/l)

q_e : Nilai adsorpsi logam saat equilibrium (mg/g)

q_m : Nilai serapan maksimum

K_l : Nilai konstanta langmuir

Isoterm Langmuir didasarkan pada asumsi adsorben yang diuji memiliki sifat-sifat berikut:

- Adsorben memiliki permukaan yang seragam, dan setiap molekul adsorben hanya dapat menyerap satu molekul adsorbat. Tidak ada interaksi antara molekul teradsorpsi.
- Semua proses adsorpsi berlangsung dengan mekanisme yang sama.

Hanya lapisan tunggal yang terbentuk pada adsorpsi maksimum.

2.12 Isotherm Freundlich

Jika diasumsikan terdapat beberapa lapisan permukaan (multilayers) dan situsnya heterogen, yaitu terdapat perbedaan energi ikat per situs, maka digunakan isotherm Freundlich. Persamaan isotherm Freundlich sebagai berikut:

$$\frac{x}{m} = K \cdot C_e^{1/n} \quad \text{atau} \quad \ln(x/m) = \ln K + 1/n \ln C$$

Dimana :

x/m : Jumlah zat yang teradsorpsi tiap unit massa adsorban (mg/g)

C_e : Konsentrasi kesetimbangan zat teradsorpsi di fase cair

K : Konstanta Freundlich yang berkaitan dengan kapasitas

$1/n$: konstanta Freundlich yang berkaitan dengan afinitas adsorpsi

2.13 Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)

Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) adalah alat untuk metode analisis berdasarkan radiasi serapan atom bebas untuk penentuan unsur logam dan metaloid. Spektrofotometer serapan atom (AAS) adalah teknik analisis unsur kuantitatif, yang banyak digunakan di berbagai bidang karena selektivitas programnya yang kuat, spesifisitas yang kuat, biaya analisis yang relatif rendah, sensitivitas tinggi (ppm-ppb), penyusunan matriks yang mudah sesuai standar, waktu analisis yang cepat, dan pengoperasian yang mudah. AAS umumnya digunakan untuk analisis unsur, dan spektrofotometer serapan atom juga dikenal sebagai sistem sinar tunggal dan sinar ganda, seperti spektrofotometer UV-Vis. Sebelumnya diketahui bahwa fotometer nyala hanya dapat menganalisis unsur-unsur yang memancarkan cahaya, khususnya unsur golongan IA dan golongan IIA. Lampu yang umumnya digunakan adalah lampu katoda cekung, yang digunakan untuk analisis satu elemen saja.

Metode AAS didasarkan pada penyerapan cahaya oleh atom. Atom menyerap panjang gelombang cahaya tertentu, tergantung pada sifat unsurnya. AA hanya bergantung pada rasio, bukan suhu. Setiap perangkat AAS terdiri dari tiga bagian, yaitu unit atomisasi, sumber radiasi, dan sistem pengukuran fotometrik. Teknologi AAS menjadi alat yang ampuh dalam analitik. Hal ini karena tidak selalu diperlukan untuk memisahkan elemen tertentu sebelum pengukuran, karena satu elemen dapat ditentukan dengan adanya elemen lainnya selama katoda berongga yang diperlukan tersedia. AAS dapat digunakan untuk mengukur hingga 61 logam.



Gambar 2. 2. Alat *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS)
Sumber : *Dokumentasi Pribadi, 2023*

2.14 *Fourier Transform Infra Red* (FTIR)

Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) atau Spektroskopi Inframerah adalah suatu metode pengamatan dan analisis komposisi kimia senyawa organik, polimer, pelapis atau coating, bahan semikonduktor, sampel biologi, senyawa anorganik, dan mineral dengan menggunakan radiasi

elektromagnetik pada rentang panjang gelombang 0,75 – 1.000 μm atau bilangan gelombang 13.000 – 10 C. Spektroskopi inframerah terutama digunakan untuk menentukan gugus fungsi suatu senyawa, serta untuk mengidentifikasi senyawa, menentukan struktur molekul, menentukan kemurnian, dan mempelajari reaksi yang sedang berlangsung (Fernandez et al., 2012).



Gambar 2. 3. *Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)*
Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2023

2.15 Scanning Electron Microscope (SEM)

SEM (*Scanning Electron Microscope*) adalah mikroskop elektron yang menggunakan berkas elektron untuk menggambarkan bentuk permukaan dari bahan yang dianalisa. Prinsip kerja SEM ini adalah menggambarkan permukaan suatu benda atau material dengan pancaran sinar elektron berenergi tinggi. Permukaan bahan yang disinari atau disinari oleh elektron memantulkan kembali berkas elektron, atau berkas elektron sekunder, ke segala arah. Namun

di antara semua berkas elektron yang dipantulkan, terdapat berkas elektron yang dipantulkan dengan intensitas paling tinggi. Detektor pada SEM akan mendeteksi pancaran elektron dengan intensitas tertinggi yang dipantulkan dari objek atau material yang dianalisis. Elektron memiliki resolusi lebih tinggi daripada cahaya. Cahaya hanya bisa mencapai 200nm, sedangkan resolusi elektron bisa mencapai 0,1 - 0,2nm.



Gambar 2. 4. Alat *Scanning Electron Microscope* (SEM)
 Sumber : *Dokumentasi Pribadi, 2023*

2.16 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu yang sudah dilakukan untuk menyerap ion kadmium dapat dilihat pada (Tabel 2.1.) dibawah ini:

Tabel 2. 1. Penelitian Terdahulu

Referensi	Jenis Adsorben	Resume
Pemanfaatan Daun Matoa (<i>Pometia Pinnata</i>) Sebagai Adsorben Ion Logam Kadmium (Cd) Dalam Air	Daun Matoa	a. Variasi massa adsorban: 0,05gr, 0,1gr, 0,2gr, 0,3gr, dan 0,4gr. b. Variasi pH: 3, 4, 5, 6, 7, dan 8

<p>Menggunakan Aktifator Asam Sitrat ($C_6H_7O_8$). (Mega Octaviani Dewi, 2016)</p>		<p>c. Variasi waktu kontak adsorban: 15, 30, 60, 90, 120 menit</p> <p>d. Variasi konsentrasi larutan: 50, 100, 150, 200, 250, dan 300 ppm</p> <p>e. Adsorpsi mengikuti model langmuir.</p> <p>f. Hasil penelitian:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Massa optimum: 0,05gr - pH optimum: 6 - Waktu kontak optimum: 120 menit - Konsentrasi optimum: 50 ppm - Nilai efisiensi penyerapan optimum adalah 98% dengan kapasitas penyerapan optimum sebesar 139,3 mg/gr
<p>Pemanfaatan Media Bambu Sebagai Adsorbent Penyerap Logam Kadmium (Cd) dengan Perbandingan Tanpa Aktivasi dan Aktivasi dengan Asam Sitrat (Hendra Fardiansyah, 2017)</p>	<p>Bambu</p>	<p>a. Variasi massa adsorban: 50gr, 100gr, 200gr, 400gr, dan 500gr</p> <p>b. Variasi pH: 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, dan 9</p> <p>c. Variasi waktu kontak adsorban: 15, 30, 45, 60, 90, 120, 1440 menit.</p> <p>d. Variasi konsentrasi larutan: 10, 25, 50, 75, 100, 150, 200, 250, dan 300 ppm</p> <p>e. Adsorpsi mengikuti model langmuir.</p> <p>f. Hasil penelitian:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Massa optimum: 100gr - pH optimum: 6 - waktu kontak optimum: 120 menit - konsentrasi optimum: 50 ppm <p>nilai efisiensi penyerapan optimum adalah 71% dengan</p>

		kapasitas penyerapan optimum sebesar 17 mg/gr
Pemanfaatan Ampas Tebu Sebagai Fiber Adsorbent Terenkapsulasi Na-Alginat Sebagai Adsorben Logam Berat Pb (II) Dalam Air	Ampas Tebu	<ul style="list-style-type: none"> a. Variasi massa adsorban: 25gr, 50gr, 100gr, dan 200gr. b. Variasi pH: 3, 4, 5, 6, dan 7 c. Variasi waktu kontak adsorban: 15, 30, 60, 90, dan 120 menit d. Variasi konsentrasi larutan: 10, 25, 50, 75, 150, dan 200 ppm e. Adsorpsi mengikuti model langmuir. f. Hasil penelitian: <ul style="list-style-type: none"> - Massa optimum: 100gr - pH optimum: 5 - waktu kontak optimum: 120 menit - konsentrasi optimum 50 ppm - nilai efisiensi penyerapan optimum, dengan kapasitas penyerapan optimum sebesar 97 mg/g

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi

Penelitian ini dilakukan selama empat bulan, dimulai pada bulan maret 2023 sampai bulan juli 2023. Lokasi penelitian ini sepenuhnya dilakukan di laboratorium kualitas air, Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

3.2 Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan sumpit bekas dan larutan Asam Sitrat. Dengan alat yang digunakan adalah Oven, Blender, Gelas Beker, Labu Ukur, Neraca Analitik, Kaca Arloji Erlenmeyer Orbital Shaker dan lainnya. Instrumen yang digunakan adalah AAS (*Atomic Adsorption Spectrophotometry*), FTIR (*Fourier Transform Infra Red*), SEM (*Scanning Electron Microscopy*).

Parameter yang akan akan diuji pada penelitian ini adalah logam kadmium (Cd) menggunakan metode uji SNI 06-6989.16-2004 yaitu tentang Cara uji kadmium (Cd) dengan metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) – nyala.

3.3 Variabel

Variabel yang digunakan pada penelitian ini menggunakan dua variable yaitu variable terikat dan variable bebas. Variabel terikat terdiri dari adsorben yang berasal dari sumpit bekas pakai dan variable bebas terdiri dari massa adsorben sebesar 25 mg, 50 mg, 100 mg, dan 200 mg, dengan drajat keasaman (pH) yang digunakan adalah 3, 4, 5, 6, 7, dan 8, waktu kontak selama 15, 30, 60, 90, dan 120 menit, serta konsentrasi Cd sebesar 25 mg/L, 75 mg/L, 100 mg/L, dan 200 mg/L. Dari variabel – variabel diatas dilandasi dengan merujuk kepada penelitian terdahulu yang sudah berhasil dilakukan.

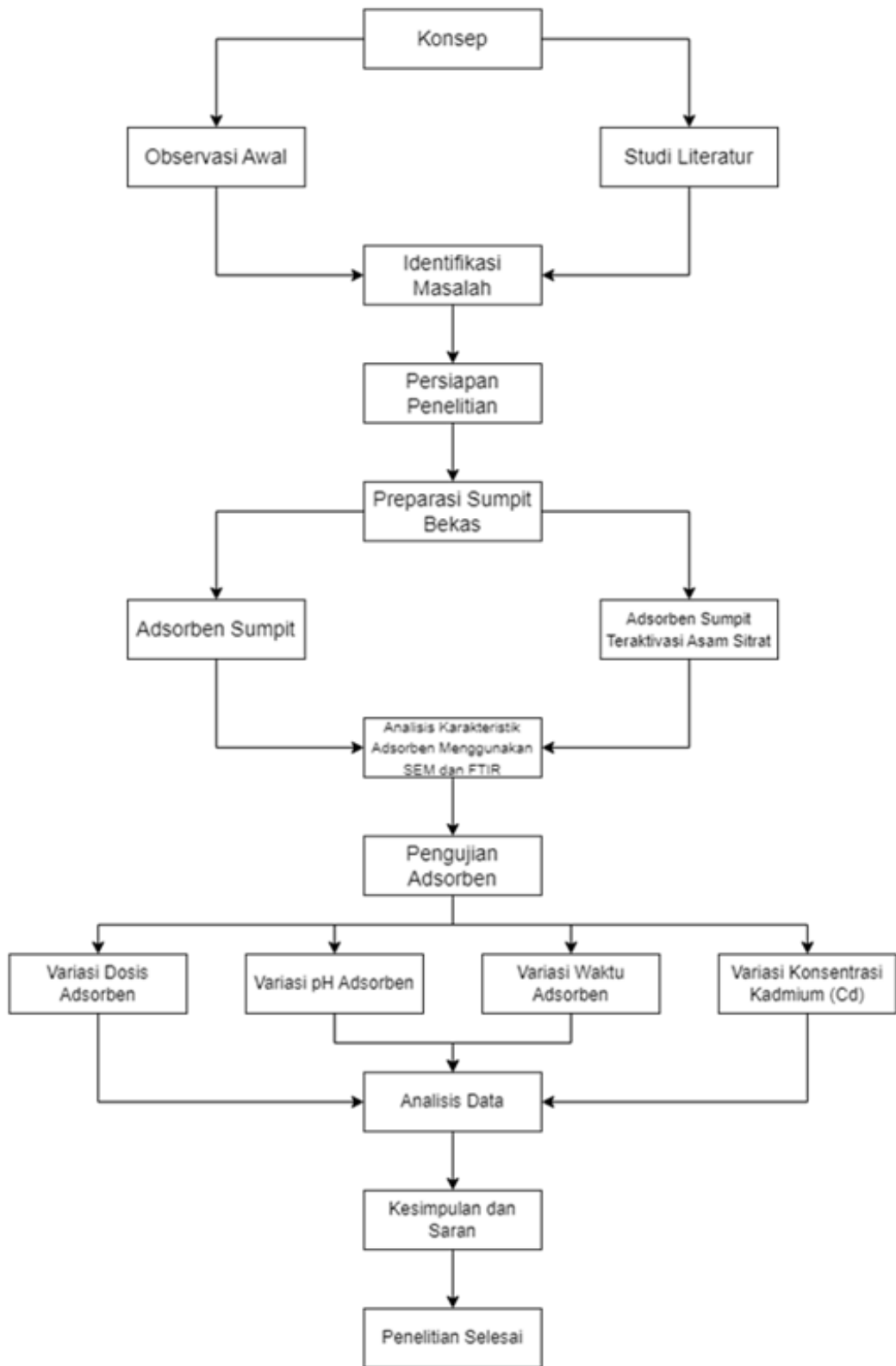
3.4 Prosedur Penelitian Tugas Akhir

Prosedur penelitian ini terdiri dari dua tahap yaitu prosedur pengumpulan data prosedur data. Prosedur pengumpulan data didapat dari

pengujian laboratorium yaitu dengan pengujian optimasi dosis adsorben, optimasi derajat keasaman (pH), waktu kontak dan konsentrasi logam optimum. Di masing-masing variasi terdapat 5 buah sampel, dengan adsorben tidak teraktivasi dan sudah teraktivasi, sehingga jumlah sampel keseluruhan berjumlah 40 sampel. Prosedur pengolahan data di dapat dengan dilakukan penentuan isotherm menggunakan Isotherm Freundlich dan Langmuir.

3.5 Desain Penelitian

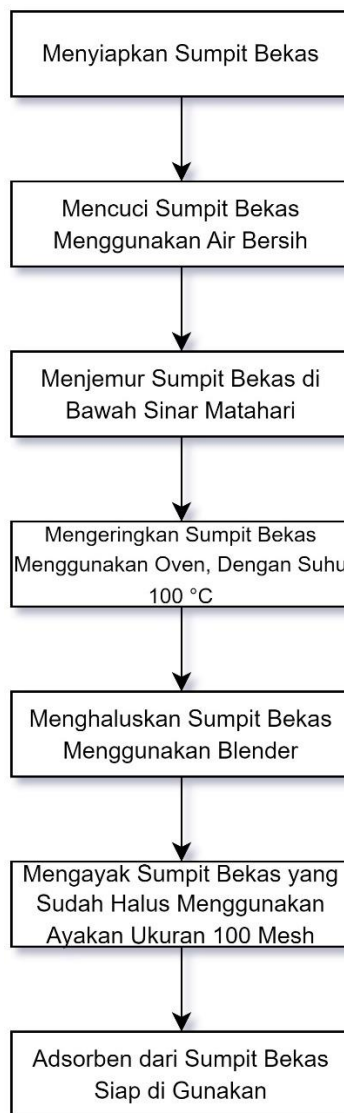
Desain penelitian atau alur penelitian “Pemanfaatan Limbah Sumpit Sebagai Adsorben Untuk Menurunkan Kadar Kadmium (Cd) Pada Limbah Laboratorium” ini merupakan desain penelitian secara keseluruhan mulai dari persiapan penelitian sampai pengolahan data dan menarik kesimpulan dalam penelitian ini. Secara umum dapat dilihat pada (Gambar 3.1.) sebagai berikut ini:



Gambar 3. 1. Diagram Alir Desain Penelitian
 Sumber : Data Primer, 2023

3.5.1 Metode Penyiapan Bahan Adsorben

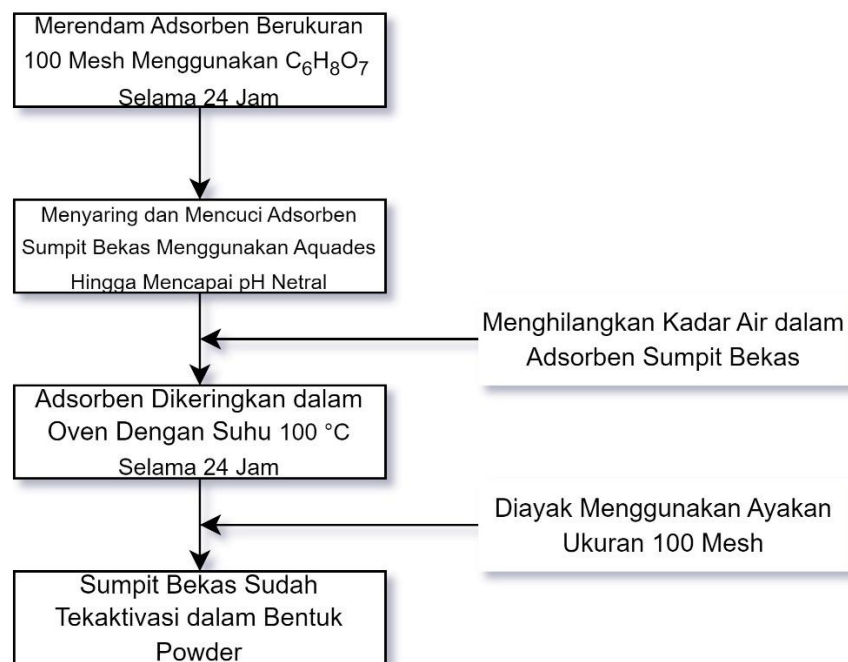
Metode penyiapan bahan adsorben yang berbahan dasar dari sumpit bekas, yang diperoleh dari berbagai penjual makanan yang berlokasi di sepanjang Jl. Kaliurang Km 7 sampai Jl. Kaliurang Km 15, Kabupaten Sleman, Yogyakarta. Preparasi diawali dengan membersihkan sumpit bekas dengan cara mencucinya lalu menjemurnya di bawah sinar matahari dan memotongnya sampai ke ukuran paling kecil. Berikut diagram alir pembuatan adsorben dari sumpit bekas, dapat dilihat pada (Gambar 3.2.) sebagai berikut ini:



Gambar 3. 2. Diagram Alir Metode Penyiapan Adsorban
Sumber : Data Primer, 2023

3.5.2 Metode Aktivasi Adsorben

Metode aktivasi adsorban atau preparasi adsorban sumpit bekas pakai menggunakan aktivasi kimia berbahan $C_6H_8O_7$ (Asam Sitrat). Proses aktivasi dilakukan dengan merendam sumpit pada larutan $C_6H_8O_7$ (Asam Sitrat) selama 24 jam. Selanjutnya dinetralkan menggunakan aquades hingga kondisi pH netral (5,5 sampai 7). Adsorben yang sudah pada kondisi netral dikeringkan menggunakan oven pada suhu $100^\circ C$. Setelah itu dihancurkan dan diayak kembali menggunakan ayakan 100 mesh. Berikut diagram alir pengaktifan sumpit bekas menggunakan larutan $C_6H_8O_7$ (Asam Sitrat), dapat dilihat pada (Gambar 3.3.) sebagai berikut ini:

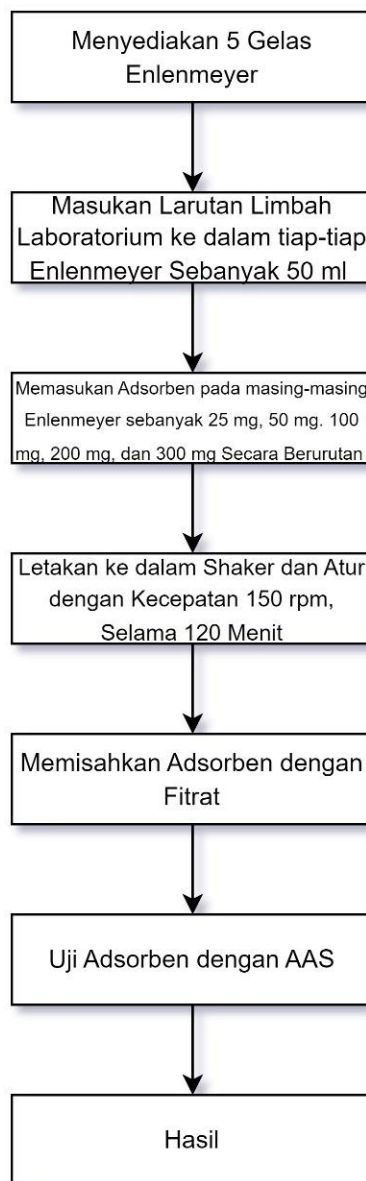


Gambar 3. 3. Diagram Alir Metode Aktivasi Absorban
Sumber : Data Primer, 2023

Uji karakteristik adsorben dilakukan menggunakan 2 instrumen, yaitu *Scanning Electron Microscope* (SEM) dan *Fuorier Transform Infrared* (FTIR). Kedua instrumen tersebut digunakan untuk mencitrakan permukaan adsorben dengan gambar perbesaran oleh pemindaian dengan pancaran tinggi elektron dan untuk mengetahui gugus fungsi dalam partikel adsorben.

3.5.3 Menentukan Massa Optimum Adsorben

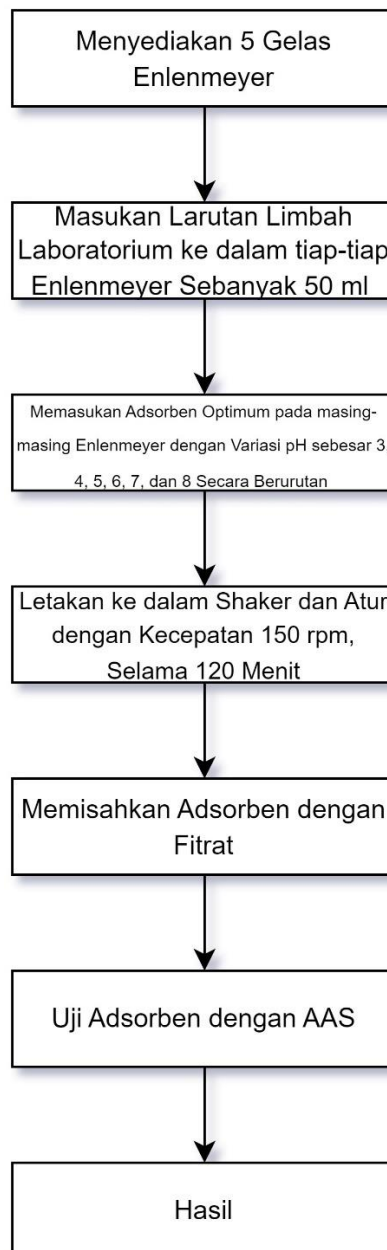
Penentuan massa optimum adsorben dilakukan dengan menggunakan air yang mengandung kadmium (Cd) dalam kondisi setimbang pada pH 7 dan dalam waktu kontak 120 menit, serta menggunakan larutan initial dan larutan kontrol sebagai pembanding. Variasi massa diantaranya 25 mg, 50 mg, 100 mg, dan 200 mg. Dengan langkah pengujian dapat dilihat pada (Gambar 3.4.) sebagai berikut ini:



Gambar 3. 4. Diagram Alir Menentukan Massa Optimum
Sumber : Data Primer, 2023

3.5.4 Menentukan pH Optimum Larutan Kadmium (Cd)

Pada menentukan variasi sebelumnya akan didapat massa optimum, dan selanjutnya akan dilakukan penentuan pH optimum. Dengan langkah pengujian dapat dilihat pada (Gambar 3.5.) sebagai berikut ini:



Gambar 3. 5. Diagram Alir Menentukan pH Optimum
Sumber : Data Primer, 2023

3.5.5 Menentukan Waktu Kontak Optimum Adsorben

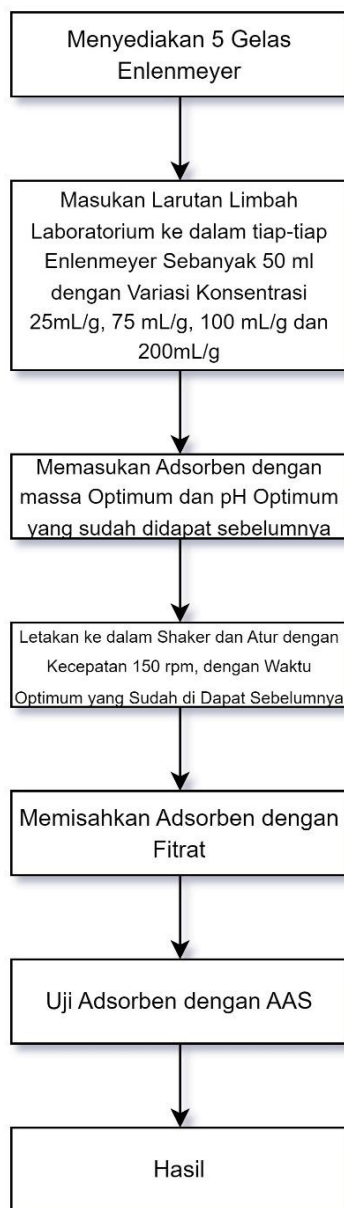
Penentuan waktu kontak optimum dilakukan dengan langkah-langkah yang dijelaskan pada diagram alir, yang terdapat pada pada (Gambar 3.6.) sebagai berikut ini:



Gambar 3. 6. Diagram Alir Menentukan Waktu Kontak Optimum
Sumber : Data Primer, 2023

3.5.6 Menentukan Konsentrasi Optimum Larutan Kadmium (Cd)

Pada penentuan konsenyrasi optimum ini, untuk mendapatkannya setelah mendapatkan dosis adsorben dan menganalisis kondisi pH dan waktu kontak optimum, selanjutnya melakukan analisis efisiensi kemampuan adsorben dalam menyerap logam Cd dalam variasi konsentrasi tertentu. Berikut langkah pengujian dapat dilihat pada (Gambar 3.7.) berikut ini.



Gambar 3. 7. Diagram Alir Menentukan Konsentrasi Optimum
Sumber : Data Primer, 2023

3.6 Analisis Data

Data yang diperoleh akan dianalisis dengan menggunakan metode isotherm Langmuir dan isotherm Freundlich. Tahapan yang digunakan dalam metode ini antara lain:

3.6.1 Metode Isotherm Langmuir

Pada tahun 1918, Langmuir menurunkan teori isotherm adsorpsi menggunakan model sederhana adsorpsi gas pada permukaan padat. Model tersebut mendefinisikan bahwa kapasitas adsorpsi maksimum disebabkan oleh adanya lapisan tunggal (monolayer) dari adsorbat pada permukaan adsorben. Pendekatan Langmuir mencakup lima asumsi mutlak, yaitu:

- Gas yang terserap berperilaku ideal dalam fase gas.
- Gas yang terserap dibatasi pada satu lapisan.
- Permukaan adsorbat homogen, artinya afinitas masing-masing ikatan hal yang sama berlaku untuk molekul gas.
- Tidak ada interaksi lateral antara molekul adsorbat.
- Molekul gas yang terserap terlokalisasi, artinya tidak bergerak di permukaan.

Dimana persamaan Langmuir ditulis dalam rumus sebagai berikut:

$$X_m/m = a \times C$$

$$1 + b \times C$$

$$m \times C / X_m = 1/a + (b/a) \times C$$

Dengan membangun kurva $m \times C / X_m$ relatif terhadap C , akan diperoleh persamaan linear dengan intersep $1/a$ dan kemiringan (b/a) , sehingga nilai a dan b dapat dihitung sesuai dengan nilai a dan b yang mewakili kapasitas adsorpsi.

3.6.2 Metode Isotherm Freundlich

Adsorpsi zat terlarut (dari larutan) pada padatan adsorben penting. H. Freundlich menjelaskan metode yang memuaskan untuk isotherm adsorpsi. Menurut Freundlich, jika y adalah berat zat terlarut

per gram adsorben dan c adalah konsentrasi zat terlarut dalam larutan.

Dari konsep ini, persamaan berikut dapat diturunkan :

$$X_m/m = k \times C \times 1/n$$

$$\text{Log } (X_m/m) = \text{log } k + 1/n \times \text{log } C$$

Dimana :

X_m = berat zat yang diadsorpsi

M : berat adsorban

C : Konstanta zat

Maka k dan n merupakan tetapan adsorpsi yang nilainya bergantung pada jenis adsorben dan temperatur adsorpsi. Ketika kurva logaritmik (X_m/m) dibuat terhadap $\text{log } C$, diperoleh persamaan linier dengan perpotongan $\text{log } k$ dan kemiringan $1/n$, dari mana nilai k dan n dapat dihitung.

3.6.3 Karakteristik Adsorben

Karakterisasi adsorben menggunakan *Spektrofotometer Fourier Transform Infrared* (FTIR) dan mikroskop elektron pemindaian (SEM). Identifikasi gugus fungsi dari adsorben menggunakan *Spektrofotometer Fourier Transform Infrared* (FTIR). FTIR akan mengungkap gelombang gugus fungsi pada adsorben yang digunakan dalam penelitian, sedangkan SEM akan digunakan untuk mengamati morfologi permukaan adsorben.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Penjelasan Umum

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui apakah sumpit bekas pakai dapat digunakan sebagai bahan baku adsorben serta pengaruh dari perbandingan sumpit tanpa aktivasi dengan aktivasi asam sitrat terhadap luas permukaan adsorben yang dihasilkan. Penelitian ini juga akan dijadikan media adsorben untuk menyerap logam berat seperti logam kadmium (Cd) buatan (sintetis), tidak menggunakan air limbah langsung dari perairan, karena air limbah langsung mengandung bermacam – macam logam berat lain yang dapat mengurangi kemampuan adsorben dalam menyerap logam Cd. Konsentrasi Cd yang digunakan pada penentuan massa, pH, dan waktu hanya sebesar 10 ppm untuk menentukan keadaan optimum penyerapan. Metode dalam penelitian ini menggunakan metode Isoterm Langmuir serta menggunakan alat *spektrofotometer Fourier Transform Infra Red (FTIR)*, *Scanning Electron Microscopy (SEM)* dan *Atomic Absorption Spektrophotometri (AAS)*. FTIR akan menunjukkan gelombang gugus fungsi pada adsorben yang digunakan saat penelitian sedangkan untuk mengetahui morfologi dari permukaan adsorben diteliti dengan menggunakan SEM.

Penelitian ini akan dimulai dari proses penyiapan bahan yang mana bahan adsorben yang berasal dari sumpit bekas pakai tidak dapat langsung digunakan begitu saja sehingga diperlukan untuk dibersihkan terlebih dahulu dari pengotor yang berada pada sumpit tersebut. Proses pembersihannya mencakup pencucian hingga dioven dengan suhu rata-rata 100°C agar mengurangi kadar air. Setelah semua proses tersebut maka media adsorben siap digunakan. Dalam kegunaannya dilakukan dalam dua perlakuan yang berbeda, yang pertama akan dilakukan aktivasi menggunakan asam sitrat dan perlakuan kedua hanya akan dikurangi kadar airnya (dioven) tanpa diaktivasi dengan menggunakan asam sitrat untuk mengetahui perubahan yang terjadi pada daya serap adsorben.

Pengujian media adsorben sumpit bekas akan menggunakan volume larutan logam Cd sebesar 50 ml, untuk menentukan variabel massa optimum, drajat keasaman (pH) optimum, waktu kontak optimum, dan konsentrasi optimum dengan kecepatan pengadukan 150 rpm yang menggunakan alat orbital shaker, masing-masing variasi variabel tersebut sudah ditentukan sebelumnya.

Pada tahap akhir dari penelitian ini, hasil penelitian dari variasi variabel optimum yang sudah disebutkan di atas akan digunakan sebagai kondisi saat melakukan percobaan akhir yang tujuannya untuk mengetahui kemampuan penyerapan maksimum yang bisa dilakukan oleh media adsorben sumpit bekas.

4.2 Persiapan Adsorben

Pada tahap pertama dalam persiapan bahan media adsorben yang berasal dari sumpit bambu bekas pakai, dimulai dari mengumpulkan sumpit bekas pakai dari berbagai toko yang tersebar lokasinya di sekitaran Jalan Kaliurang. Pengumpulan sumpit bekas ini dilakukan dengan meminta izin terlebih dahulu dengan pemilik toko tersebut.



Gambar 4. 1. Proses Mengumpulkan Sumpit Bekas Pakai
Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2023

Pada tahap kedua dilakukan pembersihan sumpit dengan cara pencucian menggunakan air biasa, pencucian dilakukan dengan cara direndam dan mengusap di bagian bambu menggunakan kain baju yang sudah tidak terpakai lagi untuk membuat bambu terkena air secara merata.



Gambar 4. 2. Proses Pencucian Sumpit Bekas Pakai
Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2023

Setelah proses pencucian sumpit, maka proses tahap ke tiga adalah penjemuran sumpit dibawah sinar matahari selama kurang lebih 7 hari agar kadar air dalam sumpit dapat berkurang dan mempermudah proses penghancuran sumpit menjadi powder atau tepung.



Gambar 4. 3. Proses Penjemuran Sumpit dibawah Sinar Matahari
Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2023

Setelah sumpit kering di bawah sinar matahari selama tujuh hari, sumpit tersebut dimasukkan ke dalam oven, tujuannya untuk mengurangi kadar air di dalamnya, di dalam oven ini, sumpit di panaskan selama 1 x 24 jam dengan suhu 100°C, untuk mendapatkan hasil yang maksimal.



Gambar 4. 4. Proses Pengovenan Sumpit Bekas Pakai
Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2023

Setelah sumpit kering di dalam oven selama 1 hari, selanjutnya sumpit bekas pakai masuk ke dalam proses tahap ke lima yaitu proses penghancuran dan pengayakan sumpit menjadi powder atau tepung. Pada proses ini menggunakan alat bernama blender dan mesin ayakan ukuran 100 mesh. Tujuan penghancuran sumpit bekas pakai menjadi powder adalah untuk memperluas permukaan adsorben supaya lebih besar, karena dalam proses adsorpsi salah satu faktor yang dapat mempengaruhi penyerapan logam berat kadmium (Cd) oleh adsorben adalah besarnya nilai luas permukaan karena ion (Cd) akan terjebak pada pori – pori permukaan adsorben, sehingga luas permukaan total adsorben akan berbanding lurus dengan kemampuan dari proses penyerapan (Cd) terhadap adsorben sumpit bekas pakai.



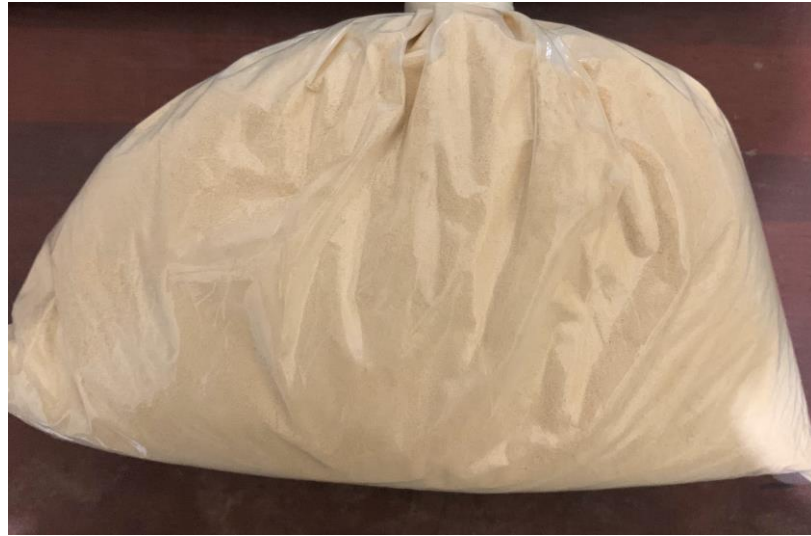
(a)

(b)

Gambar 4. 5. (a) Proses Penghancuran Menggunakan Blender dan (b) Proses Ayakan Sumpit Menjadi Powder dengan Ukuran Ayakan 100 Mesh

Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2023

Dari ke kelima tahapan proses yang sudah dilalui sumpit bekas pakai, sehingga didapat hasil sumpit bekas pakai dalam bentuk powder ukuran 100 mesh, yang dapat dilihat pada (Gambar 4.6.) dibawah ini.



Gambar 4. 6. Powder Sumpit Bekas Pakai Ukuran 100 mesh
Sumber : Dokumentasi Pribadi,2023

Setelah adsorben sumpit disiapkan, tahap selanjutnya masuk ke dalam pembuatan variasi sumpit, yang terdiri dari 2 jenis variasi yaitu sumpit tanpa aktivasi asam sitrat dan sumpit aktivasi asam sitrat. Penjelasannya sebagai berikut:

4.2.1 Adsorben Tanpa Aktivasi

Pada Adsorben tanpa aktivasi ini sumpit bekas pakai sebagai adsorben hanya melalui dua tahap proses saja, proses tersebut adalah perendaman atau pencucian adsorben sumpit bekas menggunakan air aquades dengan drajat keasaman (pH) sesuai dengan pH aquades yaitu lima, dan proses pengeringan menggunakan alat bernama oven dengan suhu 100°C.



(a)

(b)

Gambar 4. 7. (a) Proses Pencucian Adsorben Menggunakan Aquades dan (b) Proses Pengeringan Adsorben Menggunakan Oven
Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2023

Setelah proses ini selesai, maka powder adsorben sumpit bekas tanpa aktivasi siap dipakai untuk percobaan. Pada adsorban tidak aktivasi ini, bentuk atau struktur powder sumpit keliatan kasar jika dilihat dengan mata telanjang. Untuk hasil setelah dikeringkan menggunakan oven dapat dilihat pada (Gambar 4.8.) sebagai berikut:



Gambar 4. 8. Powder Adsorben Sumpit Bekas Tidak Aktivasi
Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2023

4.2.2 Adsorben Aktivasi

Pada Adsorben aktivasi ini, powder sumpit bekas pakai melalui tiga tahap proses untuk bisa menjadi adsorben aktivasi, yaitu perendaman dengan menggunakan asam sitrat, pencucian dengan aquades, dan pengeringan menggunakan oven. Sebelum proses ini dijalankan, asam sitrat sebagai media pengaktifasian adsorben dibuat terlebih dahulu menggunakan bubuk asam sitrat ($C_6H_8O_7$) 0,4 mol yang dilarutkan dengan aquades 1 liter. Rumus dalam pembuatan asam sitrat ini adalah :

$$M = \frac{\text{massa}}{Mr \times V}$$

Dimana :

M : Molaritas (mol/L)

Massa : Berat asam sitrat dengan gravitasi (gram)

Mr : Massa molekul relatif (g/mol)

V : Volume larutan (L)

Sehingga :

$$M = \frac{\text{massa}}{Mr \times V}$$

$$\text{massa asam sitrat} = \frac{0,4 \text{ mol/L}}{192 \text{ g/mol} \times 1 \text{ L}}$$

$$0,4 \text{ mol/L} = \frac{\text{massa asam sitrat}}{192 \text{ g/mol} \times 1 \text{ L}}$$

$$\text{massa asam sitrat} = \frac{0,4 \text{ mol/L}}{192 \text{ g/mol} \times 1 \text{ L}}$$

$$\text{massa asam sitrat} = 76,8 \text{ gram}$$

Jadi untuk membuat larutan pengaktifasian asam sitrat 0,4 mol dalam satu liter aquades membutuhkan bubuk asam sitrat sebanyak 76,8 gram. Setelah massa asam sitrat di dapat, maka selanjutnya adalah menimbang bubuk asam sitrat menggunakan neraca analitik dengan massa yang sudah di dapat. Dan menembahkannya ke dalam

aquades volume 1 liter, lalu homogenkan menggunakan labu ukur 1000 mL



(a)

(b)

Gambar 4. 9. (a) Proses Meninmbang Asam Sitrat Menggunakan Neraca Analitik dan (b) Proses Penghomogenan Asam Sitrat Menggunakan Labu Ukur 1000 mL

Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2023

Setelah pembuatan larutan asam sitrat 0,4 mol dengan volume 1 liter maka tahap selanjutnya adalah masuk kedalam proses tahap pertama yaitu perendaman adsorben sumpit bekas menggunakan larutan asam sitrat selama 1 x 24 jam.



(a)

(b)

Gambar 4. 10. (a) Perendaman Adsorben Menggunakan Asam Sitrat dan (b) Hasil Perendaman Adsorben Selama 1 x 24 Jam

Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2023

Untuk tahap kedua setelah adsorben direndam selama 1 x 24 jam adalah proses pencucian asam sitrat menggunakan aquades, pencucian ini dilakukan 3 sampai 4 kali pencucian.



Gambar 4. 11. Proses Pencucian Adsorben Menggunakan Aquades
Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2023

Selanjutnya adalah tahap terakhir yaitu proses pengeringan, adsorben yang sudah dicuci menggunakan aquades dikeringkan dengan menggunakan oven selama 1 x 24 jam.



Gambar 4. 12. Proses Pengeringan Adsorben Menggunakan Oven
Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2023

Setelah proses ini selesai, maka powder adsorben sumpit bekas aktivasi menggunakan asam sitrat siap dipakai untuk percobaan. Pada adsorban aktivasi ini memiliki permukaan powder lebih halus jika dibandingkan dengan adsorban tidak aktivasi. Untuk hasil setelah dikeringkan menggunakan oven dapat dilihat pada (Gambar 4.13.) sebagai berikut:



Gambar 4. 13. Powder Adsorben Sumpit Bekas Aktivasi

Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2023

4.3 Karakteristik Adsorben

Pada penelitian ini adsorben sumpit bekas pakai, pengujian karakterisasinya dilakukan dengan menggunakan alat berupa *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR), atau *Infrared Spectroscopy*, yang bertujuan untuk mengidentifikasi senyawa, menentukan struktur molekul, menentukan kemurnian, dan mempelajari reaksi yang sedang berlangsung, serta pada pengujian karakteristik adsorben ini juga menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) atau mikroskop. Elektron, yang menggunakan seberkas elektron untuk menggambarkan bentuk permukaan material yang dianalisis. Pada pengujian SEM dilakukan menggunakan pembesaran sebesar 1500 sampai 2000 μm untuk memperlihatkan citra permukaan powder

adsorben. Untuk lebih jelas dalam perbandingan adsorben tanpa aktivasi dan adsorben aktivasi akan dijelaskan di bawah ini :

4.3.1 *Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)*

Tujuan penggunaan alat *Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)* adalah untuk menentukan gugus fungsi dari adsorben yang akan digunakan dalam penelitian. Sumpit bambu bekas pakai digunakan sebagai penyerap, dari segi fungsionalnya dianalisis menggunakan FTIR dengan atau tanpa aktivasi asam sitrat, kemudian perbedaannya dibandingkan untuk mengetahui gugus fungsi yang terlibat dalam proses adsorpsi ion logam Cd.

Hasil kajian gugus fungsi menggunakan FTIR pada sorben asam sitrat teraktivasi dan tidak aktif ditunjukkan pada (Tabel 4.1.) dan (Gambar 4.14.). Menurut analisis FTIR, spektrum menunjukkan bahwa puncak adsorben yang tidak aktivasi dan diaktivasi dengan asam sitrat menunjukkan adanya gugus fungsi karboksil dan hidroksil, hal tersebut menunjukkan bahwa gugus fungsi yang ada dalam asam sitrat sama dengan yang ada pada sumpit bekas. Tebel perbandingan pembacaan FTIR dapat dilihat pada (Tabel 4.1.) sebagai berikut:

Tabel 4. 1. Perbandingan Gugus Fungsi

Puncak	Sumpit Bekas Tidak Aktivasi (cm ⁻¹)	Sumpit Bekas Aktivasi (cm ⁻¹)	Panjang Glombang (cm ⁻¹)	Gugus Fungsi
A	3344,57	3340,71	3200 - 3600	O – H
B	1234,44	1234,44	1240 - 1070	C – O – C
C	-	1161,15	1200 - 1225	C – O – C
D	-	1103,28	1030 - 1120	C – NH ₂
E	1029,99	1029,99	1030 - 1120	C – NH ₂

Sumber : *Data Primer, 2023*

Dari grafik hasil uji diatas dapat diidentifikasi titik puncak serapan yang spesifik. Pada adsorben sumpit bekas tanpa aktivasi dan adsorben teraktivasi terdapat gugus hidroksil (O – H) pada bilangan 3344,57 cm⁻¹ dan 3340,71 cm⁻¹. Selain itu, terdapat gugus karbonil (C – O – C) pada adsorben sumpit bekas tanpa aktivasi dengan bilangan

1234,44 cm^{-1} dan adsorben teraktivasi dengan bilangan 1234,44 cm^{-1} dan 1161,15 cm^{-1} . Selain itu, terdapat gugus amina (C – NH₂) pada adsorben sumpit bekas tanpa aktivasi dengan bilangan 1029,99 cm^{-1} dan adsorben teraktivasi dengan bilangan 1103,28 cm^{-1} dan 1029,99 cm^{-1} . Pada dua jenis adsorben sumpit bekas tanpa aktivasi dan teraktivasi, berdasarkan Tabel 4.1 diketahui bahwa terdapat persamaan dan perbedaan beberapa bilangan gelombang antara adsorben sumpit bekas sebelum dan sesudah aktivasi. Pada sumpit bekas sebelum aktivasi, ditemukan gugus hidroksil (O – H) dan terdapat gugus karbonil (C – O – C) yang mana pada adsorben sumpit bekas teraktivasi ditemukan juga gugus hidroksil (O – H) dan terdapat gugus karbonil (C – O – C) dimana panjang gelombang ini menunjukkan daerah serapan untuk gugus fungsi -OH dan C – O.

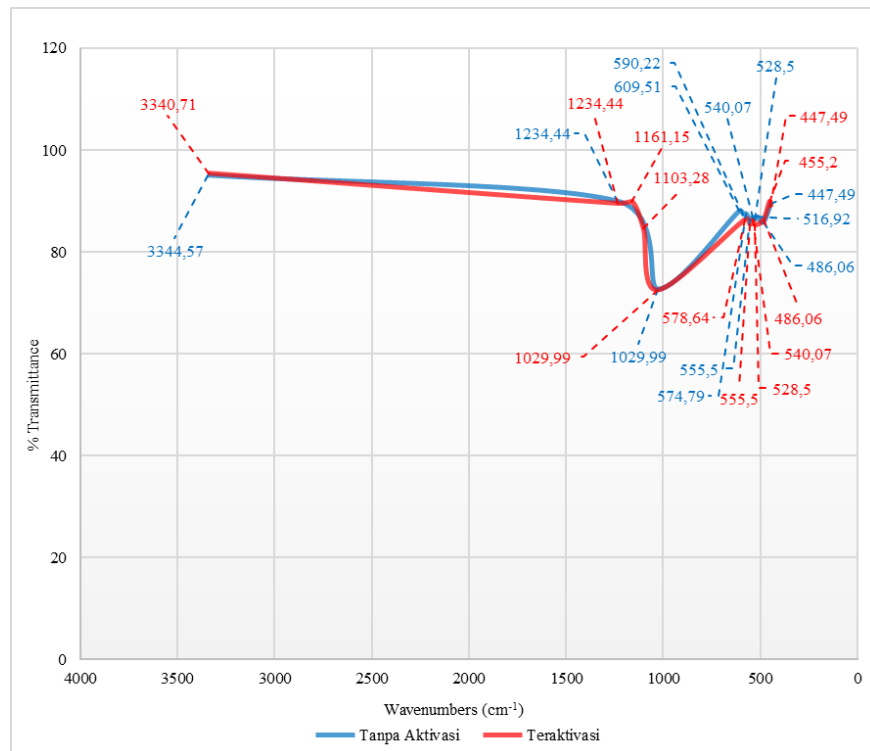
Namun terdapat perbedaan pada jumlah ikatan tersebut yang mana ikatan pada adsorben sumpit bekas tanpa aktivasi lebih sedikit dibandingkan adsorben teraktivasi yang menunjukkan kemampuan interaksi antara adsorben sumpit bekas teraktivasi dengan logam Cd lebih baik (meningkatkan kapasitas adsorpsi) sehingga membentuk ikatan kimia yang disebabkan adanya kandungan selulosa pada sumpit bekas teraktivasi yang berbahan bambu tersebut. Aktivasi menggunakan asam sitrat akan mengikat sel selulosa dengan gugus karboksilat dari asam sitrat itu sendiri.

Hasil pengujian FTIR difokuskan pada keberadaan selulosa dalam biosorben yang berperan dalam adsorpsi logam berat kadmium (Cd). Menurut (Ibbet et al., 2006), selulosa memiliki gugus fungsi yang dapat mengikat ion logam, yaitu karbonil (C-O) dan hidroksil (O-H).

Asam karboksilat mengandung gugus karbonil dan gugus hidroksil. Meskipun gugus karboksilat merupakan gabungan dari gugus karbonil dan gugus hidroksil, sifat gugus tersebut tidak tampak pada asam karboksilat karena merupakan satuan dengan sifat yang terpisah.

Ester adalah turunan dari asam karboksilat yang diperoleh dengan mengganti gugus alkoksi dalam alkohol dengan gugus hidroksil. Adsorpsi logam Cd oleh sumpit bekas terjadi karena interaksi logam berat Cd dengan bambu membentuk ikatan kimia. Ikatan kimia antara logam Cd dan bambu terjadi karena bambu mengandung selulosa. Adanya gugus hidroksil dan karboksil yang tergolong dalam selulosa menjadikan sumpit bekas mengandung selulosa sebagai polisakarida reaktif untuk adsorpsi dan dapat berinteraksi dengan adsorbat bermuatan positif. Mekanisme penyerapan yang terjadi adalah gugus O-H dan C-O bermuatan negatif, sedangkan logam bermuatan positif, dan akan terjadi gaya tarik menarik antara gugus tersebut dengan logam yang diserap.

Metode yang dapat digunakan untuk menentukan jenis senyawa yang diperoleh dari hasil FTIR adalah dengan menggunakan tabel yang korelasi yang terdapat pada lampiran laporan. Nilai frekuensi yang diperoleh dicocokkan dengan rentang nilai pada tabel yang korelasi sehingga diperoleh jenis senyawa dan gugus fungsi dari adsorben.



Gambar 4. 14. Perbandingan Gugus Fungsi Adsorben Tidak Aktivasi dan Adsorben Aktivasi pada Grafik FTIR
Sumber : Data Primer, 2023

Berdasarkan hasil pengujian FTIR terlihat bahwa adsorben tidak aktif dan aktif. Kedua spektrum menunjukkan adanya dua gugus fungsi yang tersedia untuk interaksi dengan logam. Peningkatan kapasitas adsorpsi karena gugus fungsi pada asam sitrat sama dengan selulosa, sehingga kapasitas adsorpsi dapat ditingkatkan.

Menurut (Ibbet et al., 2006), selulosa memiliki gugus fungsi yang dapat berikatan dengan ion logam yaitu gugus fungsi karbonil (C-O) dan hidroksil (O-H). Keberadaan gugus fungsi OH ini banyak terkandung pada material yang memiliki selulosa didalamnya. Sumpit bekas berbahan bambu memiliki kandungan selulosa sebesar 42,4% sampai 53,6 % sehingga diduga akan menghasilkan papan partikel dengan kualitas baik. Adsorpsi Cd terjadi dikarenakan adanya reaksi dan interaksi antara adsorben sumpit bekas dengan logam Cd sehingga membentuk ikatan kimia yang disebabkan adanya kandungan selulosa

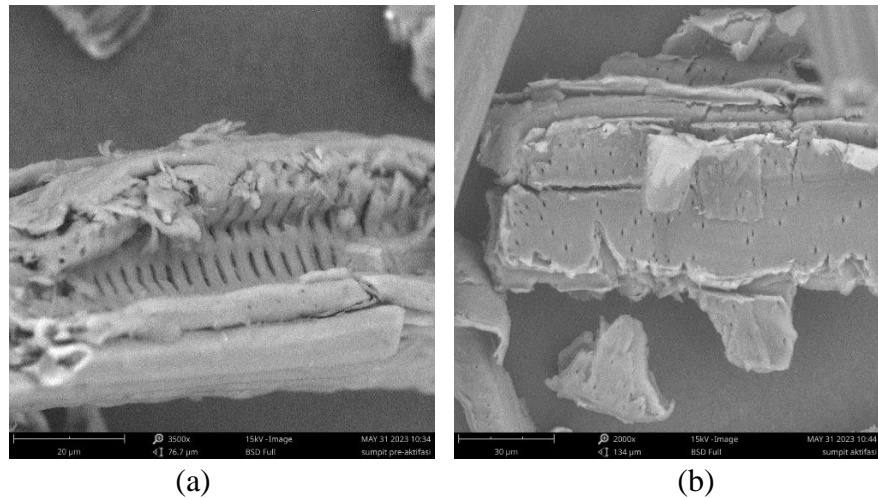
pada sumpit bekas yang berbahan bambu tersebut. Mekanisme Adsorpsi yang terjadi adalah gugus O-H dan C-O yang bermuatan negatif berikatan dengan dengan ion logam Cd yang bermuatan positif maka akan terjadi tarik menarik dengan sehingga logam Cd yang terkandung dalam larutan akan terserap.

Pada penelitian ini digunakan FTIR untuk mengetahui gugus fungsi yang terkandung pada adsorben sumpit bekas berbahan bambu yang belum diaktivasi dan yang telah teraktivasi. Pengujian FTIR menghasilkan grafik antara panjang gelombang (cm^{-1}) pada sumbu x dan persentase (%) transmittan pada sumbu y. Pada Gambar 4.11 dapat dilihat hasil dari pembacaan gugus fungsi dari adsorben sebelum dilakukannya proses adsorpsi.

4.3.2 Scanning Electron Microscope (SEM)

Scanning Electron Microscope (SEM) adalah mikroskop yang menggunakan berkas elektron untuk membuat profil permukaan suatu objek. Berkas elektron dalam SEM dipancarkan ke permukaan objek dan melewati beberapa lensa elektromagnetik, menyebabkan berkas elektron memantul ke berbagai arah atau menghasilkan elektron sekunder. Tetapi intensitas pantulan sinar tertinggi dalam satu arah. Detektor dalam SEM mendeteksi elektron dan menentukan posisi objek di layar. Semakin besar luas permukaan total maka kapasitas adsorpsi adsorben semakin baik, karena permukaan adsorben dapat mengikat sejumlah besar ion logam. Pengujian SEM dilakukan untuk melihat pola permukaan atau gambaran dari suatu sampel. Dari pengujian tersebut, profil permukaan pori adsorben sumpit bekas ditunjukkan pada (Gambar 4.15.).

Pada pengujian ini, perbesaran pada mikroskop yang digunakan sebesar 1500 kali sampai 2000 kali perbesaran. Pengujian dilakukan terhadap bambu aktivasi dan tanpa aktivasi yang akan digunakan didalam uji SEM.



Gambar 4. 15. (a) Adsorben Tidak Aktivasi dan (b) Adsorben Aktivasi

Sumber : Data Primer, 2023

Perbedaan antara adsorben tidak aktivasi dan adsorben Aktivasi dapat dilihat dari hasil gambar tersebut. Perbesaran 2000 kali menunjukkan bahwa adsorben aktivasi memiliki pori yang lebih banyak dibandingkan dengan adsorben tidak aktivasi. Selain itu, asorben yang diaktivasi memiliki permukaan berpori yang lebih teratur dibandingkan dengan adsorben tidak aktivasi, dan efek utama dari aktivasi kimia tidak hanya menguapkan bahan non-karbon, tetapi juga membentuk ukuran pori yang lebih kecil pada adsorben sumpit bekas sehingga sangat lebih efisien saat mengadsorpsi logam kadmium, dan juga Pori-pori sumpit bekas aktivasi lebih banyak dan teratur terlihat pada permukaan adsorben.

4.4 Pengujian Kemampuan Adsorben

Pada tahap pengujian kemampuan adsorben ini dilakukan dengan menggunakan larutan kadmium (Cd) buatan. Pengujian itu sendiri akan dimulai dengan perubahan massa sorben, perubahan pH larutan, perubahan waktu kontak, dan perubahan konsentrasi larutan uji. Nilai konsentrasi akan diuji menggunakan spektrofotometri serapan atom dan menggunakan aktivator dalam larutan asam sitrat.

4.4.1 Variasi Massa Adsorben

Proses pengujian variasi massa adsorben dilakukan menggunakan 50 mL larutan kadmium (Cd) 10 ppm dalam kondisi equilibrium dengan derajat keasaman (pH) 7, kecepatan pengadukan 150 rpm dengan waktu kontak 120 menit. Pada tahap pertama, powder sumpit bekas tidak aktivasi dan powder sumpit aktivasi siap pakai ditimbang menjadi 10 buah variasi massa (25, 50, 100, 200, 300 mg) lalu masing-masing sampel tersebut dimasukkan ke dalam erlenmeyer yang masing-masing berisi 50 mL larutan Cd 10 ppm.

Metode yang digunakan adalah sistem batch dengan pengadukan selama 120 menit menggunakan orbital shaker. Kemudian untuk menguji hasil dari proses pengujian tersebut menggunakan AAS. Sebelum menggunakan AAS untuk pengujian, nilai pH pada masing-masing sampel variasi diukur, sebagai nilai pH akhir sampel variasi. Setelah melakukan pengadukan menggunakan orbital shaker, sampel variasi massa disaring menggunakan kertas saring, untuk memisahkan antara adsorben dengan larutan

Dalam Penelitian variabel massa, pH, waktu kontak adsorben, ada penambahan satu sampel dengan tidak adanya penambahan adsorben didalam larutan yang akan menjadi kontrol, kondisi sampel yang menjadi kontrol haruslah memiliki kondisi yang sama dengan larutan yang diuji seperti pH larutan yang sama, volume larutan yang sama, konsentrasi, serta waktu kontak yang sama. Tujuannya adalah untuk mengetahui apakah proses adsorpsi logam kadmium akan terjadi, karena proses kimia dalam kondisi equilibrium, jika terjadi proses pengendapan yang sangat besar maka hal ini akan sangat mempengaruhi hasil pengujian selanjutnya yaitu proses adsorpsi harus dalam kondisi yang tidak dapat dihitung secara optimal oleh adsorben, karena sudah banyak logam kadmium yang telah diadsorpsi oleh proses kimia tersebut. Berikut hasil uji variasi massa menggunakan AAS, disajikan pada (Tabel 4. 2. dan Tabel 4. 3.) sebagai berikut:

Tabel 4. 2. Hasil Uji Adsorpsi Massa Adsorben Tidak Aktivasi

Variasi Massa (mg)	Konsentrasi Awal (ppm)	Hasil Uji AAS (ppm)	Konsentrasi Akhir (ppm)	Persen Removal (%)	pH Awal	pH Akhir	mg/g
0	9,36	0,936	9,36	0	7	7	0
25	9,36	0,694	3,47	62,93	7	7	11,78
50	9,36	0,536	2,68	71,37	7	7	6,68
100	9,36	0,276	1,38	85,26	7	7	3,99
200	9,36	0,199	0,995	89,37	7	7	2,09
300	9,36	0,238	1,19	87,29	7	7	1,36

Sumber : Data Primer, 2023

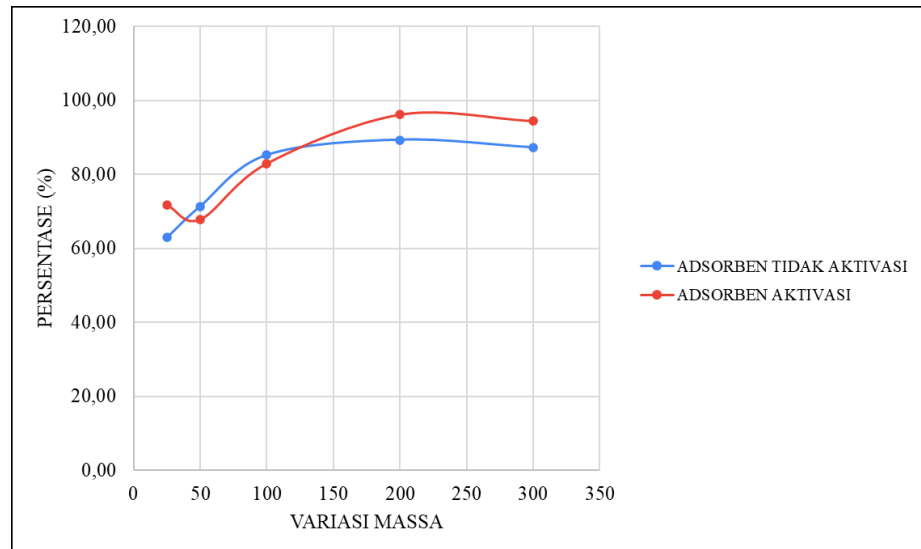
Tabel 4. 3. Hasil Uji Adsorpsi Massa Adsorben Aktivasi

Variasi Massa (mg)	Konsentrasi Awal (ppm)	Hasil Uji AAS (ppm)	Konsentrasi Akhir (ppm)	Persen Removal (%)	pH Awal	pH Akhir	mg/g
0	9,36	0,936	9,36	0	7	7	0,0
25	9,36	0,527	2,635	71,85	7	7	13,45
50	9,36	0,602	3,01	67,84	7	7	6,35
100	9,36	0,319	1,595	82,96	7	7	3,88
200	9,36	0,071	0,355	96,21	7	7	2,25
300	9,36	0,104	0,52	94,44	7	7	1,47

Sumber : Data Primer, 2023

Dari data yang ditampilkan tabel di atas dapat dilihat jumlah logam berat kadmium yang diadsorpsi oleh adsorben aktivasi sangat meningkat dengan signifikan dan teratur, yang artinya dari segi jumlah konsentrasi yang diserap oleh bahan aktivasi asam sitrat memiliki kemampuan yang lebih bagus, jika dibandingkan dengan adsorben yang tidak diaktivasi asam sitrat. Hal ini bisa terjadi karena adsorben sumpit bekas tidak aktivasi, tidak banyak menghasilkan gugus fungsi baru, sehingga hanya mengadsorpsi pengotornya saja. Adapun jika dilihat dari grafik akan tampak jelas bahwa adsorben

aktivasi memiliki persen lebih besar dibanding adsorben tidak aktivasi dalam setiap variasi massa yang diujikan. Grafik persentasenya dapat dilihat pada (Gambar 4.16) berikut ini.



Gambar 4. 16. Grafik Data Hasil Uji Variasi Massa Adsorben
Sumber : Data Primer, 2023

Dari hasil percobaan variasi massa yang dilihat dari grafik, terlihat jelas adsorben yang diaktivasi menggunakan asam sitrat jauh lebih baik jika dibandingkan dengan adsorben tidak aktivasi. Dan jika dibandingkan menggunakan konsentrasi sampel kontrol (50 m/L 10 ppm), pada massa 200 mg mencapai titik optimum adsorpsi di kedua adsorban, masing-masing di angka 89% untuk adsorben tidak aktivasi dan 96% untuk adsorben aktivasi, dan jika dilihat pada massa 300 mg mengalami penurunan persentase removal, sehingga diambil kesimpulan, massa optimum pada variasi massa ini adalah 200 mg, sehingga untuk variasi selanjutnya menggunakan massa 200 mg sebagai massa adsorben untuk variasi (pH), waktu kontak, dan konsentrasi.

4.4.2 Variasi Potensial Hidrogen (pH) Larutan Adsorben

Percobaan variasi pH larutan akan menggunakan data dari percobaan variasi massa, dari data variasi massa yang optimum diperoleh adalah adsorben tidak aktivasi dan adsorben aktivasi

sebanyak 200 mg. Pada percobaan ini larutan yang digunakan waktu kontak dan konsentrasi yang sama seperti percobaan pada variasi massa yaitu waktu kontak selama 120 menit dan konsentrasi larutan kadmiumnya adalah 10 ppm, hanya saja pH larutan yang divariasikan.

Pada percobaan variasi pH, larutan yang digunakan dalam proses percobaan ini menggunakan ukuran pH 3, 4, 5, 6, 7 dan 8 serta menggunakan 1 sampel sebagai kontrol.. Untuk sampel kontrol, gunakan pH 7, konsentrasi larutan 10 ppm, pengadukan menggunakan orbital shaker dengan waktu 120 menit, tanpa penambahan adsorben, lalu amati apakah proses pengendapan kimia terjadi ketika pH larutan mendekati netral. Saat mengatur pH larutan, gunakan larutan HNO₃ untuk menurunkan pH ke pH yang lebih rendah dan gunakan larutan NaOH untuk menaikkan pH larutan.

Setelah proses pengadukan selesai, larutan disaring menggunakan kertas saring untuk memisahkan larutan dari adsorben yang digunakan. Sebelum pengujian dengan AAS, sampel masing-masing variasi pH diukur nilai akhir pH-nya menggunakan pH universal. Lalu selanjutnya sampel variasi pH diukur menggunakan AAS untuk mengetahui kadar konsentrasi larutan yang tersisa setelah diadsorpsi oleh adsorben. Data yang diperoleh dari hasil uji AAS variasi pH ditunjukkan pada (Tabel 4.4 dan Tabel 4.5) sebagai berikut ini:

Tabel 4. 4. Hasil Uji Variasi pH Adsorben Tidak Aktivasi

Variasi pH	Konsentrasi Awal (ppm)	Hasil Uji AAS (ppm)	Konsentrasi Akhir (ppm)	Persen Removal (%)	pH Awal	pH Akhir	mg/g
3	9,36	0,997	9,97	-6,52	3	3	-0,15
4	9,36	0,721	7,21	22,97	4	4	0,54
5	9,36	0,462	4,62	50,64	5	5	1,19
6	9,36	0,044	0,44	95,30	6	6	2,23

7	9,36	0,023	0,23	97,54	7	7	2,28
8	9,36	0,6	6	35,90	8	8	0,84

Sumber : Data Primer, 2023

Tabel 4. 5. Hasil Uji Variasi pH Adsorben Aktivasi

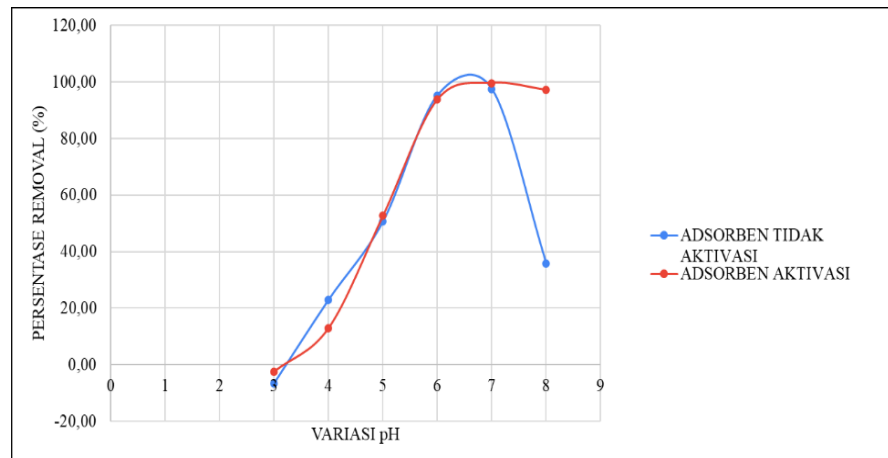
Variasi pH	Konsentrasi Awal (ppm)	Hasil Uji AAS (ppm)	Konsentrasi Akhir (ppm)	Persen Removal (%)	pH Awal	pH Akhir	mg/g
3	9,36	0,959	9,59	-2,46	3	3	-0,06
4	9,36	0,815	8,15	12,93	4	4	0,30
5	9,36	0,443	4,43	52,67	5	5	1,23
6	9,36	0,058	0,58	93,80	6	5	2,20
7	9,36	0,003	0,03	99,68	7	7	2,33
8	9,36	0,026	0,26	97,22	8	8	2,28

Sumber : Data Primer, 2023

Dari data yang ditampilkan kedua tabel diatas menunjukkan adsorpsi yang dilakukan oleh oleh kedua adsorben meningkat seiring dengan semakin tinggi nilai pH yang digunakan, kecuali pada pH 8 yang mengalami penurunan. Adsorpsi yang dilakukan pada pH rendah biasanya menghasilkan persentase penyisihan logam Cd lebih rendah, hal ini terjadi karena pada pH rendah ion H^+ akan bersaing dengan kation Cd^{2+} dalam pembentukan ikatan dengan gugus aktif adsorben.

Dalam konsepnya pengaruh nilai pH didasarkan pada konsep protonasi dan deprotonasi. Dalam keadaan asam akan membentuk protonasi, ion H^+ gugus-gugus yang terdapat dalam adsorben akan mengalami protonasi dan memiliki muatan positif yang sangat reaktif terhadap spesiasi dalam bentuk anion dan akibat hadirnya ion OH^- gugus-gugus yang adsorben mengalami deprotonasi dan memiliki muatan negatif yang sangat reaktif terhadap spesiasi logam dalam bentuk kation. Dari konsep ini, disimpulkan bahwa pH yang memiliki nilai rendah akan mengikat ion logam yang bermuatan positif dan nilai pH tinggi akan mengikat ion logam yang bermuatan positif, sehingga

pada kasus variasi pH ini, adsorben yang dipakai akan mengadsorpsi logam kadmium (Cd) yang bermuatan ion positif, maka yang terjadi saat nilai pH rendah tidak mengalami deprotonasi sehingga proses penyerapan tidak mengalami optimalisasi, dan pada nilai pH mendekati netral terlihat penyerapan ion logam kadmium mengalami peningkatan, yang optimumnya berada pada pH 7, hal ini terjadi karena proses pengikatan ion positif pada kadmium bereaksi pada keadaan netral, yang mana pada pH 7 tersebut terjadi relatif stabil antara pH netral (7) dan ion logam kadmium serta saling mengikat satu sama lain. Pada pH 8 terjadi penurunan karena terjadi peningkatan konsentrasi ion positif logam kadmium pada pH tinggi. Jika dilihat menggunakan grafik akan terlihat jelas perbedaan penyerapan antara adsorben tidak aktivasi dan adsorben aktivasi, secara lengkap akan dijelaskan pada (Gambar 4.17.) sebagai berikut ini:



Gambar 4. 17. Grafik Data Hasil Uji Variasi pH Adsorben
Sumber : Data Primer, 2023

Sesuai data di atas kedua adsorban, pada pH yang nilainya rendah memiliki nilai persentase removal yang rendah juga, dan pada nilai pH mendekati nilai netral 5 sampai 7 mengalami peningkatan, dan pH 8 mengalami penurunan penyerapan, sehingga pada nilai pH 7 mengalami optimalisasi penyerapan logam kadmium. Jadi untuk kedua adsorben sama-sama mengalami optimalisasi adsorpsi pada pH

7, maka dengan hal ini pemilihan variasi pH optimum, memilih pH 7 sebagai pH optimum. Sehingga untuk proses variasi selanjutnya variasi waktu kontak dan konsentrasi larutan menggunakan pH 7.

4.4.3 Variasi Waktu Kontak Adsorben

Pada proses percobaan variasi waktu kontak, tidak jauh beda dengan proses percobaan variasi sebelumnya, hanya saja pada variasi waktu kontak ini menggunakan variasi optimum pada variasi sebelumnya, yaitu menggunakan massa optimum 200 mg dan variasi pH dengan nilai 7 sebagai nilai optimumnya. Uji variasi waktu kontak pada percobaan ini juga menggunakan larutan kadmium 50 mL dengan konsentrasi 10 ppm, diaduk menggunakan orbital shaker kecepatan 150 rpm, dengan variasi waktu kontak selama 30, 60, 90, dan 120 menit. Untuk hasil variasi waktu kontak kedua adsorben dapat dilihat pada (Tabel 4. 6. dan Tabel 4. 7.) sebagai berikut ini:

Tabel 4. 6. Hasil Uji Variasi Waktu Kontak Adsorben Tidak Aktivasi

Variasi Waktu Kontak (menit)	Konsentrasi Awal (ppm)	Hasil Uji AAS (ppm)	Konsentrasi Akhir (ppm)	Persen Removal (%)	pH Awal	pH Akhir	mg/g
30	9,36	0,31	3,1	66,88	7	7	1,57
60	9,36	0,103	1,03	89,00	7	7	2,08
90	9,36	0,061	0,61	93,48	7	7	2,19
120	9,36	0,068	0,68	92,74	7	7	2,17

Sumber : Data Primer, 2023

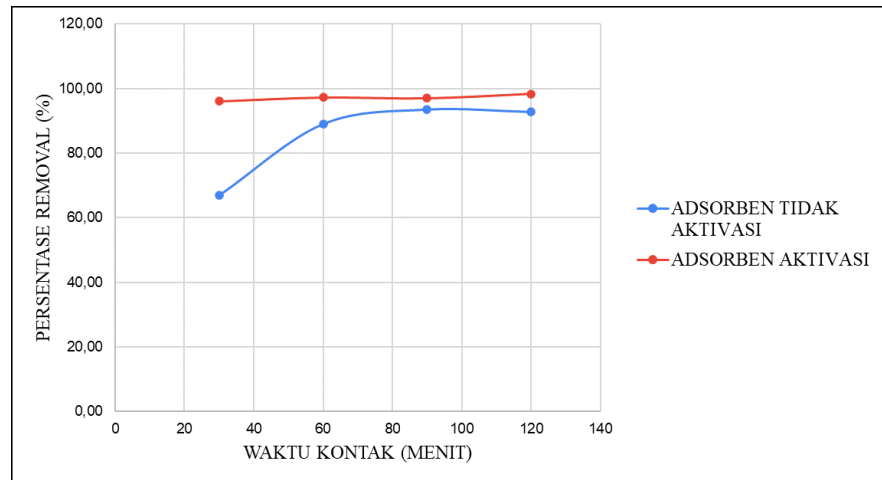
Tabel 4. 7. Hasil Uji Variasi Waktu Kontak Adsorben Aktivasi

Variasi Waktu Kontak (menit)	Konsentrasi Awal (ppm)	Hasil Uji AAS (ppm)	Konsentrasi Akhir (ppm)	Persen Removal (%)	pH Awal	pH Akhir	mg/g
30	9,36	0,037	0,37	96,05	7	7	2,25
60	9,36	0,026	0,26	97,22	7	7	2,28
90	9,36	0,028	0,28	97,01	7	7	2,27

120	9,36	0,015	0,15	98,40	7	7	2,30
-----	------	-------	------	-------	---	---	------

Sumber : Data Primer, 2023

Sementara itu hubungan antara waktu kontak dengan persentase removal kedua adsorban dapat dilihat pada (Gambar 4.18.) di bawah ini sebagai berikut:



Gambar 4. 18 Grafik Data Hasil Uji Variasi Waktu Kontak Adsorben
Sumber : Data Primer, 2023

Jadi hasil dari percobaan variasi waktu kontak ini adalah bahwa adsorban dari sumpit bekas pakai akan mencapai kemampuan maksimal pada saat waktu kontak 120 menit, karena masing-masing adsorben memiliki persentase removal tinggi di waktu 120 menit dengan persentase adsorban tidak aktivasi senilai 92% dan adsorban aktivasi senilai 98% dari total konsentrasi larutan sebesar 10 ppm. Dalam variasi waktu kontak ini juga adsorben yang di aktivasi asam sitrat lebih baik adsorpsinya dibanding adsorban yang tidak teraktivasi asam sitrat. Sehingga variasi waktu kontak optimum dalam percobaan ini adalah selama 120 menit. Dan waktu kontak optimum ini juga akan digunakan untuk percobaan variasi konsentrasi optimum.

4.4.4 Variasi Konsentrasi Larutan Kadmium (Cd)

Pada dasarnya konsentrasi larutan mempengaruhi proses adsorpsi, dimana konsentrasi zat terlarut berbanding lurus dengan jumlah zat terlarut yang mampu diserap oleh adsorben. Namun, jika adsorben jenuh, maka konsentrasi zat terlarut tidak lagi berpengaruh.

Tujuan dari percobaan variasi konsentrasi larutan ini adalah untuk mengetahui sejauh mana kemampuan adsorben sumpit bekas pakai dalam menyerap logam dengan konsentrasi tinggi. Data dari percobaan sebelumnya akan digunakan sebagai membantu melangkapi percobaan ini, seperti massa adsorben optimum sebesar 200 mg, nilai pH optimum senilai 7 dan waktu kontak optimum selama 120 menit.

Variasi konsentrasi 25, 50, 75, 100 dan 200 ppm digunakan dalam percobaan ini. Sebagai pembandingan percobaan ini menggunakan konsentrasi kontrol yang dibuat dari masing-masing konsentrasi tujuannya untuk mengetahui perbedaan konsentrasi sebelumnya. Pengujian ini untuk mengetahui kemampuan adsorben dalam menyerap logam Cd konsentrasi tinggi. Setelah proses pengadukan selesai, larutan disaring dan diencerkan hingga konsentrasi 2 ppm sehingga dapat terbaca pada AAS. Metode kerja yang diterapkan sama dengan metode sebelumnya, dan hasil penelitian ditunjukkan pada (Tabel 4.8 dan Tabel 4.9) sebagai berikut ini:

Tabel 4. 8. Hasil Uji Variasi Konsentrasi Larutan Adsorben Tidak Aktivasi

Variasi Konsentrasi (ppm)	Konsentrasi Awal (ppm)	Hasil Uji AAS (ppm)	Konsentrasi Akhir (ppm)	Persen Removal (%)	pH Awal	pH Akhir	mg/g
25	22,8	0,072	7,2	68,42	7	7	3,9
75	72,9	0,373	37,3	48,83	7	7	8,9
100	93,2	0,584	58,4	37,34	7	7	8,7
200	194,4	1,442	144,2	25,82	7	7	12,6

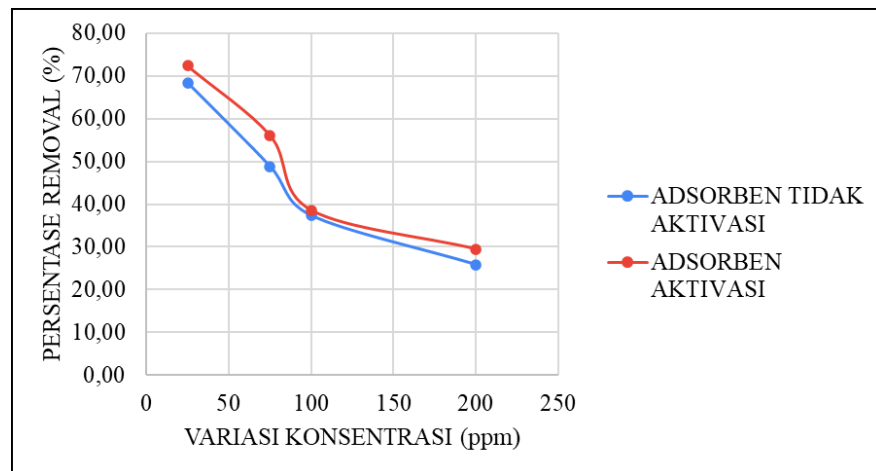
Sumber : Data Primer, 2023

Tabel 4. 9. Hasil Uji Variasi Konsentrasi Larutan Adsorben Aktivasi

Variasi Konsentrasi (ppm)	Konsentrasi Awal (ppm)	Hasil Uji AAS (ppm)	Konsentrasi Akhir (ppm)	Persen Removal (%)	pH Awal	pH Akhir	mg/g
25	22,8	0,063	6,3	72,37	7	7	4,12
75	72,9	0,32	32	56,1	7	7	10,22
100	93,2	0,572	57,2	38,63	7	7	9
200	194,4	1,37	137	29,53	7	7	14,35

Sumber : Data Primer, 2023

Dari data diatas tersebut dibuat kedalam grafik untuk mempermudah melihat perbandingan masing-masing data nilai konsentrasi kedua adsorben, maka dapat dilihat pada (Gambar 4. 19) sebagai berikut ini:



Gambar 4. 19. Grafik Data Hasil Uji Variasi Konsentrasi Larutan Adsorben

Sumber : Data Primer, 2023

Pada pengujian variasi konsentrasi kadmium (Cd) digunakan adsorben yang tidak aktivasi dan yang aktivasi, keputusan dipilih karena yang tidak aktivasi dan yang aktivasi memiliki kapasitas adsorpsi yang cukup baik untuk menghilangkan kadmium (Cd) dari logam, namun pada pengujian ini yang diaktifkan lebih baik diserap dari pada yang tidak aktif karena aktivasi menggunakan bahan kimia seperti asam sitrat yang dapat mengubah adsorpsi jika porositas lebih

banyak dan luas permukaan adsorben semakin besar maka penyerapan logam kadmium semakin besar juga jumlahnya.

Dari data diatas dapat dilihat bahwa pada konsentrasi 25 ppm merupakan konsentrasi yang memiliki nilai persentase removal yang lebih tinggi dari yang lain jika dilihat dari kedua adsorban tersebut. Sehingga dari grafik di atas ditarik kesimpulan bahwa semakin besar konsentrasi larutan maka akan semakin kecil logam Cd yang dapat diserap oleh adsorben, itu menunjukkan bahwa kemampuan adsorben dari sumpit bekas pakai tidak dapat menyerap logam dengan konsentrasi yang tinggi. Maka dari hal ini pada variasi konsentrasi nilai optimum konsentrasinya adalah 25 ppm, karena pada konsentrasi inilah proses penyerapan logam kadmium berada pada titik optimumnya.

4.5 Isotherm

Isoterm adsorpsi adalah hubungan distribusi antara fase teradsorpsi pada permukaan adsorben dengan fase jumlah terbesar ketika kesetimbangan tercapai pada suhu tertentu. Menurut (Wahyuni, 2013) Untuk proses adsorpsi dalam larutan, jumlah zat yang teradsorpsi bergantung pada beberapa faktor, yaitu jenis adsorben, zat yang teradsorpsi, luas permukaan adsorben, konsentrasi zat terlarut, dan temperatur. Pada penelitian saya ini, saya menggunakan dua metode pengolahan data diantaranya sebagai berikut:

4.5.1 Metode Langmuir

Model Langmuir didefinisikan bahwa kapasitas adsorpsi maksimum disebabkan oleh adanya lapisan tunggal (monolayer) dari adsorbat pada permukaan adsorben. Persamaan isoterm langmuir :

$$\frac{ce}{qe} = \frac{1}{qm} Ce + \frac{1}{K_L \cdot qm}$$

Dimana :

Ce : Konsentrasi Equilibrium (mg/L)

qe : Nilai adsorpsi logam saat equilibrium (mg/g)

qm : Nilai konstanta langmuir

K_L : Nilai konstanta langmuir

Menurut hasil data percobaan pengujian variasi konsentrasi larutan, itu dapat dihitung kapasitas adsorpsi maksimum adsorben sumpit bekas pakai yang ditunjukkan pada (Tabel 4.10. dan Tabel 4.11.)

Tabel 4. 10. Data Penentuan Konstanta Langmuir Adsorben Tanpa Aktivasi

C (ppm)	Massa (g)	V (mL)	Co (ppm)	Ce (ppm)	ΔC (ppm)	Persentase Penyisihan (%)	qe (mg/g)	1/Ce	1/qe
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	$f = (d-e)$	$g = \{(f/d) \times 100\}$	$h = \{(f.c)/b\}$	$i = (1/e)$	$j = (1/h)$
25	200	50	22,8	7,2	15,6	68,42	3,9	0,1389	0,2564
75	200	50	72,9	37,3	35,6	56,10	8,9	0,0268	0,1124
100	200	50	93,2	58,4	34,8	37,34	8,7	0,0171	0,1149
200	200	50	194,4	144,2	50,2	29,53	12,55	0,0069	0,0797

Sumber : Data Primer, 2023

Tabel 4. 11. Data Penentuan Konstanta Langmuir Adsorben Aktivasi

C (ppm)	Massa (g)	V (mL)	Co (ppm)	Ce (ppm)	ΔC (ppm)	Persentase Penyisihan (%)	Qe (mg/g)	1/Ce	1/qe
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	$f = (d-e)$	$g = \{(f/d) \times 100\}$	$h = \{(f.c)/b\}$	$i = (1/e)$	$j = (1/h)$
25	200	50	22,8	6,3	16,5	72,37	4,125	0,1587	0,2424
75	200	50	72,9	37,3	35,6	48,83	10,22	0,0313	0,0978
100	200	50	93,2	57,2	36	38,63	9	0,0175	0,1111
200	200	50	194,4	144,2	50,2	25,82	14,35	0,0073	0,0697

Sumber : Data Primer, 2023

Keterangan :

C : Konsentrasi (ppm)

V : Volume (mL)

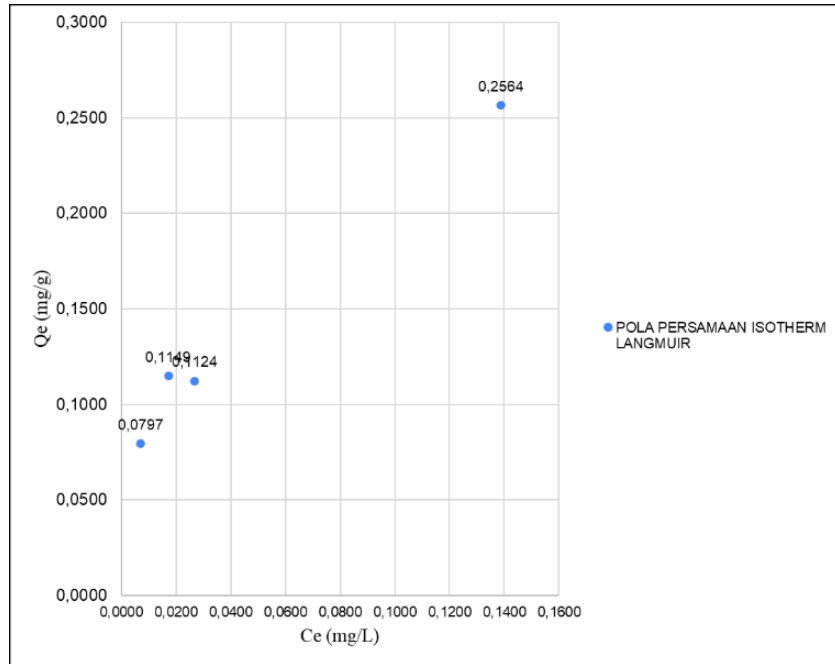
Co : Konsentrasi awal (ppm)

Ce : Konsentrasi akhir (ppm)

Qe : Kemampuan penyerapan (mg/g)

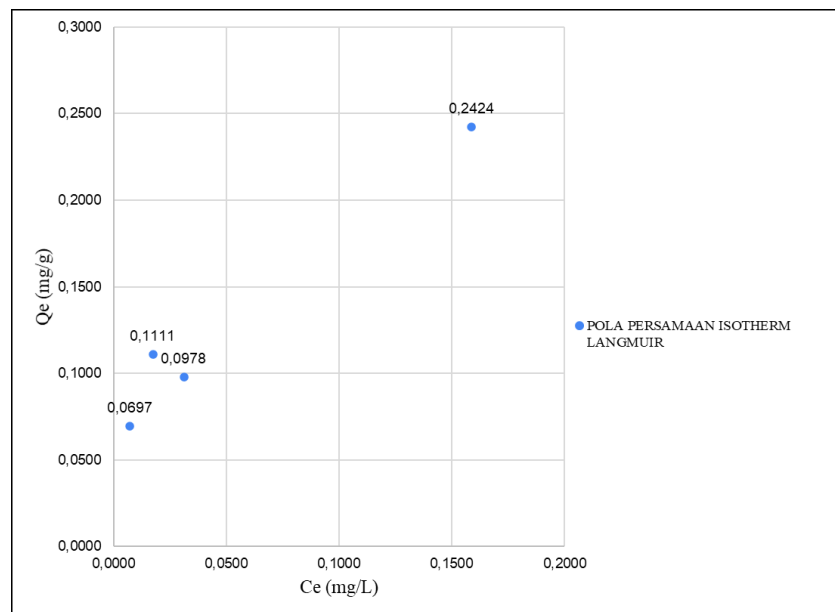
ΔC : Selisih konsentrasi (ppm)

Dari data pada tabel di atas, dapat diplotkan ke dalam grafik yang dapat dilihat pada (Gambar 4.20. dan Gambar 4.21) sebagai berikut:



Gambar 4. 20. Grafik Pola Isotherm Langmuir Adsorben Tidak Aktivasi

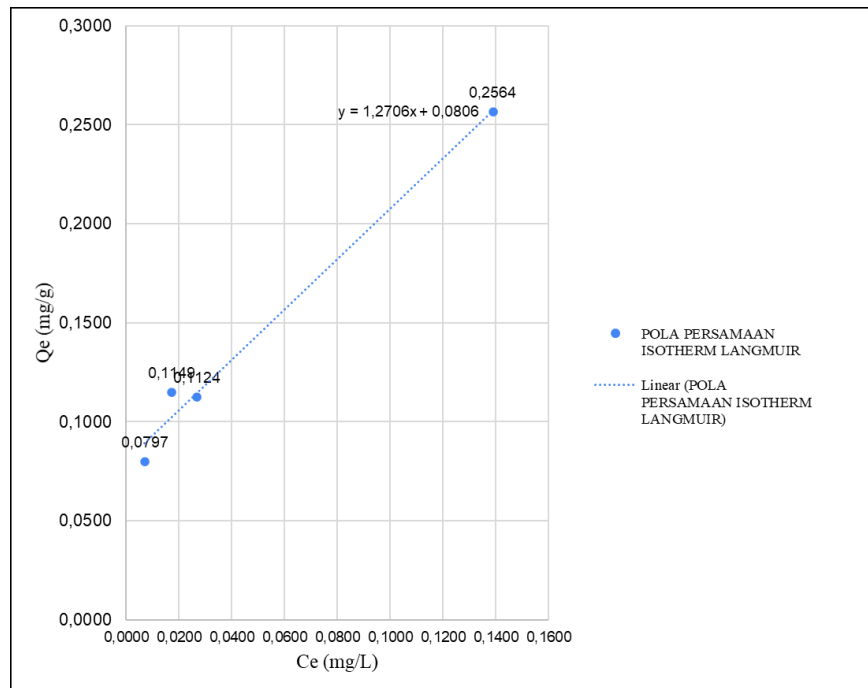
Sumber : Data Primer, 2023



Gambar 4. 21. Grafik Pola Isotherm Langmuir Adsorben Aktivasi

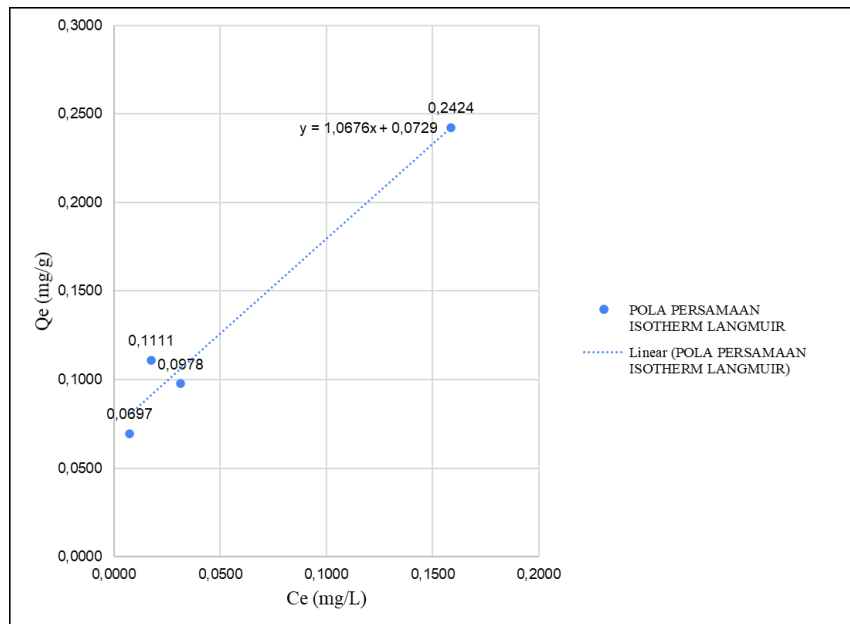
Sumber : Data Primer, 2023

Pada (Gambar 4.20. dan Gambar 4.21.), menunjukkan kecenderungan bentuk isotherm Langmuir, sehingga dapat dikatakan hasil isotherm adsorpsi mengikuti isotherm Langmuir. Dari hasil perhitungan pada tabel, akan diplot nilai $1/q_e$ dan $1/C_e$ untuk menggambar persamaan linier isotherm Langmuir, dimana akan diperoleh nilai R^2 dari persamaan ini, yang berguna untuk menentukan model isotherm dari sumpit bekas pakai untuk adsorpsi Cd, langmuir plot persamaan linier isotherm ditunjukkan pada (Gambar 4.22. dan Gambar 4.23.) sebagai berikut:



Gambar 4. 22. Grafik Persamaan Isotherm Langmuir Adsorban Tidak Aktivasi

Sumber : Data Primer, 2023



Gambar 4. 23. Grafik Persamaan Isotherm Langmuir Adsorban Aktivasi

Sumber : Data Primer, 2023

Berdasarkan (Gambar 4.22. dan Gambar 4.23.) diperoleh nilai y pada adsorben tidak aktivasi dan adsorben aktivasi adalah

- Adsorben tidak aktivasi

$$Y = + 1,2706 + 0,0806$$

$$R^2 = 0,9861$$

Sehingga konstanta langmuir (b) yang diperoleh adalah 0,0806 dengan slope R^2 adalah 0,9861 yang akan digunakan untuk menghitung nilai Q_m dari adsorben tidak aktivasi yang digunakan dalam penelitian ini. Nilai Q_m yang terhitung sebesar :

$$Q_m = 1/b$$

$$Q_m = 1/0,0806$$

$$Q_m = 12,40 \text{ mg/g}$$

Artinya, kapasitas maksimum logam Cd yang terserap oleh adsorben sumpit bekas pakai tidak aktivasi adalah sebesar 12,40 mg dalam satu gram adsorben.

- Adsorben aktivasi

$$Y = + 1,0676x + 0,0729$$

$$R^2 = 0,9675$$

Sehingga konstanta langmuir (b) yang diperoleh adalah 0,0729 dengan slope R^2 adalah 0,9675 yang akan digunakan untuk menghitung nilai Q_m dari adsorben tidak aktivasi yang digunakan dalam penelitian ini. Nilai Q_m yang terhitung sebesar :

$$Q_m = 1/b$$

$$Q_m = 1/0,0729$$

$$Q_m = 13,71 \text{ mg/g}$$

Artinya, kapasitas maksimum logam Cd yang terserap oleh adsorben sumpit bekas pakai tidak aktivasi adalah sebesar 13,71 mg dalam satu gram adsorben.

4.5.2 Metode Freundlich

Model isoterm Freundlich ini mengasumsikan lebih banyak dari satu lapisan permukaan (multilayer) dan letaknya heterogen, yang artinya, ada energi pengikat untuk setiap site. Persamaan Model isoterm Freundlich adalah sebagai berikut:

$$q_e = Kf x C_e^{\frac{1}{n}}$$

q_e adalah konsentrasi zat terlarut yang teradsorpsi pada fase padat dalam kesetimbangan dengan larutan, di mana konsentrasi spesies terlarut adalah C_e . Satuan C adalah milimol zat terlarut per gram adsorben, konsentrasi molar C_e , di mana k dan n adalah konstanta. Dapat dilihat bahwa jika $n = 1$, persamaan Freundlich dapat direduksi menjadi bentuk lain dari pernyataan kesetimbangan, seperti hukum Henry atau hukum distribusi Nernst untuk zat terlarut dalam ekstraksi pelarut, dan secara umum $n > 1$, maka grafik antara C dan C_e (disebut isoterm adsorpsi). Untuk menemukan nilai k dan n, yang man dapat mengambil logaritma dari dua persamaan Freundlich dan menurunkan persamaannya sebagai berikut:

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

Data perhitungan menggunakan metode isotherm freundlich dapat dilihat pada (Tabel 4.12. dan Tabel 4.13) berikut ini.

Tabel 4. 12. Data Penentuan Konstanta Isotherm Freundlich
Adsorben Tidak Aktivasi

C (ppm)	Massa (g)	V (mL)	Co (ppm)	Ce (ppm)	ΔC (ppm)	Persentase Penyisihan (%)	Qe (mg/g)	Log Ce	Log Qe
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	f = (d-e)	g = {(f/d) x 100%}	h = {(f.c)/b}	i = log e	j = log h
25	200	50	22,8	6,3	16,5	72,37	4,125	0,8573	0,5911
75	200	50	72,9	37,3	35,6	48,83	10,22	1,5717	0,9494
100	200	50	93,2	57,2	36	38,63	9	1,7664	0,9395
200	200	50	194,4	144,2	50,2	25,82	14,35	2,1590	1,0986

Sumber : Data Primer, 2023

Tabel 4. 13. Data Penentuan Konstanta Isotherm Freundlich
Adsorben Aktivasi

C (ppm)	Massa (g)	V (mL)	Co (ppm)	Ce (ppm)	ΔC (ppm)	Persentase Penyisihan (%)	Qe (mg/g)	Log Ce	Log Qe
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	f = (d-e)	g = {(f/d) x 100%}	h = {(f.c)/b}	i = log e	j = log h
25	200	50	22,8	6,3	16,5	72,37	4,125	0,7993	0,6154
75	200	50	72,9	37,3	35,6	48,83	10,22	1,5051	1,0097
100	200	50	93,2	57,2	36	38,63	9	1,7574	0,9542
200	200	50	194,4	144,2	50,2	25,82	14,35	2,1367	1,1569

Sumber : Data Primer, 2023

Keterangan:

C : Konsentrasi (ppm)

V : Volume (ml)

Co : Konsentrasi Awal (ppm)

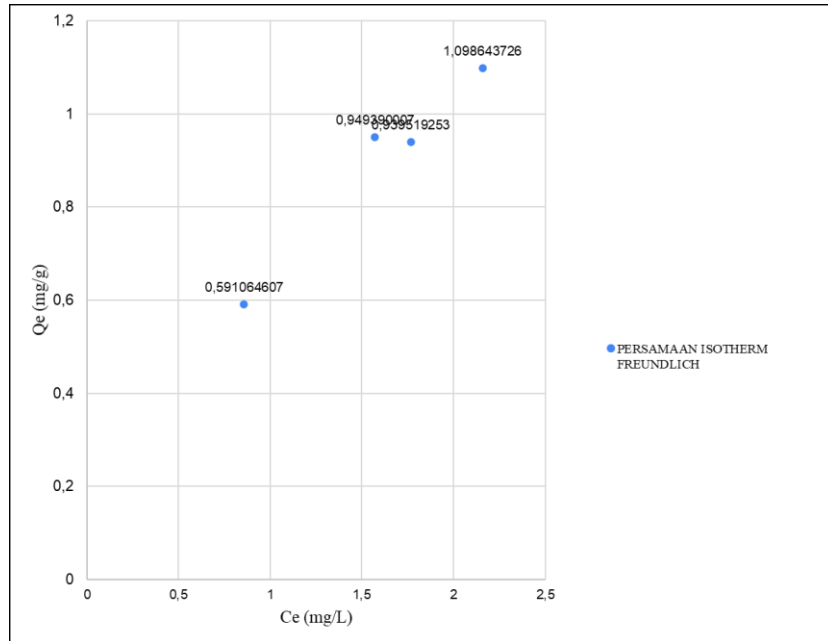
Ce : Konsentrasi Akhir (ppm)

Qe : Kemampuan penyerapan (mg/gr)

ΔC : Selisih konsentrasi (ppm)

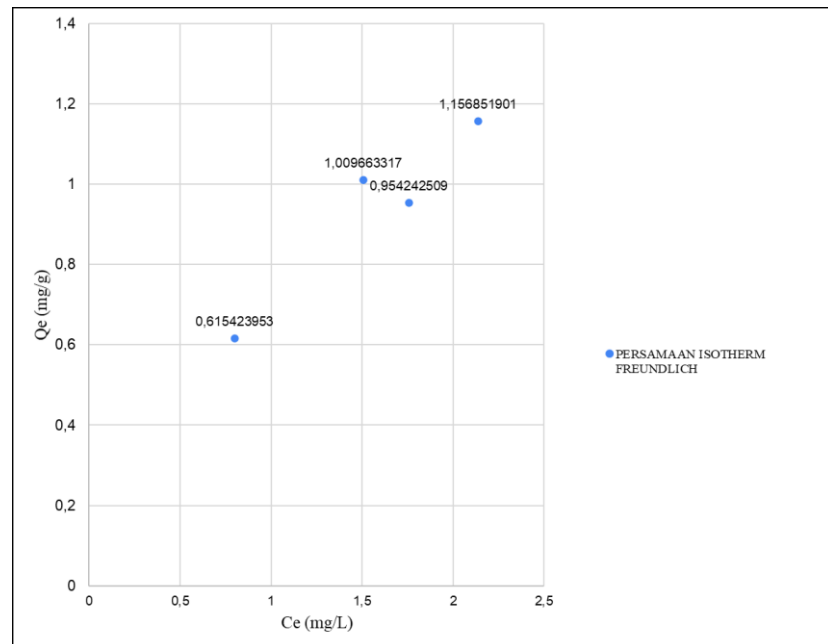
Dari data perhitungan (Tabel 4.12. dan Tabel 4.13.) didapatkan nilai Log Ce dan log Qe, yang selanjutnya diplot ke dalam persamaan linier isotherm Freundlich, dari mana nilai R2 diperoleh, membantu

menentukan model isoterm untuk adsorpsi sumpit bekas pakai pada logam Cd. Plot persamaan linier untuk isoterm freundlich ditunjukkan pada (Gambar 4.24. dan Gambar 4.25) sebagai berikut ini:



Gambar 4. 24. Grafik Pola Persamaan Isotherm Freundlich Adsorban Tidak Aktivasi

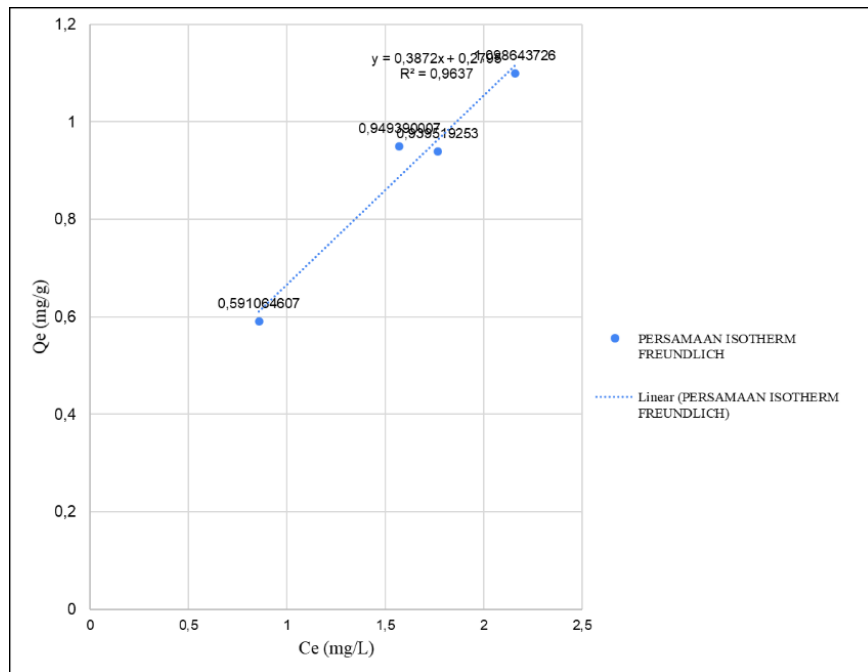
Sumber : Data Primer, 2023



Gambar 4. 25. Grafik Pola Persamaan Isotherm Freundlich Adsorban Aktivasi

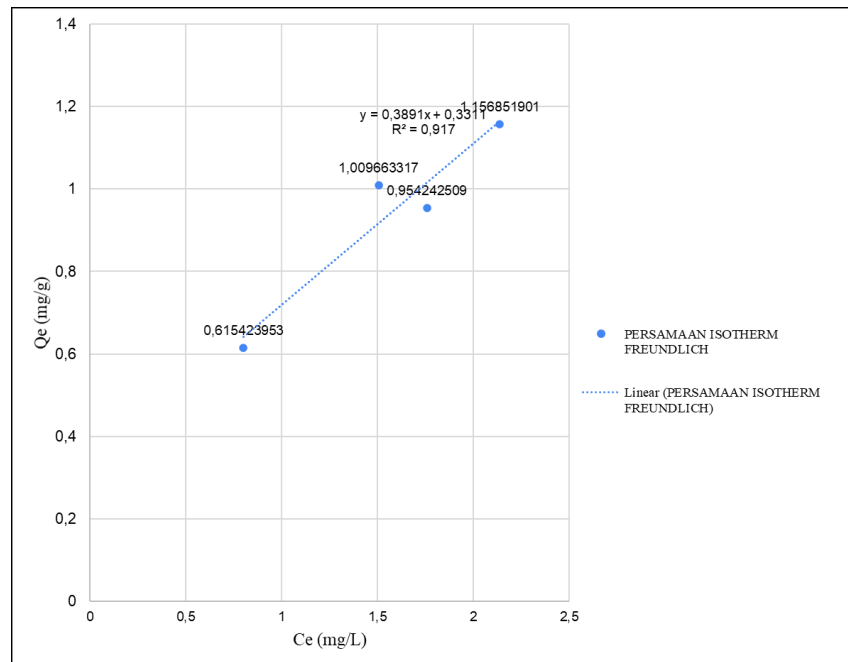
Sumber : Data Primer, 2023

Pada (Gambar 4.24. dan Gambar 4.25.), menunjukkan kecenderungan bentuk isoterm Freundlich, sehingga dapat dikatakan hasil isoterm adsorpsi mengikuti isoterm Freundlich. Dari hasil perhitungan pada tabel, akan diplot nilai log Ce dan log Qe untuk menggambar persamaan linier isoterm Freundlich, dimana akan diperoleh nilai R2 dari persamaan ini, yang berguna untuk menentukan model isoterm dari sumpit bekas pakai untuk adsorpsi Cd, langmuir plot persamaan linier isoterm ditunjukkan pada (Gambar 4.26. dan Gambar 4.27.) sebagai berikut ini:



Gambar 4. 26. Grafik Persamaan Isoterm Freundlich Adsorban Tidak Aktivasi

Sumber : Data Primer, 2023



Gambar 4. 27. Grafik Persamaan Isoterm Freundlich Adsorban Aktivasi

Sumber : Data Primer, 2023

Berdasarkan (Gambar 4.22. dan Gambar 4.23.) terdapat persamaan linear isoterm freundlich dari adsorben sumpit bekas pakai dengan persamaan sebagai berikut:

- Adsorben Tidak Aktivasi

$$Y = 0,3872x + 0,2795$$

$$R^2 = 0,9637$$

Sehingga konstanta freundlich (ax) yang diperoleh adalah 0,3872 dengan slope R² adalah 0,9637 yang akan digunakan untuk menghitung nilai n dan kf dari adsorben tidak aktivasi yang digunakan dalam penelitian ini. Nilai n dan kf yang terhitung sebesar :

$$n = 1/ax$$

$$n = 1/0,3872$$

$$n = 2,582$$

dan

$$Kf = 1/b$$

$$K_f = 1/0,2795$$

$$K_f = 3,577$$

- Adsorben Aktivasi

$$Y = 0,3891x + 0,3311$$

$$R^2 = 0,917$$

Sehingga konstanta freundlich (ax) yang diperoleh adalah 0,3891 dengan slope R^2 adalah 0,917 yang akan digunakan untuk menghitung nilai n dan k_f dari adsorben tidak aktivasi yang digunakan dalam penelitian ini. Nilai n dan k_f yang terhitung sebesar :

$$n = 1/ax$$

$$n = 1/0,3891$$

$$n = 2,570$$

dan

$$K_f = 1/b$$

$$K_f = 1/0,3311$$

$$K_f = 3,020$$

4.6 Mekanisme Adsorpsi Adsorben Sumpit

Dalam hal mekanisme adsorpsi pada adsorben sumpit bekas pakai ini, menggunakan kedua metode isotherm yaitu langmuir dan freundlich, dari kedua metode ini dipilih salah satu untuk memberikan hasil yang cukup baik dalam penggunaannya. Untuk memilih salah satu metode tersebut digunakan perbandingan data keduanya, data tersebut dapat dilihat pada (Tabel 4.14.) sebagai berikut ini:

Tabel 4. 14. Mekanisme Adsorpsi Isotherm Langmuir dan Isotherm Freundlich Logam Kadmium (Cd)

Adsorban	Isotherm Langmuir			Isotherm Freundlich		
	Qm (mg/g)	b	R ²	n	Kf	R ²
Tidak Aktivasi	12,40	0,0806	0,9861	2,582	3,577	0,963
Aktivasi	13,71	0,0729	0,9675	2,570	3,020	0,917

Sumber : Data Primer, 2023

Pada model isotherm langmuir, adsorpsi adsorban tidak aktivasi menghasilkan $R^2=0,9861$, dan hasil perhitungan memberikan persamaan $y = 1,2706x + 0,0806$ seperti terlihat pada (Gambar 4.22.), kapasitas adsorpsi maksimum (Q_m) pada adsorban tidak aktif logam Cd adalah 12,40 mg/g. Nilai 1,00 kemudian diperoleh untuk tetapan kesetimbangan, yang menunjukkan afinitas antara adsorben dan logam yang diadsorpsi. Semakin besar nilai konstanta, semakin besar afinitas adsorben untuk menyerap logam berat. Saat memodelkan isotherm langmuir untuk adsorban aktivasi, diperoleh nilai $R^2 = 0,9675$ dan persamaan $y = 1,0676x + 0,0729$, seperti yang ditunjukkan pada (Gambar 4.23.), menghasilkan Q_m sebesar 13,71 mg/g untuk logam Cd pada adsorban sumpit bekas pakai. Selain itu, diperoleh nilai konstanta kesetimbangan sebesar 1,00.

Pada model isotherm Freundlich, adsorban tidak aktif memberikan nilai $R^2 = 0,963$, dan persamaan $y = 0,3872x + 0,275$ ditunjukkan pada (Gambar 4.26.). Nilai K_f dan n menunjukkan konstanta, nilai K_f sebesar 3,577, dan nilai n sebesar 2,582. Sementara itu, pada model isotherm Freundlich, adsorban aktivasi memiliki $R^2 = 0,917$ dari persamaan $y = 3891x + 0,3311$, seperti ditunjukkan pada (Gambar 4.27.). Pada isotherm ini nilai K_f adalah 3,020 dan nilai n adalah 2,570. Pada dasarnya kedua model isotherm ini cocok untuk proses adsorpsi logam Cd menggunakan adsorben powder sumpit bekas pakai, karena nilai R^2 hampir mendekati 1, namun dengan membandingkan nilai R^2 yang diperoleh dari persamaan isotherm langmuir dan isotherm freundlich, maka hal ini menunjukkan bahwa isotherm langmuir lebih cocok digunakan untuk kesetimbangan adsorban powder sumpit bekas pakai aktivasi dan tidak aktivasi dibanding menggunakan model isotherm freundlich. Karena dilakukan pada lapisan tunggal ion logam Cd yang teradsorpsi pada setiap permukaan powder sumpit bekas pakai, satuannya adalah mg ion logam kadmium yang teradsorpsi per gram powder sumpit bekas pakai. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa penyerapan maksimum adalah 13,71 mg/g.

4.7 Perbandingan Adsorben Tanpa Aktivasi dan Ter-Aktivasi

Pada penelitian ini jika dibandingkan terkait dengan kemampuan adsorpsi logam Cd, maka kemampuan adsorben aktivasi lebih baik untuk mengadsorpsi logam Cd dengan nilai sebesar 13,71 mg/g, sedangkan kemampuan adsorben tidak aktif untuk mengadsorpsi logam Cd adalah 12,40 mg/g lebih rendah dibanding adsorben aktivasi. Dalam pembuatan adsorbannya lebih ekonomis karena menggunakan media sumpit bambu yang tidak terpakai kembali, sehingga memperolehnya pun lebih mudah, tanpa mengeluarkan biaya yang banyak, serta dapat mengurangi limbah sumpit yang tidak terpakai

Pada penelitian ini telah menunjukkan bahwa proses adsorpsi suatu adsorben dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti jenis adsorben, jenis zat yang akan diserap, luas permukaan adsorben, massa adsorben, kondisi pH zat yang akan diserap, waktu kontak dalam mengadsorpsi adsorben dan konsentrasi yang teradsorpsi. Ssetiap jenis bahan adsorben dan jenis zat yang akan adsorpsi adsorben yang berbeda akan menghasilkan pola isotherm yang berbeda juga.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan data yang diperoleh dari proses percobaan penelitian yang dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Adsorban yang diaktivasi dengan asam sitrat memiliki efek penyerapan yang lebih baik dari pada adsorban yang tidak diaktivasi dengan asam sitrat. Adsorban aktivasi memiliki sifat lebih halus daripada adsorban tidak aktivasi yang memiliki sifat lebih kasar. Adsorban aktivasi lebih teratur, lebih berpori, dan ukurannya lebih kecil daripada adsorban tidak aktivasi dengan pori lebih sedikit dan ukuran lebih besar.
2. Proses percobaan dalam penelitian ini membuktikan bahwa proses adsorpsi oleh adsorban sangat dipengaruhi oleh jenis adsorben, jenis zat yang diserap, luas permukaan adsorben, kualitas adsorben, kondisi pH zat yang diserap,
3. Pada uji perubahan massa adsorben aktivasi dan tidak aktivasi, massa optimum adsorban adalah 200 mg. Kualitas adsorban aktivasi dipilih sebagai adsorban terbaik karena besar nilai penyisihan paling tinggi, yaitu sebesar 96,21% sedangkan besar penyisihan adsorban tidak aktivasi sebesar 89,37%. Uji perubahan pH memberikan nilai pH yang baik untuk adsorpsi logam Cd, yaitu pH 7, karena pada pH di atas 7, akan terjadi proses pengendapan sehingga sangat mempengaruhi proses adsorpsi. Logam Cd mengendap dalam kondisi basa, sedangkan pada pH di bawah 7, efek adsorpsinya tidak maksimal. Waktu yang dibutuhkan proses adsorpsi untuk mencapai batas maksimum adalah 120 menit.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan mengenai adsorben dari sumpit bekas pakai dengan aktivasi kimia menggunakan asam sitrat maka

hal-hal yang perlu dilakukan pada penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Menggunakan bahan baku sumpit dengan jenis selain bambu, misalnya menggunakan kayu, yang juga memiliki kandungan selulosa tinggi.
2. Penelitian selanjutnya dapat divariasikan dengan air limbah asli (bukan sintetis) agar dapat diaplikasikan langsung untuk pengujian limbah logam berat hasil produksi industri.
3. Perlakuan yang dapat dilakukan agar adsorban yang digunakan dapat lebih maksimal adalah dengan memperbesar luas permukaan dengan cara memperhalus butiran adsorban dengan digerus serta melakukan aktivasi baik secara kimiawi maupun fisik (dengan suhu tinggi) untuk menghasilkan gugus fungsi aktif yang dapat mengikat ion logam.
4. Pada proses pengujian di laboratorium harus memperhatikan ketelitian dan kebersihan peralatan yang digunakan saat pengujian, agar mengurangi kemungkinan data yang tidak sesuai atau akurat.
5. Pada uji adsorban pada SEM seharusnya pembesaran pada kedua jenis adsorban sama besar di setiap zoom nya.

5.3 Rekomendasi

Penelitian adsorban dari sumpit bambu bekas pakai dapat dilanjutkan dengan mengaktifkan asam selain asam sitrat atau menggunakan larutan basa, untuk mengetahui perbedaan gugus fungsi dari adsorban. Selain itu, karakterisasi adsorban dapat dilanjutkan ke perhitungan luas permukaan dan pengujian kadar air.

DAFTAR PUSTAKA

- Agung, P. 2012. *Isolasi, Seleksi Dan Fermentasi Produksi Asam sitrat Dari Kapang Penghasil Asam Sitrat*.
- Almeida, J. A., Barreto, R. E., Novelli, L. B., Castro, F. J., and Moron, S. E. 2009. *Oxidative Stress Biomarkers and Aggressive Behavior in Fish Exposed to Aquatic Cadmium Contamination*. Neotropical Ichthyology. Vol 7. Hal 103-108.
- Apriliani, A. 2010. *Pemanfaatan Arang Ampas Tebu sebagai Adsorben Ion Logam Cd, Cr, Cu, dan Pb dalam Air Limbah*. Skripsi. Program Studi Kimia. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah. Jakarta.
- Badan Standar Nasional Indonesia. SNI Nomor 06-6989-16. 2004. *Cara uji kadmium (Cd) dengan metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) – nyala*. Jakarta
- Darmono. 1995. *Logam Dalam Sistem Biologi Mahluk Hidup*. Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta.
- Dedi, S dan Gunawan, E. 2010. Pembuatan Arang Aktif dari Batang Jagung Menggunakan Aktivator Asam Sulfat dan Penggunaannya pada Penjerapan Ion Tembaga (II). *Jurnal Makara Sains Vol 14 No. 1*. Jakarta
- Fajri, A. 2018. Pengolahan Limbah Laboratorium Kimia dengan Sistem Penyaringan Sederhana. *Journal of Sainstek*.
- Fernandez, R. Benny. 2011. *Spektroskopi Infra Merah dan Sinar Tampak*. Universitas Andalas. Padang.
- Flora, S. J. S. 2009. *Metal Poisoning Treatment and Management*. Review Article. Al Ameen. J. Med. Sci, Vol 2, pp. 4-26.
- Ibbet, R.N; Kaenthong,S; Philips, D.A.S.;Wilding, M.A 2006, *Charaterisatim of Porosity of Regenerated Cellulosil Fibres Using Classical Dye Adsorntion Tecniques*. Lenzinger Berichte, Vol.88,77-86.

- Kadaria, U., Audiana, M., dan Apriani, I. 2017. Pengolahan Limbah Cair Laboratorium Teknik Lingkungan dengan Koagulasi dan Adsorpsi untuk Menurunkan COD, Fe, dan Pb. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*. 5(1) 1-10.
- Krisdianto. G. Sumarni, dan A. Ismanto. 2000. *Sari Hasil Penelitian Bambu*. Departemen Kehutanan. Jakarta.
- Mu'jizah, S. 2010. *Pembuatan dan Karakteristik Karbon Aktif dari Biji Kelor (Moringa leifera Lamk) dengan NaCl sebagai Bahan Pengaktif*. Malang. UIN Maulana Malik Ibrahim.
- Palar, H. 1994. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta, Rineka Cipta
- Pavasant, P., Apiratikul. R., Sungkhum, V., Suthiparinyanont, P., Wattanachira, S. dan Marhaba, T F. 2005. *Biosorption of Cu²⁺, Cd²⁺, Pb²⁺, and Zn²⁺ using dried marine green macroalga Caulerpa lentillifera, Bioresour, Technol*. Hal 250-253.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014. *Baku Mutu Limbah Cair*. Jakarta. 2014
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021. *Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*. Jakarta. 2021
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001. *Pengelolaan Kualitas Air dan pengendalian Pencemaran Air*. Jakarta. 2001
- Putra, S. E, dan Putra, J. A. 2005. *Bioremoval, Metode Alternatif Untuk Menanggulangi Pencemaran Logam Berat*, BPP IKHMI, Universitas Lampung.
- Rahmayani., Fatimah. MZ., Siswarni. 2013. Pemanfaatan Limbah Batang Jagung sebagai Adsorben Alternatif pada Pengurangan Kadar Klorin dalam olahan (Treated Water). *Jurnal Teknik Kimia USU, Vol.2 No. 2. Hal. 2*. Medan.
- Sawyer, C. N. 1994. *Chemistry for Environmental Engineering. 4th edition*. McGraw-Hill Inc. New York.

- Siswoyo, E., Adrian, A. R., and 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/mateconf/201815401012>
- Siswoyo, E., Mihara, Y., and Tanaka, S. 2014. *Determination of Key Components and Adsorption Capacity of a Low Cost Adsorbent Based on Sludge of Drinking Water Treatment Plant to Adsorb Cadmium Ion in Water*. *Applied Clay Science*. Vol. 97-98.
- Wahyuni, S, 2013. *Diktat petunjuk Praktikum Kimia Fisik*, Penerbit Jurusan Kimia FMIPA UNNES. Semarang

LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan

1. Preparasi 1 Liter Larutan Induk Cd 1000 mg/L

$$\text{Mr Cd(NO}_3)_2 = 236 \text{ g/mol}$$

$$\text{Ar Cd} = 112 \text{ g/mol}$$

$$= \frac{236 \text{ g/mol}}{112 \text{ g/mol}} \times 1000 \text{ mg}$$

$$= 2107,14 \text{ mg}$$

$$= 2,10714 \text{ g}$$

Jadi, larutan induk Cd yakni Cd(NO₃)₂ 100 mg/L dibuat dengan melarutkan 2,10714 gram Cd(NO₃)₂ yang dilarutkan menggunakan aquades hingga homogen.

2. Preparasi Larutan Standar Cd (0,05; 0,1; 0,2; 0,3; 0,5; 0,7; 1; 1,5; 2; 3; 5) mg/L

- a) Larutan Standar 0,05 mg/L

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

$$V_1 = \frac{C_2 \times V_2}{V_1} = \frac{0,05 \text{ mg/L} \times 100 \text{ mL}}{5 \text{ mg/L}} = 1 \text{ mL}$$

Jadi, untuk membuat 100 mL larutan standar Cd 0,05 mg/L dibutuhkan 1 mL larutan Cd 5 mg/L yang dilarutkan menggunakan aquades hingga homogen.

- b) Larutan Standar 0,1 mg/L

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

$$V_1 = \frac{C_2 \times V_2}{V_1} = \frac{0,1 \text{ mg/L} \times 100 \text{ mL}}{5 \text{ mg/L}} = 2 \text{ mL}$$

Jadi, untuk membuat 100 mL larutan standar Cd 0,1 mg/L dibutuhkan 2 mL larutan Cd 5 mg/L yang dilarutkan menggunakan aquades hingga homogen.

- c) Larutan Standar 0,2 mg/L

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

$$V_1 = \frac{C_2 \times V_2}{V_1} = \frac{0,2 \text{ mg/L} \times 100 \text{ mL}}{5 \text{ mg/L}} = 4 \text{ mL}$$

Jadi, untuk membuat 100 mL larutan standar Cd 0,2 mg/L dibutuhkan 4 mL larutan Cd 5 mg/L yang dilarutkan menggunakan aquades hingga homogen.

- d) Larutan Standar 0,3 mg/L

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

$$V_1 = \frac{C_2 \times V_2}{V_1} = \frac{0,3 \text{ mg/L} \times 100 \text{ mL}}{5 \text{ mg/L}} = 6 \text{ mL}$$

Jadi, untuk membuat 100 mL larutan standar Cd 0,3 mg/L dibutuhkan 6 mL larutan Cd 5 mg/L yang dilarutkan menggunakan aquades hingga homogen.

- e) Larutan Standar 0,5 mg/L

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

$$V_1 = \frac{C_2 \times V_2}{V_1} = \frac{0,5 \text{ mg/L} \times 100 \text{ mL}}{5 \text{ mg/L}} = 10 \text{ mL}$$

Jadi, untuk membuat 100 mL larutan standar Cd 0,5 mg/L dibutuhkan 10 mL larutan Cd 5 mg/L yang dilarutkan menggunakan aquades hingga homogen.

- f) Larutan Standar 0,7 mg/L

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

$$V_1 = \frac{C_2 \times V_2}{V_1} = \frac{0,7 \text{ mg/L} \times 100 \text{ mL}}{5 \text{ mg/L}} = 14 \text{ mL}$$

Jadi, untuk membuat 100 mL larutan standar Cd 0,7 mg/L dibutuhkan 14 mL larutan Cd 5 mg/L yang dilarutkan menggunakan aquades hingga homogen.

- g) Larutan Standar 1 mg/L

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

$$V_1 = \frac{C_2 \times V_2}{V_1} = \frac{1 \text{ mg/L} \times 100 \text{ mL}}{5 \text{ mg/L}} = 20 \text{ mL}$$

Jadi, untuk membuat 100 mL larutan standar Cd 1 mg/L dibutuhkan 20 mL larutan Cd 5 mg/L yang dilarutkan menggunakan aquades hingga homogen.

- h) Larutan Standar 1,5 mg/L

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

$$V_1 = \frac{C_2 \times V_2}{V_1} = \frac{1,5 \text{ mg/L} \times 100 \text{ mL}}{5 \text{ mg/L}} = 30 \text{ mL}$$

Jadi, untuk membuat 100 mL larutan standar Cd 1,5 mg/L dibutuhkan 30 mL larutan Cd 5 mg/L yang dilarutkan menggunakan aquades hingga homogen.

i) Larutan Standar 2 mg/L

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

$$V_1 = \frac{C_2 \times V_2}{V_1} = \frac{2 \text{ mg/L} \times 100 \text{ mL}}{5 \text{ mg/L}} = 40 \text{ mL}$$

Jadi, untuk membuat 100 mL larutan standar Cd 2 mg/L dibutuhkan 40 mL larutan Cd 5 mg/L yang dilarutkan menggunakan aquades hingga homogen.

j) Larutan Standar 3 mg/L

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

$$V_1 = \frac{C_2 \times V_2}{V_1} = \frac{3 \text{ mg/L} \times 100 \text{ mL}}{5 \text{ mg/L}} = 60 \text{ mL}$$

Jadi, untuk membuat 100 mL larutan standar Cd 3 mg/L dibutuhkan 60 mL larutan Cd 5 mg/L yang dilarutkan menggunakan aquades hingga homogen.

k) Larutan Standar 5 mg/L

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

$$V_1 = \frac{C_2 \times V_2}{V_1} = \frac{5 \text{ mg/L} \times 500 \text{ mL}}{200 \text{ mg/L}} = 12,5 \text{ mL}$$

Jadi, untuk membuat 500 mL larutan standar Cd 5 mg/L dibutuhkan 12,5 mL larutan induk Cd 1000 mg/L yang telah diencerkan menjadi 200 mg/L yang dilarutkan menggunakan aquades hingga homogen.

3. Preparasi Asam Sitrat ($C_6H_8O_7$) 0,4 M

Larutan $C_6H_8O_7$ (asam sitrat) digunakan untuk mengaktivasi adsorben sumpit bekas dengan perbandingan antara massa adsorben dan larutan asam sitrat sebesar 1 : 10. Maka, untuk 500 gram adsorben sumpit bekas membutuhkan 5000 mL atau 5 Liter larutan asam sitrat.

Mr $C_6H_8O_7 = 192 \text{ g/mol}$

$$M = \frac{\text{Massa}}{M_r \times V}$$

$$0,4 \text{ mol/L} = \frac{\text{Massa}}{192 \text{ g/mol} \times 5 \text{ L}}$$

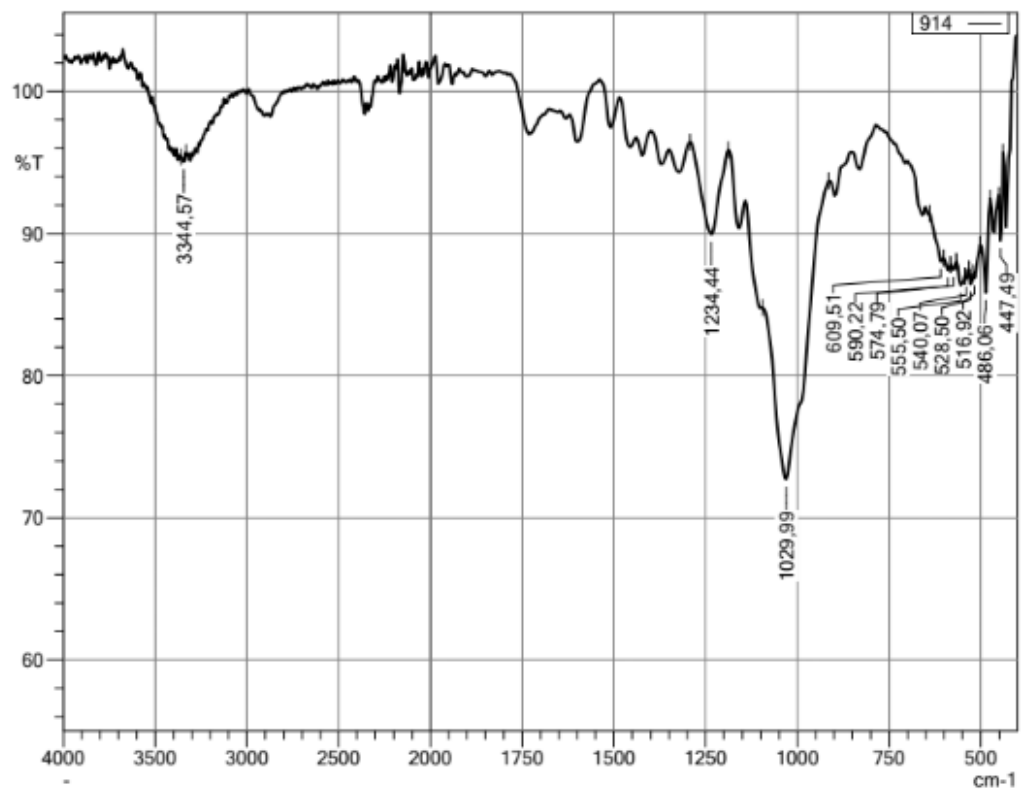
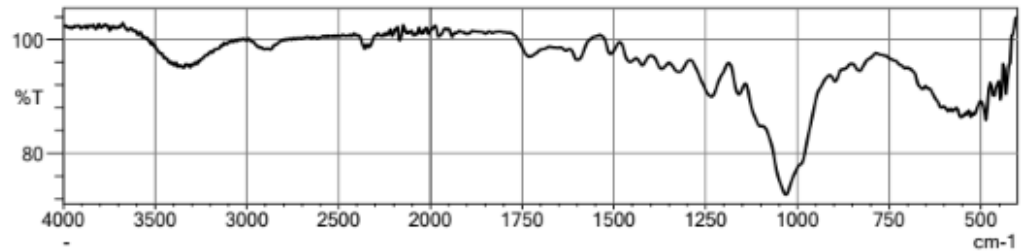
$$\text{Massa} = 0,4 \text{ mol/L} \times 192 \text{ g/mol} \times 5 \text{ L}$$

$$\text{Massa} = 384 \text{ g}$$

Jadi, larutan asam sitrat dibuat dengan melarutkan 384 gram $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$ yang dilarutkan menggunakan aquades 5 Liter hingga homogen.

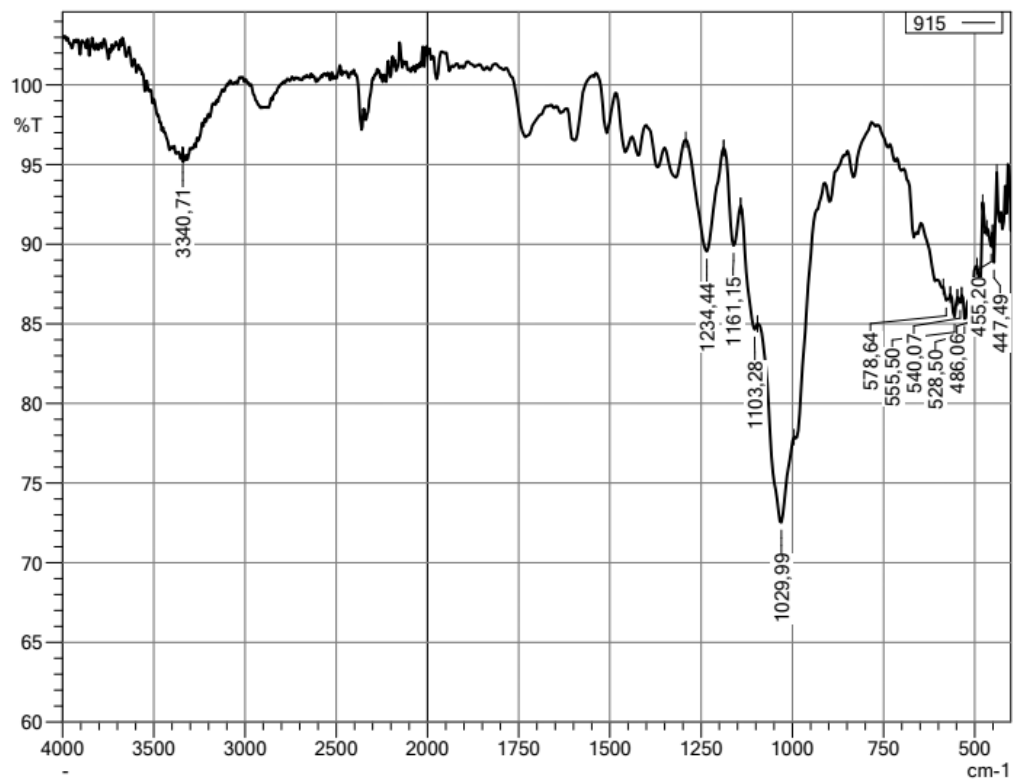
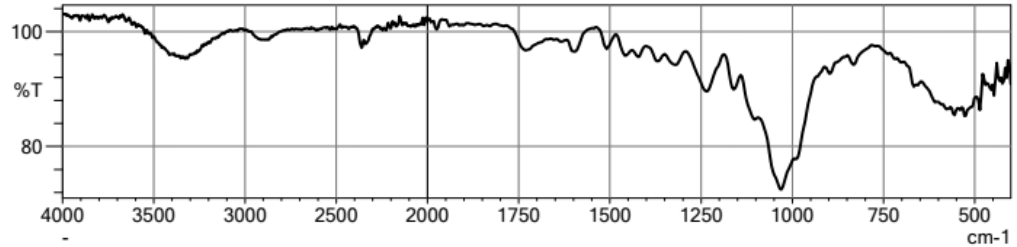
Lampiran 2. Data Karakteristik FTIR

1. Adsorben Sumpit Bekas (Tanpa Aktivasi)



	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area	Comment
1	447.49	89.48	4.22	451.34	439.77	100,389	33,305	
2	486.06	85.85	5.23	501.49	474.49	304,980	57,815	
3	516.92	86.88	0.73	520.78	501.49	233,392	5,969	
4	528.50	86.45	0.95	532.35	520.78	152,565	6,208	
5	540.07	86.80	0.38	543.93	532.35	148,930	1,496	
6	555.50	86.38	1.15	567.07	543.93	303,171	14,386	
7	574.79	87.46	0.47	582.50	567.07	190,254	3,983	
8	590.22	87.43	0.59	601.79	582.50	235,421	5,136	
9	609.51	88.05	0.86	640.37	601.79	405,904	14,514	
10	1029.99	72.70	15.31	1095.57	914.26	3296,383	1347,472	
11	1234.44	89.94	6.19	1292.31	1188.15	723,025	323,083	
12	3344.57	95.06	0.50	3360.00	3332.99	127,325	6,947	

2. Adsorben Sumpit Bekas (Teraktivasi)



	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area	Comment
1	447.49	88.86	3.13	451.34	439.77	104,412	19,006	
2	455.20	89.88	0.92	466.77	451.34	147,173	6,264	
3	486.06	86.31	4.31	493.78	478.35	177,040	32,407	
4	528.50	85.33	1.79	536.21	493.78	557,169	35,590	
5	540.07	86.33	0.42	547.78	536.21	155,635	2,041	
6	555.50	85.45	1.29	567.07	547.78	267,041	11,579	
7	578.64	86.48	0.66	586.36	567.07	256,335	7,291	
8	1029.99	72.53	7.82	1095.57	995.27	2229,966	369,073	
9	1103.28	84.65	1.59	1141.86	1095.57	580,674	58,190	
10	1161.15	89.92	4.01	1188.15	1141.86	356,158	89,083	
11	1234.44	89.55	6.72	1292.31	1188.15	734,148	349,365	
12	3340.71	95.48	0.12	3344.57	3336.85	34,386	0,478	

Lampiran 3. Tabel Korelasi Gugus Fungsi

Table 10B.2 Simplified Correlation Chart of Molecular Vibrations by Type*

Type of vibration		Frequency (cm ⁻¹)	Intensity [†]
C—H	Alkanes (stretch)	3000–2850	s
	—CH ₃ (bend)	1450 and 1375	m
	—CH ₂ — (bend)	1465	m
	Alkenes (stretch)	3100–3000	m
	(out-of-plane bend)	1000–650	s
	Aromatics (stretch)	3150–3050	s
	(out-of-plane bend)	900–690	s
	Alkyne (stretch)	ca. 3300	s
	Aldehyde (stretch)	2900–2800	w
		2800–2700	w
C—C	Alkane	not interpretatively useful	
C=C	Alkene	1680–1600	m-w
	Aromatic	1600 and 1475	m-w
C≡C	Alkyne	2250–2100	m-w
C=O	Aldehyde	1740–1720	s
	Ketone	1725–1705	s
	Carboxylic acid	1725–1700	s
	Ester	1750–1730	s
	Amide	1670–1640	s
	Anhydride	1810 and 1760	s
	Acid chloride	1800	s
C—O	Alcohols, ethers, esters, carboxylic acids, anhydrides	1300–1000	s
O—H	Alcohols, phenols		
	Free	3650–3600	m
	H-bonded	3500–3200	m
	Carboxylic acids	3400–2400	m
N—H	Primary and secondary amines and amides (stretch)	3500–3100	m
	(bend)	1640–1550	m-s
C—N	Amines	1350–1000	m-s
C=N	Imines and oximes	1690–1640	w-s
C≡N	Nitriles	2260–2240	m
X=C=Y	Allenes, ketenes, isocyanates, isothiocyanates	2270–1950	m-s
N=O	Nitro (R—NO ₂)	1550 and 1350	s
S—H	Mercaptans	2550	w
S=O	Sulfoxides	1050	s
	Sulfones, sulfonyl chlorides	1375–1300 and	s
	Sulfates, sulfonamides	1200–1140	s
C—X	Fluoride	1400–1000	s
	Chloride	800–600	s
	Bromide, iodide	<667	s

*Data from Pavia, D. L., Lampman, G. M., Kriz, G. S. 1979. *Introduction to Spectroscopy: A Guide for Students of Organic Chemistry*.

[†]s = strong, m = medium, w = weak.

TABLE 7-3 A Numerical Listing of Wavenumber Ranges in Which Some Functional Groups and Classes of Compounds Absorb in the Infrared

Range (cm ⁻¹) and Intensity*	Group and Class	Assignment and Remarks
3700-3600 (s)	-OH in alcohols and phenols	OH stretch (dil soln)
3520-3320 (m-s)	-NH ₂ in aromatic amines, primary amines and amides	NH stretch (dil soln)
3420-3250 (s)	-OH in alcohols and phenols	OH stretch (solids & liquids)
3360-3340 (m)	-NH ₂ in primary amides	NH ₂ antisym stretch (solids)
3320-3250 (m)	-OH in oximes	O-H stretch
3300-3250 (m-s)	≡CH in acetylenes	≡CH-H stretch
3300-3280 (s)	-NH in secondary amides	NH stretch (solids); also in polypeptides and proteins
3200-3180 (s)	-NH ₂ in primary amides	NH ₂ sym stretch (solids)
3200-3000 (v br)	-NH ₃ ⁺ in amino acids	NH ₃ ⁺ antisym stretch
3100-2400 (v br)	-OH in carboxylic acids	H-bonded OH stretch
3100-3000 (m)	=CH in aromatic and unsaturated hydrocarbons	=C-H stretch
2990-2850 (m-s)	-CH ₃ and -CH ₂ - in aliphatic compounds	CH antisym and sym stretching
2850-2700 (m)	-CH ₃ attached to O or N	CH stretching modes
2750-2650 (w-m)	-CHO in aldehydes	overtone of CH bending (Fermi resonance)
2750-2350 (br)	-NH ₃ ⁺ in amine hydrohalides	NH stretching modes
2720-2560 (m)	-OH in phosphorus oxyacids	associated OH stretching
2600-2540 (w)	-SH in alkyl mercaptans	S-H stretch; strong in Raman
2410-2280 (m)	-PH in phosphines	P-H stretch; sharp peak
2300-2230 (m)	N≡N in diazonium salts	N≡N stretch, aq soln
2285-2250 (s)	N=C=O in isocyanates	N=C=O antisym stretch
2260-2200 (m-s)	C≡N in nitriles	C≡N stretch
2260-2190 (w-m)	C≡C in alkynes (disubst)	C≡C stretch; strong in Raman
2190-2130 (m)	C≡N in thiocyanates	C≡N stretch
2175-2115 (s)	N≡C in isonitriles	N≡C stretch
2160-2080 (m)	N=N=N in azides	N=N=N antisym stretch
2140-2100 (w-m)	C≡C in alkynes (monosubst)	C≡C stretch
2000-1650 (w)	substituted benzene rings	several bands from overtone and combination bands
1980-1950 (s)	C=C=C in allenes	C=C=C antisym stretch
1870-1650 (vs)	C=O in carbonyl compounds	C=O stretch
1870-1830 (s)	C=O in β-lactones	C=O stretch
1870-1790 (vs)	C=O in anhydrides	C=O antisym stretch; part of doublet
1820-1800 (s)	C=O in acid halides	C=O stretch; lower for aromatic acid halides
1780-1760 (s)	C=O in γ-lactones	C=O stretch
1765-1725 (vs)	C=O in anhydrides	C=O sym stretch; part of doublet
1760-1740 (vs)	C=O in α-keto esters	C=O stretch; enol form
1750-1730 (s)	C=O in δ-lactones	C=O stretch
1750-1740 (vs)	C=O in esters	C=O stretch; 20 cm ⁻¹ lower if unsaturated
1740-1720 (s)	C=O in aldehydes	C=O stretch; 30 cm ⁻¹ lower if unsaturated
1720-1700 (s)	C=O in ketones	C=O stretch; 20 cm ⁻¹ lower if unsaturated
1710-1690 (s)	C=O in carboxylic acids	C=O stretch; fairly broad
1690-1640 (s)	C=N in oximes	C=N stretch; also imines
1680-1620 (s)	C=O and NH ₂ in primary amides	two bands from C=O stretch and NH ₂ deformation
1680-1635 (s)	C=O in ureas	C=O stretch; broad band
1680-1630 (m-s)	C=C in alkenes, etc.	C=C stretch
1680-1630 (vs)	C=O in secondary amides	C=O stretch (Amide I band)

*v = very, s = strong, m = medium, w = weak, br = broad.



TABLE 7-3 (Continued)

Range (cm ⁻¹) and Intensity*	Group and Class	Assignment and Remarks
1670-1640 (s-vs)	C=O in benzophenones	C=O stretch
1670-1650 (vs)	C=O in primary amides	C=O stretch (Amide I band)
1670-1630 (vs)	C=O in tertiary amides	C=O stretch
1655-1635 (vs)	C=O in β -ketone esters	C=O stretch; enol form
1650-1620 (w-m)	N-H in primary amides	NH deformation (Amide II band)
1650-1580 (m-s)	NH ₂ in primary amines	NH ₂ deformation
1640-1580 (s)	NH ₃ ⁺ in amino acids	NH ₃ deformation
1640-1580 (vs)	C=O in β -diketones	C=O stretch; enol form
1620-1610 (s)	C=C in vinyl ethers	C=C stretch; doublet due to rotational isomerism
1615-1590 (m)	benzene ring in aromatic compounds	ring stretch; sharp peak
1615-1565 (s)	pyridine derivatives	ring stretch; doublet
1610-1580 (s)	NH ₂ in amino acids	NH ₂ deformation; broad band
1610-1560 (vs)	COO ⁻ in carboxylic acid salts	 antisym stretch
1590-1580 (m)	NH ₂ primary alkyl amide	NH ₂ deformation (Amide II band)
1575-1545 (vs)	NO ₂ in aliphatic nitro compounds	NO ₂ antisym stretch
1565-1475 (vs)	NH in secondary amides	NH deformation (Amide II band)
1560-1510 (s)	triazine compounds	ring stretch; sharp band
1550-1490 (s)	NO ₂ in aromatic nitro compounds	NO ₂ antisym stretch
1530-1490 (s)	NH ₃ ⁺ in amino acids or hydrochlorides	NH ₃ ⁺ deformation
1530-1450 (m-s)	N=N-O in azoxy compounds	N=N-O antisym stretch
1515-1485 (m)	benzene ring in aromatic compounds	ring stretch, sharp band
1475-1450 (vs)	CH ₂ in aliphatic compounds	CH ₂ scissors vibration
1465-1440 (vs)	CH ₃ in aliphatic compounds	CH ₃ antisym deformation
1440-1400 (m)	OH in carboxylic acids	in-plane OH bending
1420-1400 (m)	C-N in primary amides	C-N stretch (Amide III band)
1400-1370 (m)	<i>t</i> -butyl group	CH ₃ deformations (two bands)
1400-1310 (s)	COO ⁻ group in carboxylic acid salts	 sym stretch; broad band
1390-1360 (vs)	SO ₂ in sulfonyl chlorides	SO ₂ antisym stretch
1380-1370 (s)	CH ₃ in aliphatic compounds	CH ₃ sym deformation
1380-1360 (m)	isopropyl group	CH ₃ deformations (two bands)
1375-1350 (s)	NO ₂ in aliphatic nitro compounds	NO ₂ sym stretch
1360-1335 (vs)	SO ₂ in sulfonamides	SO ₂ antisym stretch
1360-1320 (vs)	NO ₂ in aromatic nitro compounds	NO ₂ sym stretch
1350-1280 (m-s)	N=N-O in azoxy compounds	N=N-O sym stretch
1335-1295 (vs)	SO ₂ in sulfones	SO ₂ antisym stretch
1330-1310 (m-s)	CF ₃ attached to a benzene ring	CF ₃ antisym stretch
1300-1200 (vs)	⁺ N-O ⁻ in pyridine <i>N</i> -oxides	N-O stretch
1300-1175 (vs)	P=O in phosphorus oxyacids and phosphates	P=O stretch
1300-1000 (vs)	C-F in aliphatic fluoro compounds	C-F stretch
1285-1240 (vs)	Ar-O in alkyl aryl ethers	C-O stretch
1280-1250 (vs)	Si-CH ₃ in silanes	CH ₃ sym deformation
1280-1240 (m-s)	 C in epoxides	C-O stretch
1280-1180 (s)	C-N in aromatic amines	C-N stretch
1280-1150 (vs)	C-O-C in esters, lactones	C-O-C antisym stretch

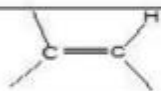

TABLE 7-3 (Continued)

Range (cm ⁻¹) and Intensity ^a	Group and Class	Assignment and Remarks
1255-1240 (m)	<i>t</i> -butyl in hydrocarbons	skeletal vibration; second band near 1200 cm ⁻¹
1245-1155 (vs)	SO ₂ H in sulfonic acids	S=O stretch
1240-1070 (s-vs)	C-O-C in ethers	C-O-C stretch; also in esters
1230-1100 (s)	C-C-N in amines	C-C-N bending
1225-1200 (s)	C-O-C in vinyl ethers	C-O-C antisym stretch
1200-1165 (s)	SO ₂ Cl in sulfonyl chlorides	SO ₂ sym stretch
1200-1015 (vs)	C-OH in alcohols	C-O stretch
1170-1145 (s)	SO ₂ NH ₂ in sulfonamides	SO ₂ sym stretch
1170-1140 (s)	SO ₂ - in sulfones	SO ₂ sym stretch
1160-1100 (m)	C=S in thiocarbonyl compounds	C=S stretch; strong in Raman
1150-1070 (vs)	C-O-C in aliphatic ethers	C-O-C antisym stretch
1120-1080 (s)	C-O-H in secondary or tertiary alcohols	C-O stretch
1120-1030 (s)	C-NH ₂ in primary aliphatic amines	C-N stretch
1100-1000 (vs)	Si-O-Si in siloxanes	Si-O-Si antisym stretch
1080-1040 (s)	SO ₂ H in sulfonic acids	SO ₂ sym stretch
1065-1015 (s)	CH-O-H in cyclic alcohols	C-O stretch
1060-1025 (vs)	CH ₂ -O-H in primary alcohols	C-O stretch
1060-1045 (vs)	S=O in alkyl sulfoxides	S=O stretch
1055-915 (vs)	P-O-C in organophosphorus compounds	P-O-C antisym stretch
1030-950 (w)	carbon ring in cyclic compounds	ring breathing mode; strong in Raman
1000-950 (s)	CH=CH ₂ in vinyl compounds	=CH out-of-plane deformation
980-960 (vs)	CH=CH- in trans disubstituted alkenes	=CH out-of-plane deformation
950-900 (vs)	CH=CH ₂ in vinyl compounds	CH ₂ out-of-plane wag
900-865 (vs)	$\begin{array}{c} \text{R} \\ \\ \text{CH}_2=\text{C} \\ \\ \text{R}' \end{array}$ in vinylidenes	CH ₂ out-of-plane wag
890-805 (vs)	1,2,4-trisubst benzenes	CH out-of-plane deformation (two bands)
860-760 (vs, br)	R-NH ₂ primary amines	NH ₂ wag
860-720 (vs)	Si-C in organosilicon compounds	Si-C stretch
850-830 (vs)	1,3,5-trisubst benzenes	CH out-of-plane deformation
850-810 (vs)	Si-CH ₃ in silanes	Si-CH ₃ rocking
850-790 (m)	$\begin{array}{c} \text{R} \\ \\ \text{CH}=\text{C} \\ \\ \text{R}' \end{array}$ in trisubst alkenes	CH out-of-plane deformation
850-550 (m)	C-Cl in chloro compounds	C-Cl stretch
830-810 (vs)	<i>p</i> -disubst benzenes	CH out-of-plane deformation
825-805 (vs)	1,2,4-trisubst benzenes	CH out-of-plane deformation
820-800 (s)	triazines	CH out-of-plane deformation
815-810 (s)	CH=CH ₂ in vinyl ethers	CH ₂ out-of-plane wag
810-790 (vs)	1,2,3,4-tetrasubst benzenes	CH out-of-plane deformation
800-690 (vs)	<i>m</i> -disubst benzenes	CH out-of-plane deformation (two bands)
785-680 (vs)	1,2,3-trisubst benzenes	CH out-of-plane deformation (two bands)
775-650 (m)	C-S in sulfonyl chlorides	C-S stretch; strong in Raman
770-690 (vs)	monosubst benzenes	CH out-of-plane deformation (two bands)
760-740 (s)	<i>o</i> -disubst benzenes	CH out-of-plane deformation
760-510 (s)	C-Cl alkyl chlorides	C-Cl stretch
740-720 (w-m)	-(CH ₂) _n - in hydrocarbons	CH ₂ rocking in methylene chains; intensity depends on chain length
730-665 (s)	CH=CH in cis disubst alkenes	CH out-of-plane deformation
720-600 (s, br)	Ar-OH in phenols	OH out-of-plane deformation

TABLE 7-3 (Continued)

Range (cm ⁻¹) and Intensity ^a	Group and Class	Assignment and Remarks
710-570 (m)	C-S in sulfides	C-S stretch; strong in Raman
700-590 (s)	O=C=O in carboxylic acids	O=C=O bending
695-635 (s)	C-C-CHO in aldehydes	C-C-CHO bending
680-620 (s)	C-OH in alcohols	C-O-H bending
680-580 (s)	C≡C-H in alkynes	C≡C-H bending
650-600 (w)	S-C≡N in thiocyanates	S-C stretch; strong in Raman
650-600 (s)	NO ₂ in aliphatic nitro compounds	NO ₂ deformation
650-500 (s)	Ar-CF ₃ in aromatic trifluoro-methyl compounds	CF ₃ deformation (two or three bands)
650-500 (s)	C-Br in bromo compounds	C-Br stretch
645-615 (m-s)	naphthalenes	in-plane ring deformation
645-575 (s)	O-C-O in esters	O-C-O bend
640-630 (s)	=CH ₂ in vinyl compounds	=CH ₂ twisting
635-605 (m-s)	pyridines	in-plane ring deformation
630-570 (s)	N-C=O in amides	N-C=O bend
630-565 (s)	C-CO-C in ketones	C-CO-C bend
615-535 (s)	C=O in amides	C=O out-of-plane bend
610-565 (vs)	SO ₂ in sulfonyl chlorides	SO ₂ deformation
610-545 (m-s)	SO ₂ in sulfones	SO ₂ scissoring
600-465 (s)	C-I in iodo compounds	C-I stretch
580-530 (m-s)	C-C-CN in nitriles	C-C-CN bend
580-520 (m)	NO ₂ in aromatic nitro compounds	NO ₂ deformation
580-430 (s)	ring in cycloalkanes	ring deformation
580-420 (m-s)	ring in benzene derivatives	in-plane and out-of-plane ring deformations (two bands)
570-530 (vs)	SO ₂ in sulfonyl chlorides	SO ₂ rocking
565-520 (s)	C-C=O in aldehydes	C-C=O bend
565-440 (w-m)	C _n H _{2n+1} in alkyl groups	chain deformation modes (two bands)
560-510 (s)	C-C=O in ketones	C-C=O bend
560-500 (s)	 in amino acids	 rocking
555-545 (s)	=CH ₂ in vinyl compounds	=CH ₂ twisting
550-465 (s)	C-C=O in carboxylic acids	C-C=O bend
545-520 (s)	naphthalenes	in-plane ring deformation
530-470 (m-s)	NO ₂ in nitro compounds	NO ₂ rocking
520-430 (m-s)	C-O-C in ethers	C-O-C bend
510-400 (s)	C-N-C in amines	C-N-C bend
490-465 (variable)	naphthalenes	out-of-plane ring bending
440-420 (s)	Cl-C=O in acid chlorides	Cl-C=O in-plane deformation
405-400 (s)	S-C≡N in thiocyanates	S-C≡N bend

Joseph B. Lambert, et al.
Introduction to Organic
Spectroscopy, Macmillan
 Publ. N.Y. (1987)

Ikatan	Tipe Senyawa	Daerah frekuensi (cm ⁻¹)	Intensitas
C - H	Alkana	2850 - 2970 1340 - 1470	Kuat Kuat
C - H	Alkena 	3010 - 3095 675 - 995	Sedang Kuat
C - H	Alkuna 	3300	Kuat
C - H	Cincin Aromatik	3010 - 3100 690 - 900	Sedang Kuat
O - H	Fenol, monomer alkohol, alkohol ikatan hidrogen, fenol	3590 - 3650 3200 - 3600	Berubah-ubah Berubah-ubah, terkadang melebar
	monomer asam karboksilat, ikatan hidrogen asam karboksilat	3500 - 3650 2500 - 2700	Sedang Melebar
N - H	Amina, Amida	3300 - 3500	Sedang
C=C	Alkena	1610 - 1680	Berubah-ubah
C=C	Cincin Aromatik	1500 - 1600	Berubah-ubah
C≡C	Alkuna	2100 - 2260	Berubah-ubah
C - N	Amina, Amida	1180 - 1360	Kuat
C≡N	Nitril	2210 - 2280	Kuat
C - O	Alkohol, Eter, Asam Karborsilat, Ester	1050 - 1300	Kuat
C=O	Aldehid, Keton, Asam Karboksilat, Ester	1690 - 1760	Kuat
NO ₂	Senyawa Nitro	1500 - 1570 1300 - 1370	Kuat Kuat

Sumber : *Principle of Instrumental Analysis*, Skoog, Holler, Nieman, 1998.

Lampiran 4. SNI Nomor 06-6989-16. 2009

SNI Nomor 06-6989-16. 2009 – Bagian 16 : Cara uji kadmium (Cd) dengan metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) – nyala.

SNI

Standar Nasional Indonesia

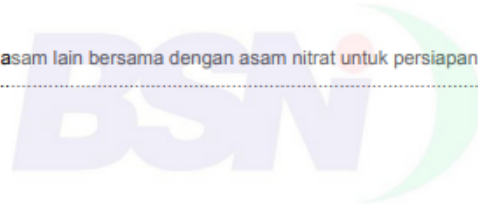
SNI 6989.16:2009

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

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

Daftar isi

Daftar isi.....	i
Prakata	ii
1 Ruang lingkup	1
2 Istilah dan definisi.....	1
3 Cara uji.....	2
4 Pengendalian mutu	5
5 Rekomendasi	5
Lampiran A (normatif) Pelaporan.....	6
Lampiran B (informatif) Pemakaian asam lain bersama dengan asam nitrat untuk persiapan contoh uji	7
Bibliografi.....	8
Tabel B.1 – Pemakaian asam lain bersama dengan asam nitrat untuk persiapan contoh uji	7



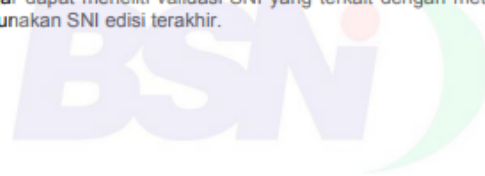
SNI 6989.16:2009

Prakata

Standar Nasional Indonesia (SNI) ini merupakan hasil revisi dari SNI 06-6989.16-2004, *Air dan air limbah – Bagian 16: Cara uji kadmium (Cd) dengan metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) – nyala*. SNI ini menggunakan referensi dari metode standar internasional yaitu *Standard Methods for the Examination Of Water and Wastewater 21 th Edition*, editor L.S.Clesceri, A.E.Greenberg, A.D.Eaton, APHA, AWWA and WPCF, Washington DC (2005). SNI ini telah melalui uji coba di laboratorium pengujian dalam rangka validasi dan verifikasi metode serta di konsensuskan oleh Subpanitia Teknis 13-03-S1, *Kualitas Air* dari Panitia Teknis 13-03, *Kualitas Lingkungan dan Manajemen Lingkungan* dengan para stakeholder terkait.

SNI ini telah disepakati dan disetujui dalam rapat konsensus dengan peserta rapat yang mewakili produsen, konsumen, pakar, dan pemerintah terkait pada tanggal 11 September 2007 di Serpong dan telah melalui konsensus nasional Jajak Pendapat pada tanggal 11 Juni 2008 sampai dengan 11 Agustus 2008.

Dengan dirumuskannya SNI ini, maka penerapan SNI 06-6989.16-2004, dinyatakan tidak berlaku lagi. Pemakai SNI agar dapat meneliti validasi SNI yang terkait dengan metode ini, sehingga dapat selalu menggunakan SNI edisi terakhir.



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 $\mu\text{S/cm}$.

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 pemanasan 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.

SNI 6989.16:2009

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 $\text{pH} \leq 2$.

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-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 kadmium (Cd) 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 ke dalam gelas piala 1000 mL, lalu tambahkan air bebas mineral hingga 1000 mL dan homogenkan.
- g) Udara tekan HP atau udara tekan dari kompresor.

3.3 Peralatan

- a) Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)-nyala.
- b) Lampu katoda berongga (*Hollow Cathode Lamp/HCL*) kadmium.
- c) Gelas piala 100 mL dan 250 mL.
- d) 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.
- m) Labu semprot.

3.4 Pengawetan contoh uji

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

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

3.5 Persiapan pengujian

3.5.1 Persiapan contoh uji 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 6989.16:2009

3.5.4 Pembuatan larutan baku logam kadmium 10 mg Cd/L

- a) Pipet 10,0 mL larutan induk 100 mg Cd/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 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:

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

CATATAN 1 Salah satu cara optimasi alat dengan uji sensitivitas.

CATATAN 2 Tambahkan *matrix modifier* 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 228,8 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) < 0,995, periksa kondisi alat dan ulangi langkah pada butir 3.6.1 b) sampai dengan c) hingga diperoleh nilai koefisien $r \geq 0,995$.

3.6.2 Cara uji

Uji kadar kadmium dengan tahapan sebagai berikut:

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

3.7 Perhitungan

Kadar logam kadmium (Cd) dihitung sebagai berikut:

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

Keterangan:

C adalah kadar yang didapat hasil pengukuran (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) Perhitungan 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 % sampai dengan 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 % 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:

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

- 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*) (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.

- j) 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

- a) Lakukan analisis *blind sample*.
- b) Buat *control chart* untuk akurasi dan presisi analisis.

SNI 6989.16:2009

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, triplo dan seterusnya.
- 5) Rekaman kurva kalibrasi atau kromatografi.
- 6) Nomor contoh uji.
- 7) Tanggal penerimaan contoh uji.
- 8) Rekaman hasil perhitungan.
- 9) Hasil pengukuran persen *spike matrix* atau standar kerja dan CRM atau *blind sample* (bila dilakukan).
- 10) Kadar analit dalam contoh uji.



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

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

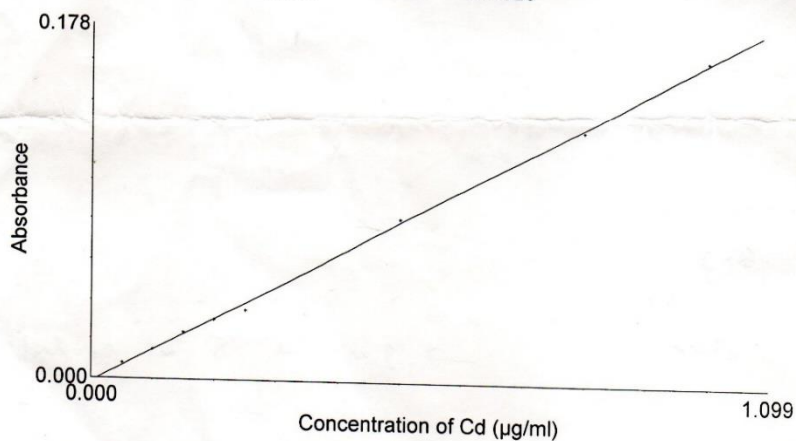
Asam	Disarankan untuk analisis	Bisa berguna untuk contoh uji	Tidak disarankan untuk analisis
HCl	Ag	Sb, Ru, Sn	Th, Pb
H ₂ SO ₄	Ti	-	Ag, Pb, Ba
HClO ₄	-	mengandung bahan organik	-
HF	-	mengandung silika	-



Lampiran 5. Hasil Uji AAS

Results File D:\GBC AAS\2023\Mahasiswa\Cd_23 Mei 2023.res
 Analysis
 Filename C:\Program Files\GBC Avanta Ver 2.02\Analysis1.anl
 Element Cd,
 Date Tue May 23 10:22:01 2023
 Full Calibration
 Calibration Mode Linear Least Squares Max Error : 0.0215 R² : 0.9991
 Conc = 0.0119 + 6.1368 * Abs

Sample Label	Conc. (µg/ml)	%RSD	Mean Abs.	Replicates
Table Blank	-----	-----	0.0000	
Standard 4	0.050	-----	0.0075	
Standard 5	0.100	-----	0.0147	
Standard 6	0.150	-----	0.0235	
Standard 7	0.200	-----	0.0303	
Standard 8	0.250	-----	0.0353	
Standard 6	0.500	-----	0.0812	
Standard 7	0.800	-----	0.1270	
Standard 8	1.000	-----	0.1620	



Sample Label	Conc. (µg/ml)	%RSD	Mean Abs.	Replicates
Sample Blank	-----	7.63	0.0021	0.0019 0.0022 0.0020
sampel 1	0.457	1.87	0.0726	0.0723 0.0714 0.0741
sampel 2	0.599	2.72	0.0957	0.0944 0.0939 0.0987

Results File

D:\GBC AAS\2023\Mahasiswa\78. cd.res

Analysis

Filename

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

Element

Cd,

Date

Thu Jun 08 13:50:32 2023

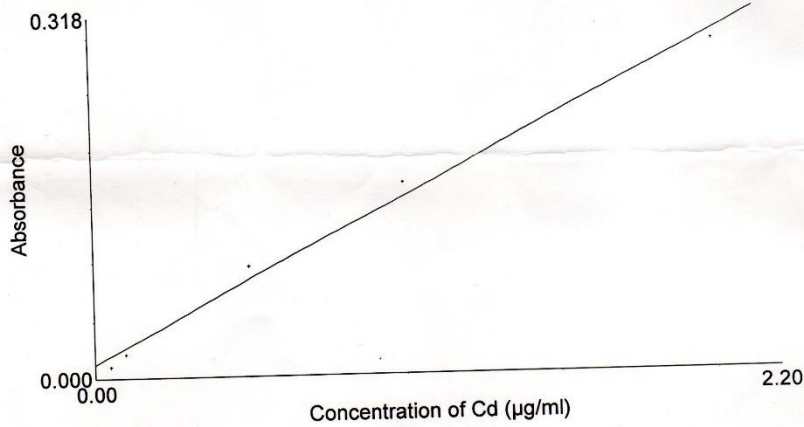
Full Calibration

Linear Least Squares Max Error : 0.0874 R² : 0.9912

Calibration Mode

Conc = -0.0875 + 6.9934 * Abs

Sample Label	Conc. (µg/ml)	%RSD	Mean Abs.	Replicates
Table Blank	-----	-----	0.0000	
Standard 1	0.050	-----	0.0102	
Standard 2	0.100	-----	0.0212	
Standard 3	0.500	-----	0.0951	
Standard 4	1.000	-----	0.1680	
Standard 5	2.000	-----	0.2900	



Sample Label	Conc. (µg/ml)	%RSD	Mean Abs.	Replicates
Sample Blank	-----	4.63	0.0037	0.0035 0.0038 0.0038
S1	1.200	0.97	0.1841	0.1825 0.1838 0.1860
S2	0.694	1.67	0.1118	0.1139 0.1112 0.1103
S3	0.536	2.27	0.0892	0.0915 0.0878 0.0882
S4	0.276	0.15	0.0520	0.0519 0.0521 0.0519
S5	0.199	1.92	0.0410	0.0414 0.0415 0.0401
S6	0.238	0.69	0.0466	0.0469 0.0462 0.0467
S7	1.171	1.60	0.1800	0.1773 0.1796 0.1830
S8	0.527	0.62	0.0878	0.0884 0.0878 0.0873
S9	0.602	0.79	0.0986	0.0978 0.0989 0.0993
S10	0.319	4.26	0.0581	0.0609 0.0572 0.0562
S11	0.071	4.75	0.0227	0.0239 0.0224 0.0218
S12	0.104	0.80	0.0273	0.0274 0.0271 0.0274
S13	1.318	2.23	0.2010	0.1959 0.2032 0.2041

Results File

D:\GBC AAS\2023\Mahasiswa\Cd_13 Juni 2023.res

Analysis

Filename

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

Element

Cd,

Date

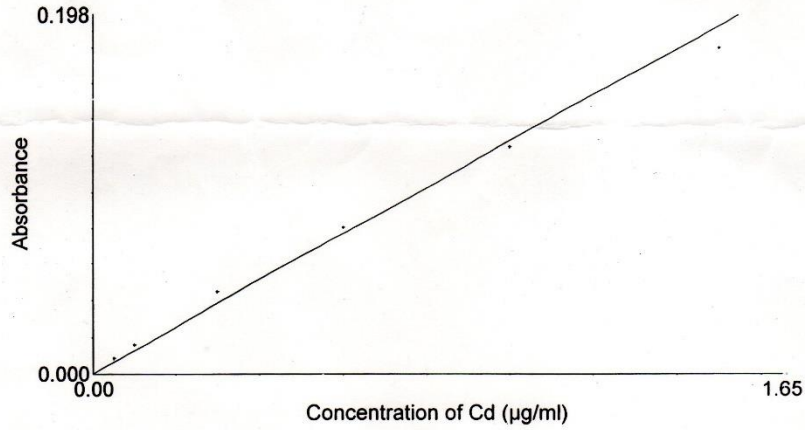
Tue Jun 13 13:56:21 2023

Full Calibration

Calibration Mode

Linear LS Through Zero Max Error : 0.0927 R² : 0.9980
 Conc = 7.8122 * Abs

Sample Label	Conc. (µg/ml)	%RSD	Mean Abs.	Replicates		
Cal Blank	-----	HIGH	0.0008	-0.0005	-0.0005	0.0034
Standard 1	0.050	16.20	0.0086	0.0074	0.0082	0.0101
Standard 2	0.100	9.99	0.0161	0.0165	0.0143	0.0175
Standard 3	0.300	1.13	0.0444	0.0438	0.0446	0.0447
Standard 4	0.600	2.67	0.0804	0.0796	0.0828	0.0788
Standard 5	1.000	2.38	0.1248	0.1254	0.1216	0.1275
Standard 6	1.500	0.38	0.1801	0.1799	0.1796	0.1809

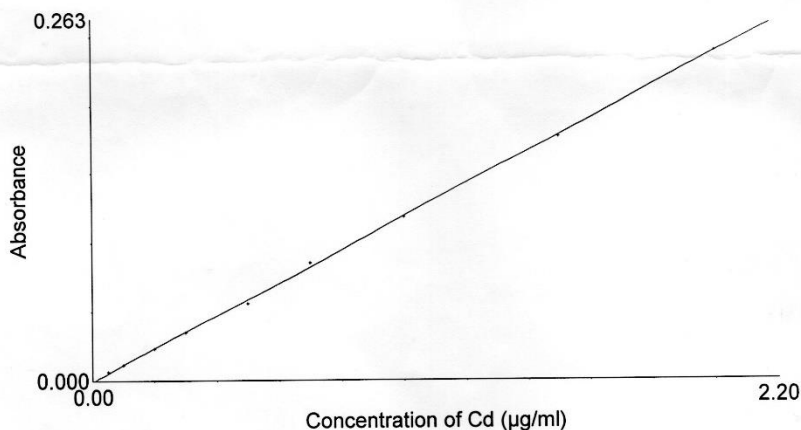


Sample Label	Conc. (µg/ml)	%RSD	Mean Abs.	Replicates		
Sampel 1	0.090	3.67	0.0115	0.0120	0.0111	0.0113
Sampel 2	0.076	5.01	0.0098	0.0099	0.0102	0.0093
Sampel 3	0.004	HIGH	0.0005	0.0020	0.0000	-0.0004
Sampel 4	0.003	HIGH	0.0004	-0.0003	0.0001	0.0015
Sampel 5	0.002	HIGH	0.0003	0.0009	-0.0009	0.0008
S1	0.362	0.63	0.0464	0.0464	0.0467	0.0461
S2	0.997	1.11	0.1276	0.1292	0.1264	0.1273
S3	0.721	3.09	0.0923	0.0904	0.0956	0.0909
S4	0.462	2.17	0.0591	0.0605	0.0589	0.0580
S5	0.044	HIGH	0.0056	0.0070	0.0058	0.0040
S6	0.023	HIGH	0.0030	0.0031	0.0050	0.0008
S7	0.060	12.52	0.0077	0.0084	0.0080	0.0066
S8	0.959	3.18	0.1227	0.1241	0.1183	0.1258

Sample Label	Conc. (µg/ml)	%RSD	Mean Abs.	Replicates		
S9	0.815	4.51	0.1043	0.1030	0.1095	0.1004
S10	0.443	2.56	0.0567	0.0582	0.0553	0.0566
S11	0.058	4.50	0.0075	0.0077	0.0076	0.0071
S12	0.003	HIGH	0.0003	0.0016	0.0004	-0.0009
S13	0.026	HIGH	0.0033	0.0042	0.0014	0.0043
S14	0.208	6.67	0.0266	0.0247	0.0270	0.0282
S15	0.310	6.61	0.0397	0.0427	0.0377	0.0388
S16	0.103	2.19	0.0132	0.0134	0.0128	0.0133
S17	0.061	19.43	0.0078	0.0094	0.0063	0.0077
S18	0.068	HIGH	0.0087	0.0083	0.0069	0.0109
S19	0.037	HIGH	0.0047	0.0035	0.0062	0.0043
S20	0.026	HIGH	0.0034	0.0023	0.0048	0.0031
S21	0.028	13.13	0.0036	0.0036	0.0041	0.0032
S22	0.015	HIGH	0.0019	0.0018	0.0005	0.0035

Results File D:\GBC AAS\2023\Mahasiswa\93 cd.res
 Analysis
 Filename C:\Program Files\GBC Avanta Ver 2.02\Analysis1.anl
 Element Cd,
 Date Fri Jun 23 09:40:11 2023
 Full Calibration
 Calibration Mode Linear Least Squares Max Error : 0.0273 R² : 0.9996
 Conc = 0.0119 + 8.3252 * Abs

Sample Label	Conc. (µg/ml)	%RSD	Mean Abs.	Replicates		
Cal Blank	-----	HIGH	-0.0010	-0.0024	-0.0004	-0.0004
Standard 1	0.050	7.56	0.0055	0.0052	0.0060	0.0054
Standard 2	0.100	5.69	0.0106	0.0100	0.0106	0.0112
Standard 3	0.200	6.28	0.0223	0.0235	0.0208	0.0228
Standard 4	0.300	5.59	0.0342	0.0337	0.0325	0.0363
Standard 5	0.500	4.94	0.0560	0.0583	0.0529	0.0566
Standard 6	0.700	0.41	0.0859	0.0860	0.0856	0.0863
Standard 7	1.000	3.48	0.1182	0.1146	0.1173	0.1227
Standard 8	1.500	0.83	0.1779	0.1766	0.1777	0.1795
Standard 9	2.000	0.62	0.2393	0.2379	0.2408	0.2391



Sample Label	Conc. (µg/ml)	%RSD	Mean Abs.	Replicates		
Sampel 1	0.078	8.69	0.0079	0.0083	0.0084	0.0071
Sampel 2	0.072	2.71	0.0073	0.0072	0.0075	0.0071
Sampel 3	0.320	0.89	0.0370	0.0371	0.0367	0.0374
Sampel 4	0.584	3.88	0.0687	0.0678	0.0666	0.0717
Sampel 5	1.370	1.42	0.1632	0.1634	0.1608	0.1654
Sampel 6	0.631	8.03	0.0744	0.0813	0.0703	0.0717
Sampel 7	0.125	18.98	0.0135	0.0165	0.0119	0.0122
Sampel 8	0.373	5.17	0.0434	0.0409	0.0439	0.0452
Sampel 9	0.572	2.94	0.0673	0.0683	0.0651	0.0687
Sampel 10	1.442	1.50	0.1717	0.1741	0.1690	0.1721

RIWAYAT HIDUP



Nama penulis adalah Ikhwanul Habib Al Habsy, biasa dipanggil habib, penulis lahir di Kota Bukittinggi pada tanggal 06 Juni 2001 dan besar di Nagari Balah Hilir, Lubuk Alung, Padang Pariaman, Sumatera Barat. Penulis merupakan putra pertama dari Bapak Jafrizal dan Ibu Asmimartati Anwar. Penulis menempuh pendidikan SD, SMP, SMA Negeri di Lubuk Alung dari tahun 2007 sampai 2019. Selanjutnya pada tahun 2019, penulis melanjutkan pendidikan di Universitas Islam Indonesia Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan dengan Program Studi Teknik Lingkungan.

Penulis juga aktif dalam beberapa organisasi, seperti organisasi keislaman LDF FTSP UII sebagai staff Departemen Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa periode 2019/2020. Selain itu, penulis juga aktif mengikuti organisasi jurusan, seperti HMTL FTSP UII sebagai Kepala Departemen Informasi dan Komunikasi periode 2021/2022.