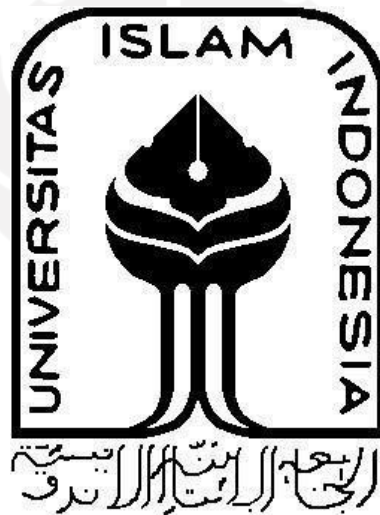


[TA/TL/2022/155]

TUGAS AKHIR

**EFEKTIFITAS ADSORBEN ARANG AKTIF DARI
AMPAS KOPI UNTUK MENGURANGI KANDUNGAN
KADMIUM (Cd) DALAM MEDIA AIR**

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



DIAN ANDAMARI

18513126

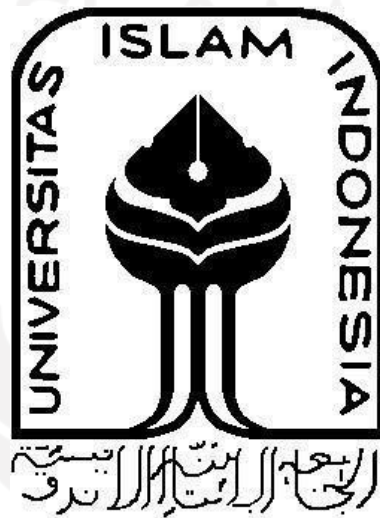
**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2022

TUGAS AKHIR

EFEKTIFITAS ADSORBEN ARANG AKTIF DARI AMPAS KOPI UNTUK MENGURANGI KANDUNGAN KADMIUM (Cd) DALAM MEDIA AIR

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



DIAN ANDAMARI
18513126

Disetujui,
Dosen Pembimbing:

Eko Siswoyo, ST., M.Sc.E.S., Ph.D.

NIK. 025100406

Tanggal: 22 Desember 2022

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

NIK. 155130112

Tanggal: 23 Desember 2022

Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII



Dr. Eng. Awaluddin Nurmivanto, S.T., M. Eng

NIK. 095130403

Tanggal: 23/12/2022



HALAMAN PENGESAHAN

**EFEKTIFITAS ADSORBEN ARANG AKTIF AMPAS
KOPI UNTUK MENGURANGI KANDUNGAN
KADMIUM (Cd) DALAM MEDIA AIR**

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Kamis

Tanggal : 22 Desember 2022

Disusun Oleh:

DIAN ANDAMARI

18513126

Tim Penguji :

Eko Siswoyo. ST., M.Sc.ES., Ph.D.

()

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

()

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

()

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

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

Yogyakarta, 22 Desember 2022

Yang membuat pernyataan,



Dian Andamari

NIM: 18513126



KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Pertama-tama penulis mengucapkan puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya. Shalawat serta salam tercurahkan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW serta para keluarga dan sahabatnya.

Alhamdulillahirabbil'alamin penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul: **“Efektifitas Adsorben Arang Aktif Ampas Kopi Dalam Mengurangi Kandungan Kadmium (Cd) Dalam Media Air”**. Laporan ini diajukan kepada Universitas Islam Indonesia (UII) Yogyakarta sebagai persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) di jurusan Teknik Lingkungan. Penyusunan Tugas Akhir ini dapat mudah terselesaikan berkat dorongan, motivasi, bantuan, bimbingan, do'a dan arahan dari berbagai pihak. Untuk itu, penulis mengucapkan banyak terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan segala bentuk kebaikan, kemudahan dan petunjuk-Nya yang mengilhami penulis menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Kedua orang tua penulis, Bapak Madiono dan Mama Sri Andayani yang telah mendukung, mendo'akan dan memotivasi penulis tiada henti. Sepertinya tiada kata yang mampu mewakili betapa berterimakasih dan bersyukur nya penulis atas jasa dan segala pengorbanan bapaka dan ibu untuk penulis.
3. Kakak penulis Pramita Niki Utami dan Mas Bowo serta keluarga besar yang telah menjadi penyemangat dan merupakan motivasi bagi penulis untuk dapat menyelesaikan pendidikan S1 Teknik Lingkungan dengan sebaik mungkin.
4. Ibu Luthfia Isna Ardhayanti S.Si., M.Sc dan Bapak Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D sebagai dosen pembimbing saya yang telah banyak memberikan ilmu dan saran dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Ibu Puji Lestari, S.Si., M.Sc., Ph.D. dan Pak Yebi Yuriandala, S.T., M. Eng sebagai dosen penguji saya dan memberikan masukan bermakna bagi penulis sehingga dapat melaksanakan proses sidang dengan baik.

6. Alfina Nabila sebagai sahabat sekaligus partner saya dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, yang selalu membantu dan mengingatkan saya saat dalam segala keadaan.
7. Afah, Aprin, Birra, Ely, Icha, sahabat sahabat lain yang sanantiasa mendukung dan menghibur saya yang tidak bisa disebutkan satu persatu baik materi maupun moral sehingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.
8. Laily, Wardah, dan Cyntia sebagai sahabat yang selalu ada untuk saya dan selalu mendukung saya dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
9. Semua pihak yang telah bersedia membantu penulis dalam penyelesaian laporan tugas akhir ini.
10. Serta terimakasih sebanyak-banyaknya untuk diri saya sendiri, telah bertahan dalam menikmati proses panjang skripsi saya.

Penulis menyadari bahwa dalam laporan tugas akhir ini masih banyak kekurangan, baik karena keterbatasan ilmu yang dimiliki maupun karena penulis tidak luput dari salah dan khilaf. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kemajuan dan kebaikan bersama bagi penulis khususnya dan bagi pembaca. Semoga Tugas Akhir ini bisa bermanfaat bagi pembaca dan dapat menjadi referensi penelitian ilmiah selanjutnya.

Yogyakarta, 22 Desember 2022



Dian Andamari



ABSTRAK

DIAN ANDAMARI. Efektifitas Adsorben Arang Aktif Ampas Kopi Untuk Mengurangi Kandungan Kadmium (Cd) Dalam Media Air. Dibimbing oleh EKO SISWOYO, ST., M.Sc.E.S., Ph.D. dan Puji Lestari, S.Si., M.Sc., Ph.D..

Kadmium (Cd) merupakan salah satu logam berat yang terkandung dalam air limbah berbahaya karena bersifat toksik serta berbahaya bagi manusia dan lingkungan. Adsorpsi dipilih sebagai metode untuk menghilangkan ion Cd dalam air karena relatif sederhana dan dapat menggunakan adsorben bahan alam dari biomassa. Berkembangnya kedai kopi membuat sisa hasil ampas kopi semakin meningkat, sehingga perlu dimanfaatkan kembali untuk mengurangi ampas kopi yang dihasilkan. Dalam penelitian ini, ampas kopi digunakan sebagai adsorben untuk menghilangkan Cd dalam air. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisa karakteristik adsorben yang terbentuk, efektifitas penyisihan logam berat kadmium, kinetika adsorpsi, dan isoterm adsorpsi yang terjadi. Penelitian ini dilakukan berdasarkan uji lab dengan metode *batch* menggunakan orbital shaker dan studi literatur. Sifat adsorben diuji menggunakan instrumen FTIR dan SEM. Dari data uji karakteristik adsorben didapat kadar air sebesar 7%, sedangkan kadar abu sebesar 3,85%. Dalam hasil FTIR diketahui adanya gugus hidroksil (O-H) pada adsorben arang aktif ampas kopi. Hasil uji SEM menunjukkan perbandingan pori-pori permukaan adsorben dengan perbesaran 3000 kali. Hasil penelitian diperoleh efektifitas kondisi massa optimum 100 mg dengan efisiensi penyisihan Cd sebesar 52,46%, pH optimum 8 efisiensi penyisihan Cd sebesar 91,84%, waktu optimum 90 menit dengan efisiensi penyisihan Cd sebesar 68,26% dan konsentrasi optimum 75 ppm efisiensi penyisihan sebesar 94,48%. Kapasitas adsorben arang aktif ampas kopi adalah 136,986 mg/g. Proses adsorpsi yang terjadi mengikuti model pseudo orde pertama dengan model isoterm Langmuir.

Kata kunci: Adsorpsi, Ampas Kopi, Kadmium (Cd)

ABSTRACT

DIAN ANDAMARI. Effectiveness of Coffe Ground Activated Charcoal Adsorbent in Reduce Cadmium (Cd) Content in Water Media. Supervised by EKO SISWOYO, ST., M.Sc.ES., Ph.D. and Puji Lestari, S.Si., M.Sc., Ph.D..

Cadmium (Cd) is one of the heavy metals contained in hazardous wastewater because it is toxic and harmful to humans and the environment. Adsorption was chosen as a method for removing Cd ions in water because it is relatively simple and can use natural adsorbents from biomass. The development of coffee shops makes the remaining coffee grounds increase, so it needs to be reused to reduce the coffee grounds produced. In this study, coffee grounds were used as an adsorbent to remove Cd in water. The purpose of this study was to analyze the characteristics of the adsorbent formed, the effectiveness of the removal of heavy metal cadmium, adsorption kinetics, and the adsorption isotherm that occurred. This research was conducted based on lab tests with batch method using orbital shaker and literature study. The adsorbent properties were tested using FTIR and SEM instruments. From the test data the characteristics of the adsorbent obtained a water content of 7%, while the ash content of 3,85%. In the FTIR results, it is known that there is a hydroxyl group (O-H) on the adsorbent of activated charcoal coffee grounds. SEM test results show the ratio of the surface pores of the adsorbent with a magnification of 3000. The results obtained that the optimum mass condition of 100 mg with Cd removal efficiency of 52.46%, optimum pH 8 Cd removal efficiency of 91.84%, optimum time of 90 minutes with Cd removal efficiency of 68.26% and optimum concentration of 75 ppm removal efficiency by 94.48%. The adsorbent capacity of activated charcoal coffe grounds is 136,986 mg/g. The adsorption process that occurs follows a pseudo first-order model with the Langmuir isotherm model.

Keywords: *Adsorption, Coffe Grounds, Cadmium (Cd)*



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

الجامعة الإسلامية
الاستدراكية
الاندونيسية

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	
viii	
ABSTRAK	xi
ABSTRACT	xii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Ruang Lingkup	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pencemaran Logam Berat di Perairan	5
2.2 Logam Kadmium (Cd)	5
2.3 Arang Aktif	6
2.4 Ampas Kopi	8
2.5 Adsorpsi	9
2.5.1 Klasifikasi Adsorpsi	9
2.5.2 Faktor yang Mempengaruhi Adsorpsi	10
2.5.3 Kinetika Adsorpsi	11
2.6 Isoterm Adsorpsi	12
2.7 AAS (Atomic Absorption Spectrometry)	13
2.8 Fourier Transformed Infrared (FTIR)	14
2.9 Scanning Electron Microscop (SEM)	15
2.10 Penelitian Terdahulu	15
BAB III METODE PENELITIAN	19
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian	19
3.2 Alat dan Bahan	19
3.3 Variabel Penelitian	20
3.4 Prosedur Penelitian	21
3.4.1 Preparasi Adsorben	22
3.4.2 Karbonisasi Ampas Kopi	23
3.4.3 Aktivasi karbon ampas kopi	24
3.4.4 Karakterisasi karbon sebelum dan sesudah aktivasi	24
3.5 Proses Adsorpsi	27
3.5.1 Penentuan Variasi massa optimum	27

3.5.2 Penentuan Variasi pH Optimum	28
3.5.3 Penentuan Variasi Waktu Kontak	28
3.5.4 Penentuan Variasi Konsentrasi	29
3.6 Analisis Data	30
BAB IV	31
HASIL DAN PEMBAHASAN	31
4.1 Karakterisasi Adsorben	31
4.1.1 Karakteristik arang aktif ampas kopi	31
4.1.2 Karakteristik FTIR (Fourier Transform Infra-Red)	32
4.1.2 Karakteristik SEM (Scanning Electron Microscopy)	34
4.2 Karakteristik arang aktif terhadap uji variasi	35
4.2.1 Uji Variasi Massa	35
4.2.2 Uji Variasi pH	37
4.2.3 Uji Variasi Waktu	39
4.2.4 Uji Variasi Konsentrasi	41
4.3 Analisis Kinetika Adsorpsi	42
4.4 Analisis Isoterm Adsorpsi	44
4.4.1 Isoterm Langmuir	45
4.4.2 Isoterm Freundlich	46
SIMPULAN DAN SARAN	49
5.1 Simpulan	49
5.2 Saran	49
DAFTAR PUSTAKA	51
LAMPIRAN	57
RIWAYAT HIDUP	107

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Hasil Uji Karakteristik Arang Aktif	31
Tabel 4.2 Interpretasi Gugus Fungsi Adsorben Ampas kopi, Arang Ampas Kopi, dan Arang Aktif Ampas Kopi	33
Tabel 4.3 Data Variasi Massa Adsorben Arang Aktif Ampas Kopi	36
Tabel 4.4 Data Percobaan Variasi pH Adsorben Arang Aktif Ampas Kopi	38
Tabel 4.5 Hasil Uji Variasi Konsentrasi Adsorben Arang Aktif Ampas Kopi	41
Tabel 4.6 Parameter Model Kinetika Adsorpsi	44
Tabel 4.7 Data Penentuan Konstanta Langmuir Adsorben Arang Aktif Ampas Kopi	45
Tabel 4.8 Data Penentuan Konstanta Freundlich Arang Aktif Ampas Kopi	47
Tabel 4.9 Parameter Model Isoterm Adsorpsi	48

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Spesifik Spesifikasi Logam Berat Cd (II) Dalam Air	6
Gambar 3. 1 Alur Penelitian	22
Gambar 3. 2 Diagram Alir Preparasi Ampas Kopi	23
Gambar 3. 3 Karbonisasi Ampas Kopi	23
Gambar 3. 4 Aktivasi Karbon Ampas Kopi	24
Gambar 3. 5 Diagram Alir Pengujian Kadar Air Karbon Ampas Kopi	25
Gambar 3. 6 Diagram Alir Pengujian Kadar Abu Karbon Ampas Kopi	26
Gambar 3. 7 Diagram Alir Penentuan Massa Optimum	27
Gambar 3. 8 Diagram Alir Penentuan pH Optimum	28
Gambar 3. 9 Diagram Alir Penentuan Waktu Optimum	29
Gambar 3. 10 Diagram Alir Penentuan Konsentrasi Optimum	29
Gambar 4. 1 Hasil Uji FTIR	32
Gambar 4. 2 (a) Permukaan Adsorben Ampas Kopi Perbesaran 3000 kali (b) Permukaan Adsorben Arang Ampas Kopi dengan Perbesaran 3000 kali (c) Permukaan Adsorben Arang Ampas Kopi Teraktivasi dengan Perbesaran 3000 kali	34
Gambar 4. 3 Grafik Hubungan Varian Massa terhadap Adsorpsi Cd	36
Gambar 4. 4 Grafik Hubungan Nilai pH dengan % Removal	38
Gambar 4. 5 Grafik Hubungan Waktu Kontak dengan % Removal	40
Gambar 4. 6 Hubungan Variasi Konsentrasi Arang Aktif Ampas Kopi Terhadap Persentase (%) Removal	42
Gambar 4. 7 Grafik Kinetika Adsorpsi Pseudo Orde Pertama	43
Gambar 4. 8 Grafik Kinetika Adsorpsi Pseudo Orde Kedua	43
Gambar 4. 9 Kurva Kalibrasi isotherm Langmuir Adsorben Arang Aktif Ampas	46
Gambar 4. 10 Kurva Kalibrasi isotherm Freundlich Adsorben Arang Aktif Ampas Kopi	47

LAMPIRAN

Lampiran 1 Perhitungan	57
Lampiran 2 Data Karakteristik FTIR	63
Lampiran 3 Dokumentasi	67
Lampiran 4 Tabel Korelasi Gugus Fungsi	68
Lampiran 5 SNI Cara Uji Kadmium Secara AAS	73
Lampiran 6 SNI tentang Arang Aktif Teknis	86



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Logam berat merupakan zat pencemar yang berbahaya karena bersifat toksik. Keberadaan logam berat apabila dalam jumlah besar dapat mempengaruhi aspek ekologis maupun aspek biologis perairan. Menurut Hananingtyas (2017), logam berat termasuk dalam kelompok zat pencemar berbahaya karena bersifat tidak dapat terurai (non-degradable) dan mudah diadsorpsi. Salah satu jenis logam berat berbahaya tersebar luas dalam dosis tinggi adalah Kadmium (Cd). Berbagai bentuk logam Cd dan senyawa lainnya dapat juga masuk ke lingkungan, terutama sebagai efek samping dari aktivitas manusia dan semua kegiatan industri yang menggunakan Cd sebagai sumber paparan yang mudah terserap masuk ke dalam tanah (sedimen) maupun badan air.

Berdasarkan keputusan Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 tentang baku mutu logam Cd di badan air adalah 0,01 ppm. Logam Cd memiliki sifat persisten, non-biodegradable, terakumulasi dalam sistem pencernaan, dan mengganggu proses metabolisme makhluk hidup (Alaswad dkk., 2020). Pada manusia, kadmium bisa mengakibatkan penyakit akut dan berbahaya diantaranya seperti kerusakan pada ginjal, emfisema, dan hipertensi. Logam berat dapat mempengaruhi kehidupan organisme di lingkungan jika keberadaannya melebihi ambang batas.

Beberapa metode yang dapat digunakan untuk mengurangi konsentrasi ion logam dalam air limbah antara lain adsorpsi, pengendapan, pertukaran ion dengan resin, dan filtrasi. Di antara metode tersebut, adsorpsi adalah metode yang paling umum digunakan karena memiliki konsep yang lebih sederhana dan ekonomis (Suhud dkk., 2012). Adsorpsi merupakan suatu metode untuk mengurangi logam berat khususnya Cd dalam air limbah dengan menggunakan adsorben. Limbah organik merupakan salah satu bahan yang dapat digunakan sebagai adsorben.

Penggunaan limbah organik dalam bentuk biosorben atau arang aktif terbukti dapat digunakan sebagai bahan untuk mengurangi pencemaran logam berat pada air limbah (Moelyaningrum, 2018). Arang aktif merupakan senyawa karbon

berbentuk serbuk dan butiran hitam dengan ciri berpori lebar dan dalam jumlah banyak. Arang aktif dapat digunakan dalam berbagai aplikasi termasuk sebagai penghilang warna, penghilang rasa, penghilang bau dan agen pemurni dalam industri makanan. Selain itu, arang aktif juga banyak digunakan dalam proses penjernihan air baik untuk pengolahan air minum maupun air limbah (Noer dkk., 2015) .

Arang aktif dapat dibuat dari ampas kopi sebagai bahan organik yang dapat digunakan sebagai adsorben atau penyerap karena bahan tersebut mengandung karbon. Menurut penelitian yang dilakukan (Caetano dkk., 2012), menjelaskan bahwa kandungan ampas kopi meliputi total karbon sebesar 47,8-58,9%, total nitrogen sebesar 1,9- 2,3%, abu sebesar 0,43- 1,6%, dan selulosa 8,6%. Kandungan karbon yang tinggi dari ampas kopi dapat digunakan sebagai pengganti batu bara dalam produksi karbon aktif atau arang. Dimana, ketersediaan batu bara dari tahun ke tahun semakin berkurang (Fernianti, 2013).

Kemampuan kapasitas adsorpsi karbon aktif ampas kopi dapat ditingkatkan dengan proses aktivasi. Aktivasi dapat dicapai dengan pemanasan pada suhu tinggi dan penambahan larutan kimia. Sebuah penelitian sebelumnya oleh Verayana dkk., (2013) menunjukkan bahwa arang aktif dari tempurung kelapa yang diaktivasi larutan kimia lebih unggul daripada tidak diaktivasi karena memiliki kadar air, kadar abu, luas permukaan, keasaman permukaan, dan kapasitas adsorpsi yang lebih baik.

Pada penelitian kali ini, menggunakan tiga jenis ampas kopi yaitu arabika, robusta, dan liberica yang akan diubah menjadi arang aktif menggunakan HCl 0,1 M sebagai penyerap logam berat Kadmium (Cd). Diketahui arang aktif dapat menyerap kontaminan anorganik (Utomo, 2015). Arang aktif umum digunakan sebagai adsorben karena memiliki sifat fleksibel, lebih efektif, luas permukaan yang besar dan kapasitas yang baik untuk menurunkan logam dan senyawa beracun lainnya (Salehi dkk., 2016). Penelitian ini untuk mengetahui kualitas arang aktif dari ampas kopi yang meliputi kualitas kadar air dan kadar abu. Serta menentukan massa, pH, waktu kontak, dan konsentrasi optimal arang aktif ampas kopi dan efisiensi removal adsorben terhadap penurunan logam Cd.

1.2 Perumusan Masalah

Pada penelitian ini, perumusan masalah yang ingin diselesaikan diantaranya sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik dari adsorben arang aktif ampas kopi yang dihasilkan?
2. Bagaimana efektifitas arang aktif ampas kopi dalam menyerap kadmium dengan variasi massa, pH, waktu kontak, dan konsentrasi beragam?
3. Bagaimana kinetika adsorpsi dan isoterm adsorpsi yang terjadi?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dengan tujuan sebagai berikut:

1. Menganalisis karakteristik arang ampas kopi yang teraktivasi HCl 0,1 M
2. Menganalisis efektifitas arang ampas kopi sebagai adsorben dengan uji variasi massa, pH, waktu kontak, dan konsentrasi.
3. Mengidentifikasi kinetika adsorpsi dan isoterm adsorpsi yang terjadi.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Mengurangi limbah ampas kopi yang dapat digunakan sebagai arang aktif
2. Memberi informasi mengenai kemampuan penyerapan logam Cd dalam air menggunakan ampas kopi
3. Memberi informasi mengenai model kinetika adsorpsi penyerapan logam Cd
4. Sebagai referensi untuk penelitian lanjutan yang dapat memudahkan pengaplikasian ampas kopi dalam kasus pencemaran air.

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup yang menjadi fokus dalam pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan di Laboratorium Kualitas Air Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia jalan Kaliurang KM 14,5.

2. Ampas kopi berasal dari Cafe Umpama gabungan dari tiga jenis robusta, arabika, dan liberika yang berlokasi di Krawitan, Umbulmartani, Kec. Ngemplak, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55584.
3. Pengujian adsorpsi logam berat Cd dilakukan dengan memperhatikan aspek massa adsorben, pH larutan, waktu kontak, dan konsentrasi Cd.
4. Metode aktivasi dilakukan dengan HCl 0,1 M berdasarkan metode (Alfiany dkk, 2013).
5. Menggunakan air limbah sintesis (buatan) yang mengandung ion logam kadmium, dengan metode uji berdasarkan SNI 6989.16:2009 tentang Cara uji kadmium (Cd) secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) – nyala.
6. Pengujian adsorben terhadap karakteristik gugus fungsi penelitian ini menggunakan Fourier Transform Infrared (FTIR)
7. Pengujian gambaran permukaan adsorben menggunakan instrumen Scanning Electron Microscope (SEM).

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pencemaran Logam Berat di Perairan

Jenis pencemar lingkungan di perairan yang paling umum ditemukan salah satunya adalah logam berat. Pencemaran logam berat masuk ke lingkungan perairan, seperti sungai akan terlarut dalam perairan dan akan terakumulasi dalam sedimen dan dapat meningkat seiring berjalannya waktu, tergantung kondisi badan air (Wulan dkk., 2013). Adanya dampak negatif dari penggunaan air tersebut yang mengandung logam berat terhadap manusia dan organisme yang ada di dalam sungai. Logam berat yang terkandung pada organisme menunjukkan adanya sumber logam berat berasal dari alam atau aktivitas manusia (Mohiuddin dkk., 2011).

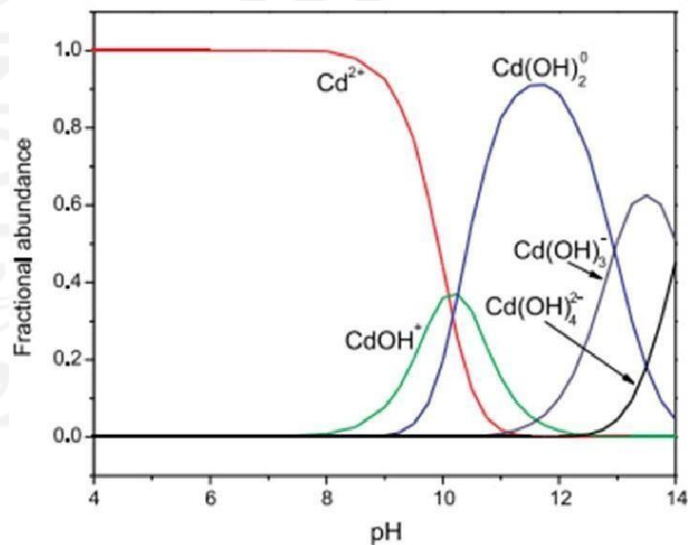
Pencemaran logam berat di lingkungan perairan dapat disebabkan oleh kegiatan alam atau industri. Pencemaran logam berat dapat disebabkan oleh pelapukan batuan pada cekungan perairan atau aktivitas gunung berapi. Pencemaran logam berat dapat disebabkan oleh limbah industri maupun limbah rumah tangga (domestik) seperti sampah-sampah metabolik, korosi pipa-pipa air yang mengandung Cd dan Co. Logam berat dapat terakumulasi dalam sedimen karena mengikat senyawa organik dan anorganik melalui proses adsorpsi dan pembentukan senyawa kompleks. Logam berat seperti Cd dan Co yang masuk ke badan air akan mengalami pengendapan yang dikenal dengan istilah sedimentasi (Palar, 2008).

2.2 Logam Kadmium (Cd)

Logam berat merupakan unsur penting yang dibutuhkan oleh organisme hidup. Komponen ini tidak dapat didegradasi (*non degradable*) maupun dihancurkan. Salah satu jenis logam berat berbahaya adalah kadmium (Cd) karena berisiko tinggi terhadap pembuluh darah. Logam Cd memiliki kemampuan untuk terakumulasi. Logam ini akan diserap oleh tubuh manusia yang akan menggumpal di ginjal dan hati dan dikeluarkan melalui saluran

pencernaan. Keracunan kadmium dapat mempengaruhi otot polos pembuluh darah. Akibatnya, membuat tekanan darah meningkat yang kemudian dapat menyebabkan terjadinya gagal jantung dan kerusakan ginjal (Sharma dkk., 2015).

Dalam air, Cd hanya sedikit dan tidak bereaksi dengan H₂O, melainkan hanya terhidrasi sebagai ion kompleks berikatan dengan CO₃²⁻, Cl⁻ dan SO₄²⁻. Keberadaan ion Cd²⁺ di dalam air tergantung pada kadar garam dan keasaman (pH). Air dengan kadar garam dan alkalinitas tinggi akan mempercepat spesiasi ion Cd²⁺ yaitu dengan membentuk pasangan ion (Anwar, 2014). Pada pH yang lebih tinggi, gugus aktif akan mengalami deprotonisasi dan cenderung bermuatan negatif dan diiringi dengan meningkatnya konsentrasi ion OH⁻ dalam larutan. Seiring dengan peningkatan konsentrasi ion OH⁻ akan menyebabkan terjadinya kompetisi antara situs aktif pada permukaan adsorben dengan ion OH⁻ untuk berikatan dengan ion logam. Jumlah ion yang menurun disebabkan oleh penurunan pada pH yang semakin tinggi dan juga karena ion-ion logam mulai mengendap dengan adanya OH⁻ sesuai dengan nilai K_{sp} dan spesiasi dari masing-masing logam. Spesiasi logam berat Cd(II) dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Spesifikasi Logam Berat Cd (II) Dalam Air

2.3 Arang Aktif

Arang aktif adalah padatan berpori yang mengandung 85-95% karbon dan memiliki luas permukaan yang sangat tinggi. Penggunaan biomassa

sebagai bahan baku dengan proses pemanasan pada suhu tinggi untuk menghasilkan arang aktif. Setelah proses karbonisasi, arang dirubah menjadi arang aktif melalui proses aktivasi untuk menghilangkan senyawa kimia yang menutupi permukaan arang sehingga pori-pori di dalamnya membesar. Karbon aktif dapat diaktifkan dengan proses aktivasi fisika atau proses kimia (Sahara, 2017).

Pemilihan jenis aktivator mempengaruhi kualitas karbon aktif. Setiap jenis aktivator memiliki pengaruh atau dampak yang berbeda terhadap luas permukaan pori dan volume karbon aktif yang dihasilkan. Proses penyerapan dari arang aktif dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Efektifitas adsorpsi arang aktif

No.	Arang Aktif	Adsorpsi	Efektifitas Penyerapan (%)	Referensi
1.	Kayu	Logam Cd	49,87	(Ida & Wahyuningsih, 2018)
2.	Bonggol Jagung	Logam Pb	76,27	(Khoirunnisa & Wahyuningsih, 2015)
3.	Biji Kapuk	Kadar COD	73,28	(Siregar dkk., 2015)
4.	Ampas Kopi	Kadar COD	92,50	(Nurhidayanti dkk., 2020)
5.	Cangkang Kelapa Sawit	Kadar TSS	97	(Widayatno dkk., 2017)
6.	Ampas Teh	Kadar Cd	92,50	(Suwazan dkk., 2022)

Arang aktif dapat dibuat dari berbagai sumber karbon salah satunya yaitu ampas kopi. Pembuatan arang aktif dilakukan dengan menambahkan bahan kimia melalui proses aktivasi. Arang aktif dapat diaktifkan dengan berbagai cara dan memberikan pengaruh yang berbeda-beda pada volume pori dan luas permukaan yang dihasilkan (Yuningsih dkk., 2016). Bahan yang mengandung karbon dapat diolah menjadi karbon aktif menggunakan proses khusus untuk mendapatkan luas permukaan yang besar. Semakin besar ukuran

pori dan luas permukaan karbon aktif, semakin banyak bahan kimia yang dapat diserapnya.

2.4 Ampas Kopi

Ampas kopi merupakan residu yang diperoleh selama proses penyeduhan bubuk kopi dengan air panas. Satu ton biji kopi menghasilkan 650 kg ampas kopi (Mussatto dkk., 2011). Setiap tahun konsumsi kopi di Indonesia mengalami peningkatan menurut data *International Coffe Organization (ICO)* konsumsi kopi di Indonesia mencapai 5 juta kantong berukuran 60 kilogram pada periode 2020/2021. Jumlah ini meningkat 4,004% dibandingkan pada periode sebelumnya yang sebesar 4,81 juta kantong berukuran 60 kg.

Dari pembuatan minuman kopi menghasilkan limbah padat dalam bentuk bubuk kopi yang sebagian besar limbahnya dibuang begitu saja ke tempat sampah. Padahal limbah ampas kopi dapat dimanfaatkan menjadi berbagai macam produk yang bermanfaat. Ampas kopi merupakan salah satu bahan yang murah dan mudah didapat sekaligus merupakan bahan organik yang dapat dibuat menjadi arang aktif untuk digunakan sebagai adsorben atau penyerap (Irmanto, 2009).

Berdasarkan penelitian Caetano (2012), ampas kopi mengandung 69,11% total karbon, 30,35% total oksigen, dan 0,54% kalium. Sedangkan menurut Ballesteros, dkk (2014), sampel ampas kopi kering terdapat kandungan material diantaranya hemiselulosa, lignin, selulosa, protein, nitrogen, lemak, dan abu. Diantaranya komposisi kimia pada ampas kopi bubuk dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Komposisi Kimia Ampas Kopi

Komponen	Kandungan (g/100g)
Selulosa	12,40
Hemiselulosa	39,10
a. Arabica	3,60
b. Mannosa	19,07
c. Galaktosa	16,43
Lignin	23,90

Lemak	2,29
Abu	1,30
Protein	17,44
Nitrogen	2,79

Sumber: (Ballesteros dkk., 2014)

2.5 Adsorpsi

Salah satu metode untuk menghilangkan kontaminan dari air limbah ialah adsorpsi. Adsorpsi adalah proses pengolahan air limbah yang menggunakan adsorben untuk mengikat atau menghilangkan komponen tertentu dalam larutan. Metode adsorpsi yang sering digunakan yaitu arang aktif karena memiliki daya adsorpsi yang tinggi. Penggunaan arang aktif menjadi alternatif terbaik untuk cara penanganan limbah karena ekonomis, sederhana, mudah dilakukan, dan cocok untuk zat yang beracun (Aisyahlia dkk., 2018). Dimana proses adsorpsi terjadi suatu proses ikatan kimia fisika antara substanti dengan penyerapnya. Terdapat 2 tipe adsorpsi diantaranya yaitu adsorpsi fisik dan adsorpsi kimia.

2.5.1 Klasifikasi Adsorpsi

Adsorpsi diklasifikasikan menjadi dua jenis berdasarkan interaksi molekuler antara situs permukaan adsorbat dan adsorben (Ashadi dkk., 2015)

a. Adsorpsi Fisik

Adsorpsi fisik disebabkan oleh gaya Van Der Waals atau gaya tarik menarik yang relatif lemah antara situs adsorben dan adsorbat. Adsorpsi ini terjadi ketika adsorbat diaplikasikan pada permukaan adsorben yang bersih. Hal ini memungkinkan adsorbat dapat berpindah dari satu bagian situs adsorben ke bagian lainnya, memungkinkan situs yang ditinggalkan dimasuki adsorbat lain.

b. Adsorpsi Kimiawi

Adsorpsi kimia ialah adsorpsi yang terjadi oleh adanya reaksi pembentukan ikatan ion dan kovalen antara adsorben dan molekul-molekul adsorbat. Lapisan yang terbentuk merupakan lapisan monolayer akibat dari ikatan yang kuat akibat interaksi adsorbat dan adsorben.

2.5.2 Faktor yang Mempengaruhi Adsorpsi

Ada terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi (Syauqiah dkk., 2011). Faktor-faktor ini antara lain adalah:

a. Luas Permukaan

Apabila luas permukaan adsorben semakin luas, maka akan semakin banyak zat yang diadsorpsi. Ukuran partikel dan jumlah adsorben menentukan luas permukaan total adsorben.

b. Jenis Adsorbat

Kapasitas adsorpsi ditingkatkan dengan meningkatkan polarisasi adsorbat. Molekul yang sangat terpolarisasi dapat tarik-menarik molekul selain yang tidak dapat membentuk dipol (non polar).

c. Struktur molekul adsorbat

Amino dan hidroksil dapat mengakibatkan berkurangnya kapasitas penyisihan, sedangkan nitrogen dapat meningkatkan kapasitas penyisihan.

d. Konsentrasi Adsorbat

Semakin tinggi konsentrasi adsorbat dalam larutan, maka semakin besar jumlah adsorbat yang berikatan dengan permukaan adsorben.

e. Temperatur

Dengan proses pemanasan dapat meningkatkan penyerapan adsorben sehingga pori-pori adsorben lebih terbuka. Namun, proses pemanasan yang berlebihan dapat merusak adsorben dan menurunkan kinerjanya pH Larutan.

f. pH

Pada pH larutan dipengaruhi oleh kelarutan ion logam. Kapasitas adsorpsi menurun pada kondisi asam. Adsorpsi yang buruk pada pH rendah disebabkan oleh banyaknya ion H^+ yang bersaing dengan kation untuk tempat adsorpsi pada permukaan adsorben.

g. Kecepatan Pengadukan

Kecepatan pengadukan yang lambat akan memperlambat proses

adsorpsi. Namun proses adsorpsi tersebut dapat kurang optimal apabila kecepatan yang terlalu cepat sehingga memungkinkan struktur adsorben dapat cepat rusak.

h. Waktu kontak

Kapasitas adsorpsi maksimum dari adsorben terjadi pada waktu kesetimbangan, maka waktu kontak harus ditentukan untuk mendapatkan kapasitas adsorpsi maksimum.

i. Waktu Kesetimbangan

Waktu kesetimbangan dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya jenis adsorben, ukuran dan fisiologi adsorben, ion-ion yang terlibat dalam sistem adsorpsi, dan konsentrasi ion logam.

2.5.3 Kinetika Adsorpsi

Kinetika adsorpsi merupakan studi yang digunakan untuk mengetahui kinetika absorpsi yang terjadi pada adsorben dan adsorbat guna mengetahui mekanisme proses adsorpsi dikemukakan suatu cara untuk mengetahui bagaimana laju penyerapan dan faktor-faktor yang mempengaruhinya (Fitriani dkk, 2016). Kinetika adsorpsi merupakan salah satu aspek yang sering digunakan, terutama untuk mengevaluasi karakteristik adsorben yang digunakan dalam remediasi lingkungan.

Ada beberapa model kinetika adsorpsi yang telah dikembangkan untuk digunakan sebagai sarana memprediksi kinetika adsorpsi suatu adsorbat pada adsorben tertentu. Beberapa model kinetika adsorpsi yaitu orde tingkat satu atau persamaan orde tingkat dua (Kaewasarn, 2008). Persamaan orde pertama dapat dituliskan:

$$\text{Log } (q_e - q_t) = \text{Log } (q_e) - \frac{K_1}{2,303} (t)$$

Dimana:

q_t : kapasitas logam teradsorpsi maksimal pada waktu t (mg N/g)

q_e : kapasitas logam teradsorpsi pada waktu kesetimbangan (mg N/g)

K_1 : konstanta laju reaksi pada orde pertama (1/menit)

Sedangkan untuk persamaan orde kedua dituliskan dengan persamaan:

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{K_2 q_e^2} + \frac{1}{q_e} (t)$$

Dimana:

q_t : jumlah gram padatan yang teradsorpsi oleh adsorben pada waktu tertentu (mg N/g)

q_e : jumlah gram padatan teradsorpsi oleh adsorben pada kesetimbangan (mg N/g)

K_2 : konstanta laju kesetimbangan reaksi pada orde kedua (1/menit)

2.6 Isoterm Adsorpsi

Isoterm adsorpsi menunjukkan hubungan antara jumlah zat yang teradsorpsi per satuan berat karbon aktif dan konsentrasi terlarutnya pada suhu tertentu atau konstan (Hasrianti, 2012). Konsentrasi dalam larutan mempengaruhi penyerapan spesifik ion logam, dan jika konsentrasinya bervariasi, kapasitas adsorpsi dapat ditentukan dengan adsorpsi isotermal. dikemukakan suatu cara untuk menemukan bagaimana laju penjerapan dan faktor-faktor yang mempengaruhinya.

Isoterm adsorpsi menggambarkan distribusi kesetimbangan tergantung konsentrasi ion logam antara larutan dan fase padat pada suhu konstan. Untuk mendapatkan data kesetimbangan, konsentrasi awal divariasikan dengan tetap menjaga massa adsorben konstan untuk setiap sampel. Model adsorpsi isotermal yaitu model isotermal Langmuir dan Freundlich digunakan untuk menguji hubungan data antara adsorben dengan konsentrasi larutan pada kesetimbangan (Nomanbhay & Palanisamy, 2005)

2.6.1 Isoterm Langmuir

Model isoterm Langmuir menggunakan pendekatan kinetik, artinya kesetimbangan terjadi Ketika laju adsorpsi sama dengan laju desorpsi. Asumsi yang digunakan dalam persamaan Langmuir adalah :

- a. Adsorpsi berlangsung secara kimiawi.
- b. Karna adsorben merupakan sistem dengan tingkat energi homogen sehingga afinitas molekul terjerap sama untuk tiap lokasi.
- c. Adsorben yang teradsorpsi membentuk lapisan tunggal (monolayer).
- d. Tidak ada interaksi antar molekul yang teradsorpsi.
- e. Molekul yang teradsorpsi pada permukaan adsorben tidak berpindah.

Adapun persamaan model Langmuir digunakan untuk menentukan kapasitas adsorpsi maksimum:

$$\frac{1}{Q_e} = \frac{1}{K_L \cdot Q_m} \cdot \frac{1}{C_e} + \frac{1}{Q_m}$$

Dimana:

Q_e : Kapasitas teradsorpsi dari adsorben saat kesetimbangan (mg/g)

C_e : Konsentrasi saat kesetimbangan (mg/L)

Q_m : Kapasitas adsorpsi (mg/g)

K_L : Konstanta Langmuir (mg/L)

2.6.2 Isoterm Freundlich

Isoterm Freundlich mengasumsikan bahwa luas permukaan adsorben bersifat heterogen, sehingga distribusi penempelan adsorbat bervariasi dari satu tempat ke tempat lain. Interaksi isotherm Freundlich mengasumsikan adanya interaksi fisika dan menjelaskan bahwa setiap molekul memiliki kemampuan adsorpsi yang berbeda dan tidak semua permukaan adsorpsi memiliki gaya yang sama. (Ma'rifat, 2014). Berikut merupakan persamaan Freundlich:

$$Q_e = K \cdot C_e^{\frac{1}{n}}$$

Dimana :

Q_e : Jumlah zat teradsorpsi setiap unit massa adsorben (mg/g)

C_e : Konsentrasi kesetimbangan zat teradsorpsi di fasa cair

K : Konstanta Freundlich yang berkaitan dengan kapasitas

$1/n$: Konstanta Freundlich yang berkaitan afinitas Adsorpsi

2.7 AAS (Atomic Absorption Spectrometry)

Metode AAS (Atomic Absorption Spectroscopy) ialah metode analisis kualitatif dan kuantitatif yang menggunakan pengukuran penyerapan cahaya dengan panjang gelombang tertentu oleh atom bebas. Keuntungan metode ini yaitu memiliki sensitivitas dan selektivitasnya yang tinggi, serta analisisnya yang relatif mudah (Amrin & Ardilla, 2013). Analisis AAS didasarkan pada proses penyerapan energi oleh atom-atom yang berada pada tingkat tenaga dasar (ground state). Adanya proses penyerapan energi tersebut akan mengakibatkan tereksitasinya elektron dalam kulit atom ke tingkat tenaga yang lebih tinggi (excited state).

Dari proses penyerapan radiasi tersebut mengakibatkan elektron dari atom-atom bebas tereksitasinya tidak stabil dan akan kembali ke keadaan semula

disertai dengan memancarkan energi radiasi dengan panjang gelombang tertentu dan karakteristik untuk setiap unsur. Proses teradsorpsi yang terkandung logam Cd^{2+} dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$q_e = \frac{(C_o - C_e)}{W} V$$

Dimana:

q_e : jumlah ion logam yang teradsorpsi (mg/g)

C_o : konsentrasi ion logam sebelum adsorpsi (mg/L)

C_e : konsentrasi ion logam setelah adsorpsi (mg/L)

V : volume larutan ion

Konsentrasi ion logam berat yang teradsorpsi dapat dihitung menggunakan persamaan-persamaan sebagai berikut

$$\text{Daya Adsorpsi \%} = \frac{C_o - C_e}{C_o} \times 100\%$$

Dimana:

C_o : konsentrasi ion logam sebelum adsorpsi (mg/L)

C_e : konsentrasi ion logam sesudah adsorpsi (mg/L)

q_e : jumlah ion logam yang teradsorpsi (mg/L)

V : volume larutan ion logam (L)

m : massa adsorben (gr) (Supriyantini dkk., 2018)

2.8 Fourier Transformed Infrared (FTIR)

Instrument yang digunakan untuk mendeteksi gugus, mengidentifikasi senyawa, dan menganalisis campuran sampel analitik tanpa merusak sampel yaitu Fourier Transformed Infrared (FTIR). FTIR memiliki rentang panjang gelombang dari inframerah dari spektrum elektromagnetik dimulai pada panjang gelombang 14000 cm^{-1} hingga 10^{-1} .

Adapun prinsip kerja FTIR adalah interaksi antara energi dan materi. Sinar inframerah memasuki sampel melalui celah. Celah digunakan untuk mengontrol jumlah energi yang dikirim ke sampel. Bagian dari radiasi infra merah kemudian diserap oleh sampel, sebagian ditransmisikan melalui permukaan sampel dan mencapai detektor, di mana sinyal pengukuran di pindahkan ke komputer dan direkam dalam bentuk puncak (Sari & Fajri, 2018).

Spektrofotometer FTIR merupakan alat yang dapat digunakan untuk identifikasi kualitatif dan kuantitatif senyawa kimia, khususnya senyawa organik. Analisis kualitatif menggunakan spektroskopi FTIR umumnya digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi yang ada dalam senyawa yang dianalisis dalam sampel.

2.9 Scanning Electron Microscop (SEM)

Scanning Electron Microscope (SEM) ialah jenis mikroskop elektron yang menggambar spesimen dengan memindai berkas elektron yang berenergi tinggi dalam pola raster. Elektron memiliki daya resolusi yang lebih tinggi daripada cahaya. Cahaya hanya dapat mencapai 200 nm, tetapi elektron dapat mencapai resolusi hingga 0,1-0,2 nm. Elektron berinteraksi dengan atom dan sampel menghasilkan sinyal berisi informasi mengenai topografi permukaan, komposisi dan sifat lain seperti konduktivitas listrik.

Prinsip kerja SEM ialah cahaya elektron menghasilkan berkas elektron, yang dipercepat melalui anoda. Kemudian lensa magnetik memfokuskan elektron menuju ke sampel. Sebuah sinar elektron yang terfokus akan memindai keseluruhan sampel dengan diarahkan oleh koil pemindai. Berkas elektron ini mengenai sampel dan memancarkan serangkaian elektron dan sinar-X. Detektor mengumpulkan sinar-X dan elektron (elektron sekunder dan elektron hamburan balik) dan mengubahnya menjadi sinyal yang ditransmisikan ke layar (Wijayanto, 2014).

2.10 Penelitian Terdahulu

Pemanfaatan ampas kopi yang teraktivasi digunakan sebagai adsorben juga pernah dilakukan oleh beberapa penelitian terdahulu. Adapun penelitian yang telah dilakukan sebelumnya terangkum pada Tabel 2.3

Tabel 2.3 Penelitian Terdahulu

No.	Judul Penelitian	Pengarang	Tahun	Hasil Penelitian
1.	<i>Commercial Coffee Wastes as Materials for Adsorption of Heavy Metals from Aqueous Solutions</i>	G. Kyzas	2012	Penggunaan adsorben ampas kopi dapat mengadsorpsi logam

				Cu dan Cr konsentrasi 50 ppm sebesar 76% dan 62% dengan perlakuan kondisu optimum pH 5, kecepatan optimum agitasi 140 rpm, waktu kontak 24 jam, dan suhu dijaga 25°C
2.	Kapasitas adsorpsi maksimum ion Pb (II) oleh arang aktif ampas kopi teraktivasi HCl dan H ₃ PO ₄	Imawati dan Adhitiyawardman	2015	Karakteristik arang ampas kopi teraktivasi HCl menghasilkan 302,1308 mg/g (penyerapan iodium). Aktivasi dengan H ₃ PO ₄ menghasilkan 344,2158 mg/g (penyerapan iodium), pH optimum 4, waktu kontak 30 menit, dan kecepatan pengadukan 60 rpm. Kapasitas adsorpsi maksimum arang aktif ampas kopi yang diaktivasi dengan HCl dan H ₃ PO ₄ berturut-turut sebesar 3,3255 mg/g dan 2,609 mg/g.
3.	<i>Activation and characterization of waste coffee grounds as bio-sorbent</i>	Mariana, dkk.	2018	Ampas kopi yang diaktivasi dalam larutan HCl 0,1 M didapatkan hasil karbon aktif dari ampas kopi dengan

				ukuran pori sebesar 1,592 μm , kadar air 6,38% dan kadar abu 1,05%. Daya serap iodin dari karbon aktif sebesar 856,58 mg/gr.
4.	Penyerapan limbah cair amonia menggunakan arang aktif ampas kopi	Aman, dkk.	2018	Ampas kopi dilakukan aktivasi menggunakan HCl 0,1 M. Berdasarkan penelitian terkait analisa morfologi menggunakan SEM menunjukkan penebalan dinding pori adsorben yang mengindikasikan adsorpsi amonia. Variabel yang digunakan adalah waktu kontak 120 menit dan massa adsorben 0,4 gram. Dari pendekatan isoterm Freundlich, R^2 adalah 0,9316.
5.	Pembuatan Adsorben Dari Ampas Biji Kopi Sebagai Arang Aktif Untuk Penyerapan Zat Warna Rhodamin B	Pradhana, dkk.	2021	Ampas kopi terlebih dahulu melalui pemanasan kemudian dilakukan aktivasi kimia dengan menggunakan aktivator H_3PO_4 dan H_2SO_4 . Hasil uji kualitas

				<p>karbon aktif biji kopi meliputi kadar air (9,09%; 3,32; dan 3,84%) dan kadar abu (5,21%; 2,32; dan 3,08%). Waktu pemaparan optimal ditentukan menjadi 45 menit. Untuk menentukan massa optimum adalah 0,2 gram, untuk menentukan pH optimum yaitu pH 7, dan untuk menentukan kapasitas adsorpsi maksimum adalah 4,43 mg/g. 0,46 mg/g dan 0,58 mg/g.</p>
--	--	--	--	--

BAB III

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen di laboratorium. Ampas kopi akan di uji coba dengan tahapan diantaranya preparasi adsorben, aktivasi adsorben secara kimia, uji karakterisasi awal, adsorpsi, uji karakterisasi akhir, hingga didapatkan data kondisi optimum oleh adsorben arang aktif ampas kopi untuk menyerap logam berat Cd.

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian analisis adsorben arang aktif ampas kopi di laksanakan di Laboratorium Kualitas Air, Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Penelitian berlangsung selama 6 bulan terhitung sejak Maret hingga Agustus 2022.

3.2 Alat dan Bahan

a. Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Daftar Alat Yang Digunakan Dalam Penelitian

No	Nama Alat
1.	Alumunium foil
2.	Ayakan 100 mesh
3.	Cawan porselin
4.	Corong kaca
5.	Desikator
6.	Erlenmeyer
7.	Furnace
8.	Gelas beaker 100 mL, 250 mL, dan 500 mL
9.	Gelas ukur 100 mL
10.	kertas saring whatman no 42
11.	Labu ukur 10 mL dan dan 250 mL

12.	Neraca analitik
13.	Pipet ukur 1mL dan 5 mL
14.	Spatula
15.	Orbital shaker

b. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Daftar Bahan Yang Digunakan Dalam Penelitian

No	Nama Bahan
1.	Ampas kopi
2.	Aquades
3.	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$
4.	HCl 0,1M
5.	KCl
6.	KHP
7.	KH_2PO_4
8.	Larutan HNO_3 pekat
9.	Larutan standar Kadmium (Cd) 1000 ppm
10.	NaOH

c. Instrumen

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Daftar Instrumen Yang Digunakan Dalam Penelitian

No	Nama Alat
1.	AAS (Atomic Absorption Spectroscopy)
2.	FTIR (Fourier-transform Infrared)
3.	SEM (Scanning Electron Microscope)

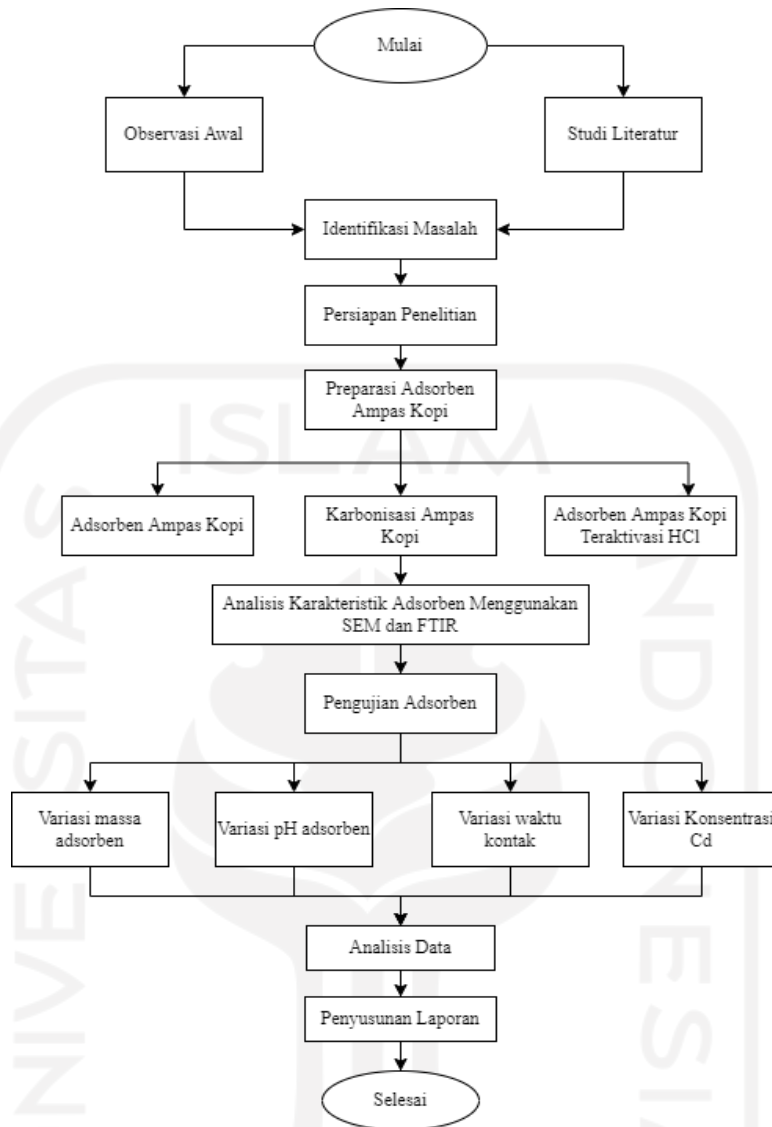
3.3 Variabel Penelitian

Dalam penelitian ini terdapat dua variabel penelitian yang berkaitan, yakni variabel bebas dan variabel terikat. Pada penelitian ini rincian 2 variabel tersebut sebagai berikut:

1. Variabel Bebas, meliputi:
 - a. Dosis adsorben 50 mg, 100 mg, 200 mg, dan 1000 mg (Sedyanto, 2018)
 - b. Ph rentang nilai 2, 4, 6, 8, dan 10 (Susanto, 2011)
 - c. Waktu kontak selama 15, 30, 45, 60, 90, 120, dan 150 menit (Sedyanto, 2018)
 - d. Konsentrasi 10 ppm, 25 ppm, 50 ppm, 75 ppm, 100 ppm, 150 ppm, dan 200 ppm (Sedyanto, 2018)
2. Variabel terikat, meliputi:
 - a. Adsorben berasal dari arang aktif ampas kopi
 - b. Aktivasi dengan HCl 0,1M (Alfiandy, 2013)
 - c. Volume larutan 50 mL (Sedyanto, 2018)
 - d. Kecepatan pengadukan 150 rpm (Sedyanto, 2018)

3.4 Prosedur Penelitian

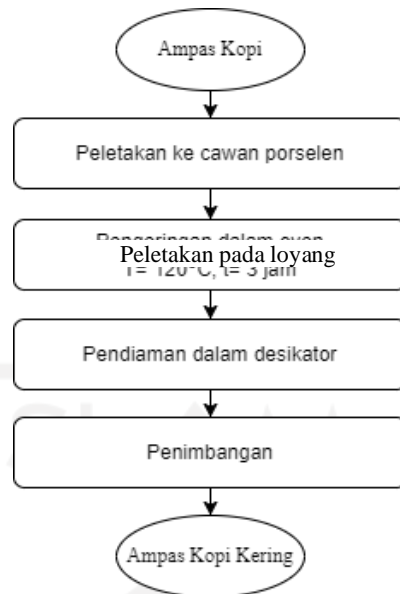
Alur penelitian pemanfaatan ampas kopi sebagai adsorben dalam penyerapan logam Kadmium (Cd) secara umum digambarkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Diagram Alir Prosedur Penelitian

3.4.1 Preparasi Adsorben

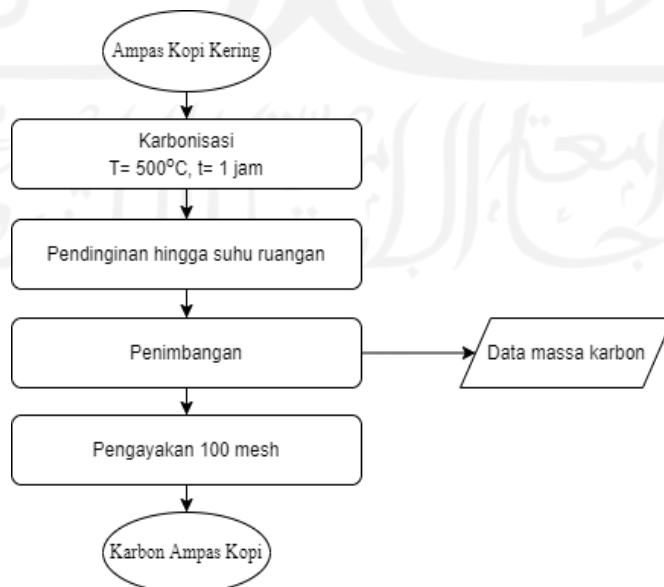
Proses persiapan ampas kopi mengacu pada penelitian yang dilakukan (Imawati & Adhityawarman, 2015). Pembuatan adsorben yang berasal dari ampas kopi diperoleh dari Cafe Umpama berlokasi di Krawitan, Umbulmartani, Kec. Ngemplak, Kabupaten Sleman, Yogyakarta. Sebanyak 500 gram ampas kopi diletakkan pada loyang untuk proses pengeringan menggunakan oven pada suhu 120°C selama 3 jam. Pengeringan ini untuk mengurangi kandungan air yang ada. Ampas kopi didiamkan dalam desikator dan ditimbang yang dijelaskan dalam Gambar 3.2.



Gambar 3. 2 Diagram Alir Preparasi Ampas Kopi

3.4.2 Karbonisasi Ampas Kopi

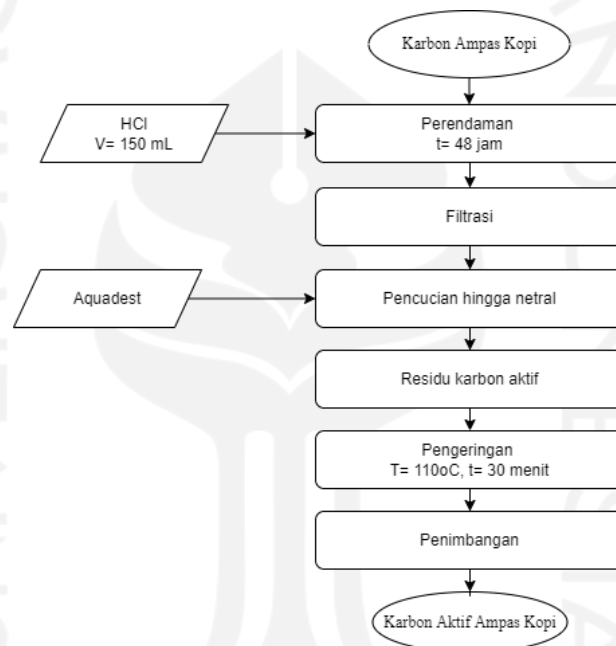
Karbonisasi dilakukan dengan menggunakan furnace untuk proses pengarangan ampas kopi pada suhu 600°C selama 3 jam. Ampas kopi yang sudah kering diletakkan ke dalam masing-masing cawan porselen ukuran 100 mL dengan berat ampas kopi yang sama sebelum dimasukkan ke dalam furnace. Setelah waktu proses karbonisasi selesai, arang ampas kopi didinginkan dengan suhu ruangan. Setelah dingin, ampas kopi diayak dengan ayakan 100 mesh untuk menghasilkan ukuran yang sama. Tahapan karbonisasi seperti dijelaskan dalam Gmabar 3.3.



Gambar 3. 3 Diagram Alir Karbonisasi Ampas Kopi

3.4.3 Aktivasi karbon ampas kopi

Aktivasi karbon ampas kopi yang dilakukan dengan penambahan larutan kimia menggunakan HCl 0,1 M. Proses aktivasi adsorben dilakukan dengan merendam arang ampas kopi sebanyak 100 gram dalam larutan HCl 0,1 M sebanyak 150 mL selama 48 jam. Selanjutnya adsorben disaring, kemudian dicuci menggunakan aquadest hingga netral (pH = 6) pada kadar airnya. Adsorben yang sudah pada kondisi netral dikeringkan menggunakan oven pada suhu 110°C selama 30 menit. Tahapan karbonisasi seperti dijelaskan dalam Gambar 3.4.



Gambar 3. 4 Diagram Alir Aktivasi Karbon Ampas Kopi

3.4.4. Karakterisasi karbon sebelum dan sesudah diaktivasi

3.4.4.1 Kadar Air

Penentuan kadar air dilakukan untuk mengetahui higroskopisitas karbon non-aktif dan karbon aktif. Cara penentuan kadar air didasarkan pada Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-3730-1995 untuk persyaratan mutu dan pengujian karbon aktif. Kadar air ditentukan dengan pengeringan oven. Tempatkan arang yang dihancurkan dan ditimbang ke dalam mangkuk porselen yang massanya diketahui. Karbon tersebut kemudian dikeringkan

pada suhu 110°C selama 30 menit. Selanjutnya arang dimasukkan ke dalam desikator dan ditimbang sampai mencapai massa tertentu.

Prosedur penentuan kadar air didasarkan pada *SNI 06-3730-1995* tentang syarat mutu dan pengujian arang aktif. Pengukuran kadar air ditentukan dengan cara pengeringan di dalam oven. Penentuan kada Karbon yang telah dihaluskan dan ditimbang, ditempatkan dalam cawan porselen yang telah diketahui massanya. Kemudian karbon dikeringkan pada suhu 110°C selama 30 menit. Karbon kemudian dimasukan desikator dan ditimbang hingga massa konstan. Kadar air didapat ditentukan melalui persamaan berikut:

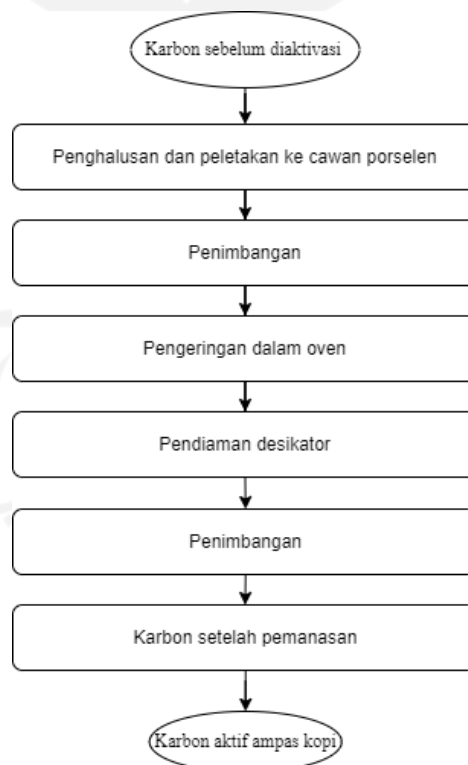
$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{M_o - M}{M_o} \times 100\%$$

Dimana:

M_o = Massa ampas kopi/karbon sebelum pengeringan dalam oven (gr)

M = Massa ampas kopi/karbon setelah pengeringan dalam oven (gr)

Tahapan peoses pengujian kadar air dijelaskan dalam Gambar 3.5



Gambar 3.5 Diagram Alir Pengujian Kadar Air Karbon Ampas Kopi

3.4.4.2 Kadar Abu

Prosedur penentuan kadar abu didasarkan pada *SNI 06-3730-1995* tentang syarat mutu dan pengujian arang aktif. Karbon hasil dari uji kadar air diletakkan dalam cawan porselen yang sudah diketahui massa kosongnya. Setelah itu karbon dalam cawan porselen dibakar dalam furnace dengan suhu 600°C selama 3 jam dan setelah dingin cawan porselen berisi abu hasil pembakaran ditimbang. Jumlah kadar abu ditentukan melalui persamaan berikut:

$$\text{Kadar abu (\%)} = \frac{F-G}{B-G} \times 100\%$$

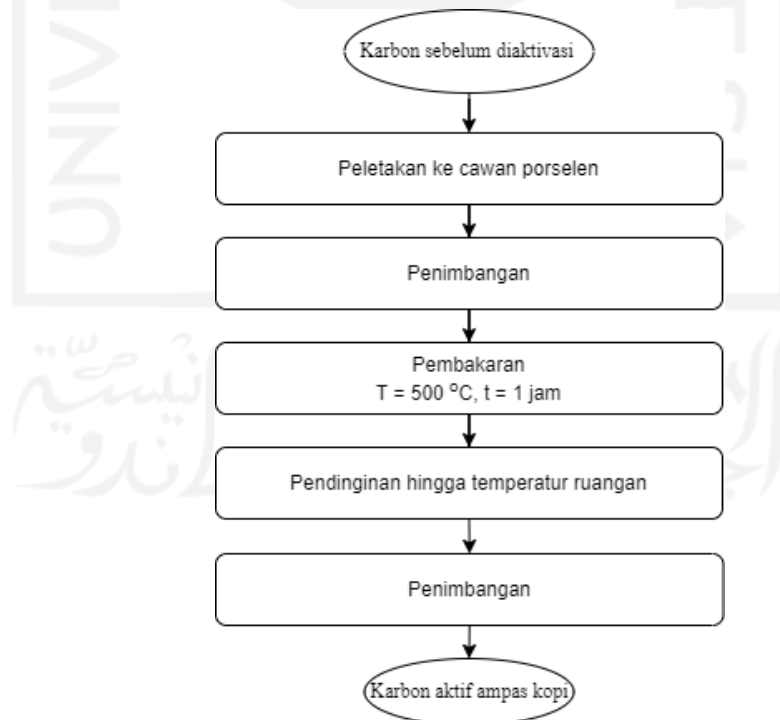
Dimana

B = Massa cawan porselin ditambah sampel kering (gram)

F = Massa cawan porselin ditambah abu (gram)

G = Massa cawan porselin kosong (gram)

Tahapan proses pengujian kadar abu dijelaskan dalam Gambar 3.6



Gambar 3. 6 Diagram Alir Pengujian Kadar Abu Karbon Ampas Kopi

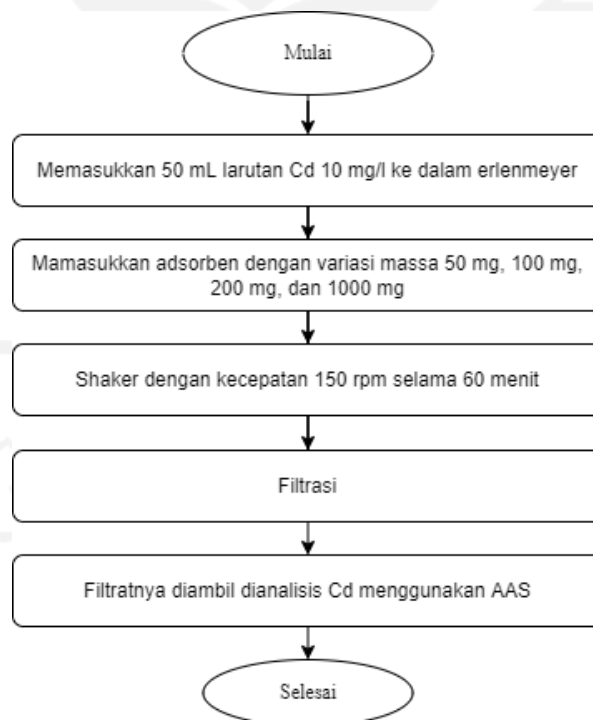
3.4.4.3 Analisis Karbon Aktif

Karakterisasi adsorben dilakukan dengan menggunakan instrumen Scanning Electron Microscopy (SEM) dan Fourier Transform Infrared (FTIR). Scanning Electron Microscopy (SEM) digunakan untuk mengetahui tampak permukaan adsorben dengan gambar perbesaran. Adapun analisis FTIR (Fourier Transform Infra-Red) dilakukan untuk mengetahui gugus fungsi yang terkandung dalam partikel adsorben.

3.5 Proses Adsorpsi

3.5.1 Penentuan Variasi massa optimum

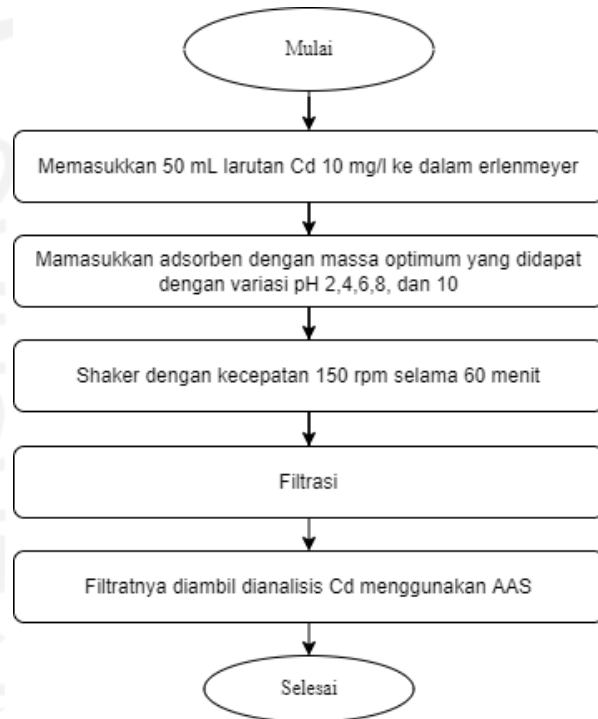
Dalam penentuan massa optimum adsorben dilakukan dengan menggunakan air yang mengandung Kadmium (Cd) dalam kondisi setimbang pada pH 6 dan dalam waktu 60 menit, serta menggunakan larutan initial dan larutan kontrol sebagai pembanding. Variasi massa diantaranya 50 mg, 100 mg, 200 mg, dan 1000 mg. proses pengujian penentuan massa optimum dijelaskan dalam Gambar 3.7.



Gambar 3. 7 Diagram Alir Penentuan Massa Optimum

3.5.2 Penentuan Variasi pH Optimum

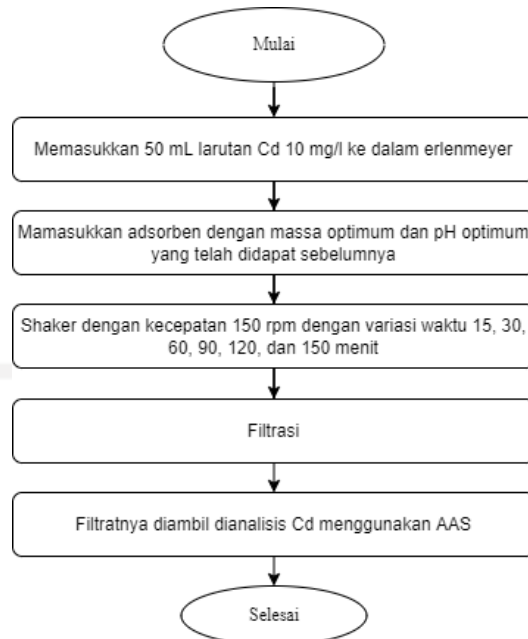
Penentuan pH optimum adsorben dilakukan dengan melakukan pengujian terhadap variasi pH adsorben pada pH 2, pH 4, pH 6, pH 8, dan pH 10. Proses adsorpsi menggunakan massa optimum dengan waktu kontak 60 menit dan kecepatan 150 rpm. Tahapan proses pengujian pH optimum dijelaskan dalam Gambar 3.8.



Gambar 3. 8 Diagram Alir Penentuan pH Optimum

3.5.3 Penentuan Variasi Waktu Kontak

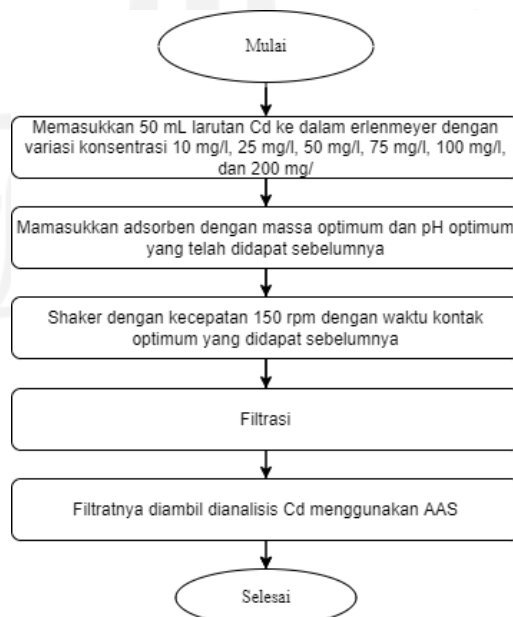
Penentuan waktu optimum adsorben dilakukan dengan pengujian terhadap variasi waktu pada 15, 30, 45, 60, 90, 120, dan 150 menit. Proses dilakukan dengan massa dan waktu kontak optimum yang diperoleh dari uji variasi sebelumnya. Tahapan proses pengujian waktu optimum dijelaskan dalam Gambar 3.9.



Gambar 3. 9 Diagram Alir Penentuan Waktu Optimum

3.5.4 Penentuan Variasi Konsentrasi

Setelah mendapatkan dosis adsorben dan menganalisis kondisi pH dan waktu kontak optimum, tahapan selanjutnya yaitu melakukan analisis efisiensi adsorben dalam penyerapan logam Cd dalam variasi konsentrasi diantaranya 10 mg/L, 25 mg/L, 50 mg/L, 75 mg/L, 100 mg/L, 150 mg/L, dan 200 mg/L. Tahapan proses pengujian konsentrasasi optimum dijelaskan dalam Gambar 3.10.



Gambar 3. 10 Diagram Alir Penentuan Konsentrasi Optimum

3.6 Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis sehingga dapat ditarik kesimpulan dari fenomena yang terjadi untuk kemudian dapat menjawab tujuan dari penelitian yang dilakukan. Data hasil uji karakterisasi adsorben dianalisis dengan memperhatikan dan menganalisis puncak spesifik pada setiap panjang gelombang pada hasil uji FTIR, dan dipastikan panjang gelombang tersebut berada dalam rentang panjang gelombang yang tergolong gugus fungsi suatu senyawa tertentu. Kemudian menganalisis data hasil uji adsorpsi dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Q = \frac{(C_0 - C)}{C_0} \times 100\%$$

Dimana:

Q : removal (%)

C₀ : konsentrasi awal larutan (mg/l)

C : konsentrasi akhir larutan (mg/l)

V : volume larutan (L)

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakterisasi Adsorben

4.1.1 Karakteristik arang aktif ampas kopi

Penentuan karakteristik arang aktif ampas kopi diperoleh dengan uji baku mutu arang aktif dengan menganalisis gugus fungsi FTIR dan pengamatan morfologi dengan SEM. Pada table 4.1 menunjukkan hasil uji karakteristik dengan parameter kadar air, dan kadar abu. Sesuai dengan SNI No. 06-3730-1995, kadar air maksimum yang diizinkan 15% dan kadar abu maksimum yang diizinkan adalah 10%. Dan didapatkan hasil uji kadar air sebesar 7%, dan kadar abu sebesar 3,85%. Hasil ini memiliki baku mutu karbon aktif sesuai SNI No. 06-3730-1995 yang ditampilakn dalam Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Hasil Uji Karakteristik Arang Aktif

	Standar Mutu Arang Aktif (SNI No. 06-3730-1995)	Arang Aktif
Kadar Air	Maksimum 15%	7%
Kadar Abu	Maksimum 10%	3,85%

(Sumber: Data Primer, 2022)

Uji karakteristik kadar air arang ampas kopi dilakukan untuk mengetahui sifat higroskopis karbon baik tanpa aktivasi maupun yang telah diaktivasi (Maryono dkk., 2013). Tabel 4.1 menunjukkan kadar air yang terdapat pada arang ampas kopi yang telah teraktivasi yaitu sebesar 7%. Persentase kadar air yang terkandung pada arang aktif ampas kopi tersebut telah memenuhi standar (SNI) 06-3730-1995, yaitu maksimal kadar air yang terdapat pada karbon aktif sebesar 15%.

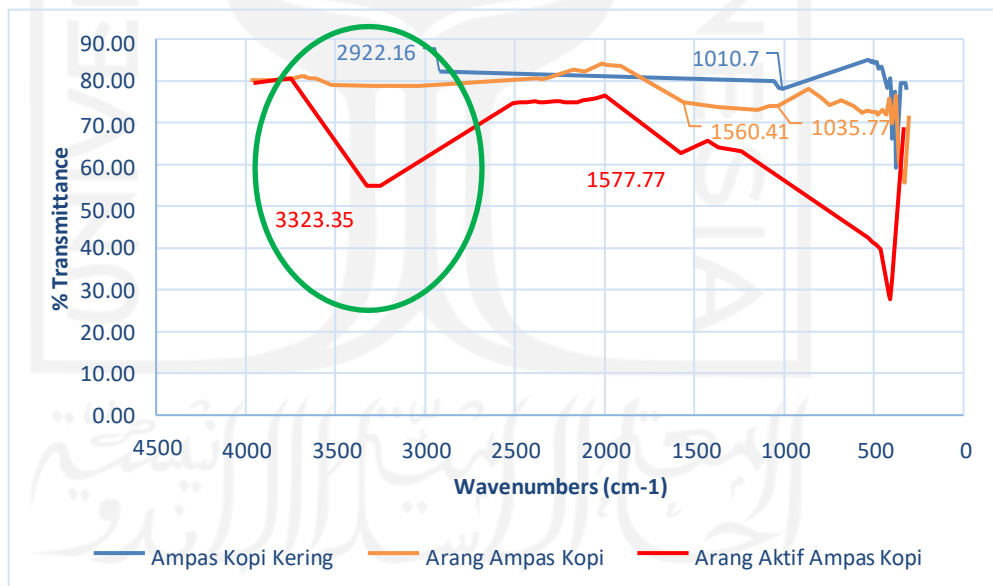
Pengukuran kadar abu untuk mengetahui kandungan mineral yang terkandung dalam arang aktif. Yang mana kadar abu sebanding dengan kandungan zat anorganik dalam karbon. Dari Tabel 4.1 menunjukkan bahwa kadar abu pada karbon teraktivasi memiliki kadar abu sebesar 3,85% sehingga memenuhi standar (SNI) 06-3730-1995. Sebagaimana ditunjukkan dalam penelitian oleh Nurhasni, dkk (2012), HCl dapat mengikis kandungan

logam sehingga menyebabkan kadar abu arang aktif yang lebih rendah daripada arang yang tidak diaktivasi. Hal ini dikarenakan pori-pori karbon yang sebelumnya tertutup oleh abu pengotor menjadi lebih terbuka setelah diaktivasi dengan HCl.

4.1.2 Karakteristik FTIR (Fourier Transform Infra-Red)

Fourier Transform Infra Red (FTIR) adalah instrumen spektroskopi inframerah digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi pada suatu sampel. Pada penelitian ini, pengukuran gelombang FTIR dilakukan pada spektrum inframerah pada rentang panjang gelombang 400-4000 cm^{-1} . Uji FTIR menghasilkan grafik antara bilangan gelombang (λ) pada sumbu x dan intensitas cahaya pantul atau transmisi (%) pada sumbu y.

Pada uji FTIR dilakukan pada tiga sampel diantaranya ampas kopi, arang ampas kopi, dan arang aktif ampas kopi. Hasil uji FTIR yang dilakukan di Laboratorium Kualitas Air di Universitas Islam Indonesia ditampilkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Hasil Uji FTIR

Dari grafik hasil uji pada Gambar 4.3, dapat diidentifikasi titik puncak serapan yang spesifik dengan rincian klarifikasi pada Tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Interpretasi Gugus Fungsi Adsorben Ampas kopi, Arang Ampas Kopi, dan Arang Aktif Ampas Kopi

Puncak	Ampas Kopi Kering	Arang Ampas Kopi	Arang Aktif Ampas Kopi	Penjang Gelombang (λ)	Gugus Fungsi
	(cm^{-1})	(cm^{-1})	(cm^{-1})	(cm^{-1})	
A	-	1035,77	-	1015-1065	CH-O-H
B	-	1560, 41	1577,77	1500-1600	C=C
C	1010,7	-	-	1050- 1300	C-O
D	2922,16	-	-	2850-2970	C-H
E	-	-	3323,35	3200-3600	O-H

(Sumber: Data Primer, 2022)

Dari hasil grafik Gambar 4.1 terlihat bahwa perbedaan setelah dilakukannya proses aktivasi pada ampas kopi yang ditunjukkan pada lingkaran. Dimana pada ampas kopi, ditemukan spektrum IR pada daerah bilangan gelombang $1010,7 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya vibrasi regangan dari gugus ester (C-O) dimana gelombang tersebut dapat berupa alkohol, asam karboksilat, eter, dan ester yang sulit ditentukan secara tepat (Rivas dkk., 2004). Selain itu, terdapat gugus alkana (C-H) pada ampas kopi dengan bilangan $2922,16 \text{ cm}^{-1}$.

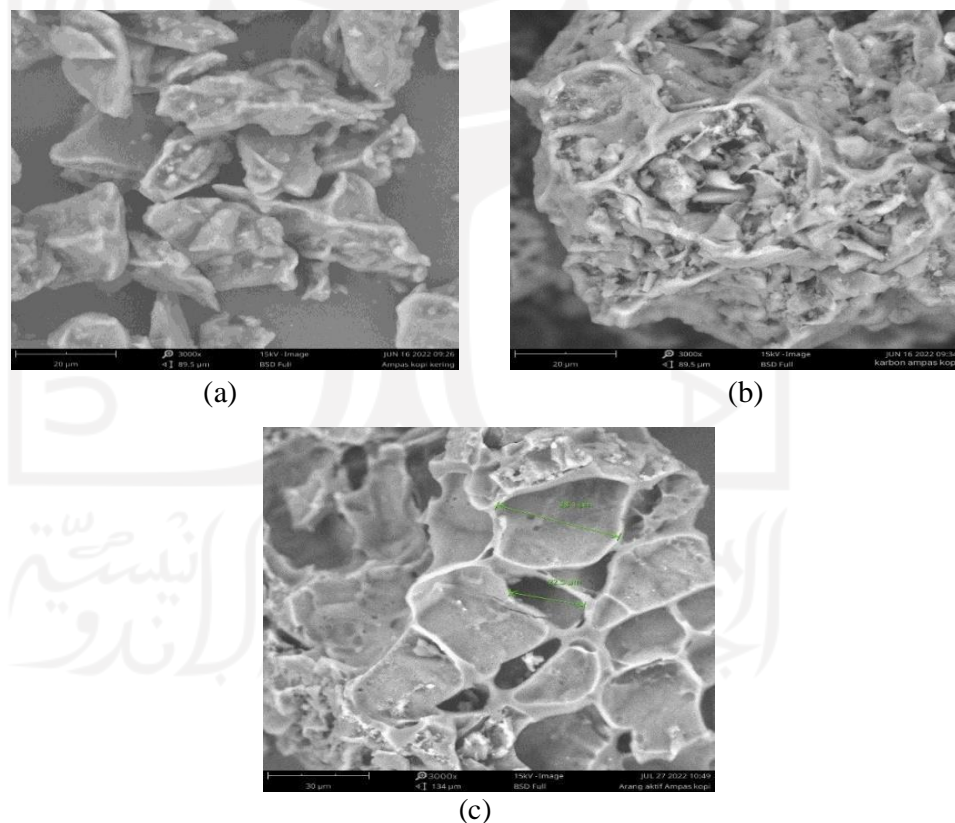
Ampas kopi setelah dilakukan karbonisasi ditemukan gugus fungsi cincin aromatik (C=C) pada bilangan $1560, 41 \text{ cm}^{-1}$. Adanya intensitas pita rendah pada frekuensi $1500 - 1600 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya vibrasi gugus fungsi C=C dari cincin aromatik senyawa lignin (Selvi dkk., 2019). Pada ampas kopi juga terdapat gugus fungsi CH-O-H pada panjang bilangan $1365,60 \text{ cm}^{-1}$ dimana terdapat rentang frekuensi $1015-1065 \text{ cm}^{-1}$.

Setelah karbonisasi, puncak gelombang terdeteksi pada rentang penyerapan $3200-3650 \text{ cm}^{-1}$ untuk ampas kopi teraktivasi pada bilangan $3323,35 \text{ cm}^{-1}$, mendeteksi pembentukan gugus fungsi OH. Gugus hidroksil ini merupakan bagian dari gugus fenol karena memiliki nilai gelombang melebihi 3000 cm^{-1} (Abdurrahman dkk., 2016). Menurut Ibbett (2006) dan Herwanto (2006), selulosa memiliki gugus fungsi yang dapat mengikat ion logam yaitu gugus fungsi karbonil (C=O) dan hidroksil (O-H). Adanya

gugus fungsi OH terutama ditemukan pada bahan yang mengandung selulosa. Pada proses aktivasi arang ampas kopi dengan HCl tidak mengubah gugus fungsi, tetapi bertujuan untuk menghilangkan pengotor seperti K_2O , MnO_3 , dan Yb_2O_3 dan memperluas permukaan arang. Terdapat juga gugus fungsi cincin aromatik (C=C) arang aktif ampas kopi pada bilangan $1577,77\text{ cm}^{-1}$.

4.1.2 Karakteristik SEM (Scanning Electron Microscopy)

Analisa SEM dilakukan untuk mengetahui struktur permukaan dan ukuran partikel dari masing-masing adsorben. Sehingga topografi, tonjolan, lekukan dan pori-pori pada permukaan dapat terlihat. Bentuk morfologi ampas kopi, arang ampas kopi, dan arang ampas kopi teraktivasi dengan perbesaran 3000 kali. Hasil pengujian SEM terhadap adsorben dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4. 2 (a) Permukaan Adsorben Ampas Kopi (b) Permukaan Adsorben Arang Ampas Kopi (c) Permukaan Adsorben Arang Ampas Kopi Teraktivasi dengan Perbesaran 3000x

Gambar 4.2 menunjukkan perbedaan morfologi pori permukaan ampas kopi, arang ampas kopi tanpa aktivasi, dan arang ampas kopi teraktivasi kimia. Gambar tersebut memperlihatkan hasil SEM dari arang ampas kopi dan arang aktif ampas kopi dengan perbesaran 3000x. Terlihat perbedaan morfologi pori permukaan arang ampas kopi yang diaktivasi secara kimia dan tanpa aktivasi. Pada gambar menunjukkan pengaruh aktivasi kimia dimana arang aktif yang diaktivasi dengan HCl (gambar c) memiliki morfologi pori yang lebih besar daripada arang ampas kopi tanpa aktivasi. Hal ini disebabkan pori arang tanpa aktivasi sebagian besar porinya masih tertutup oleh hidrogen, ter, dan senyawa organik lain yang komponennya terdiri dari abu, air, nitrogen, dan sulfur (Verayana dkk., 2018).

Bentuk permukaan pori merupakan salah satu faktor yang berperan terhadap kemampuan adsorben untuk mengadsorpsi. Pori-pori yang terdapat pada arang aktif merupakan celah yang memperluas permukaan arang aktif, sehingga meningkatkan kemampuannya untuk mengadsorpsi adsorbat (La Hasan dkk., 2015).

4.2 Karakteristik arang aktif terhadap uji variasi

4.2.1 Uji Variasi Massa

Percobaan variasi massa dilakukan untuk mengetahui massa adsorben yang tepat untuk menyerap senyawa Cd. Konsentrasi awal larutan Cd yang digunakan adalah sebesar 10 ppm dengan kondisi pH6 sebanyak 50 mL. Pengondisian larutan pH 6 dilakukan dengan menggunakan larutan penyangga yang dibuat dari larutan penambahan KH_2PO_4 atau NaOH. Larutan buffer adalah larutan yang mampu mempertahankan pH larutan sedemikian rupa sehingga penambahan atau pengenceran asam atau basa tidak mengubah pH secara signifikan.

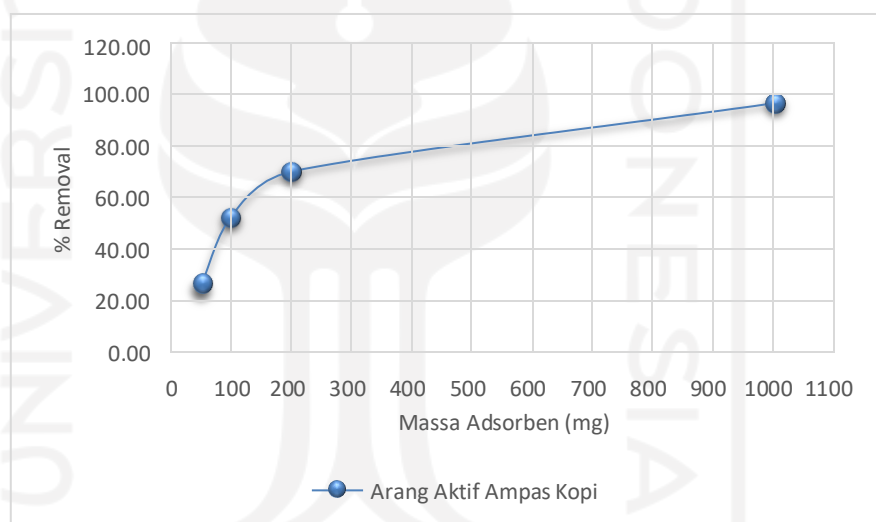
Hasil dari pembacaan AAS variasi massa terhadap adsorpsi logam Cd pada adsorben arang aktif ampas kopi dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Data Variasi Massa Adsorben Arang Aktif Ampas Kopi

Sampel (mg)	C _{in} (mg/L)	C _{ef} (mg/L)	C _{terserap} (mg/L)	Efisiensi (%)
50	7.53	5.6	1.93	25.63
100	7.53	3.58	3.95	52.46
200	7.53	2.24	5.29	70.25
1000	7.18	0.24	7.29	96.81

(Sumber: Data Primer, 2022)

Data dari hasil uji yang didapat selanjutnya dilakukan *plotting* pada grafik untuk menunjukkan hubungan antara persen removal adsorbat terhadap penambahan dosis adsorben. Hasil grafik dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4. 3 Grafik Hubungan Varian Massa terhadap Adsorpsi Cd

Dari data pengujian yang diperoleh, dapat diketahui bahwa persentase removal ion Cd oleh jenis adsorben arang aktif ampas kopi tergolong baik. Adsorben ampas kopi dapat mereduksi ion Cd maksimal 96,81% pada massa 1000 mg dan kemampuan minimal mereduksi sebesar 25,63% pada massa 50 mg. Untuk adsorben arang aktif ampas kopi mengandung hidrokarbon dalam biji kopi yang cukup tinggi yaitu 19,9% (Wrigleg, G., 1998). Kandungan hidrokarbon yang cukup tinggi dapat menghasilkan karbon karena arang aktif bersifat sangat aktif terhadap partikel-partikel yang kontak dengan arang aktif tersebut sehingga dapat digunakan sebagai

adsorben (Sembiring, 2003).

Pada hasil Gambar 4.3 menunjukkan bahwa semakin bertambahnya massa adsorben, maka kemampuan adsorpsinya akan semakin bertambah. Dengan kata lain, bertambahnya massa adsorben sebanding dengan bertambahnya jumlah partikel dan luas permukaan adsorben sehingga menyebabkan jumlah pori yang mengikat partikel logam berat akan bertambah dan kemampuan removal juga akan bertambah pula (Nurafriyanti dkk., 2017). Dari data dan grafik diatas, massa optimum dalam percobaan kali ini adalah sebesar 100 mg dikarenakan pada titik ini mengalami puncak Adsorpsi dan massa inilah yang digunakan pada penelitian selanjutnya.

4.2.2 Uji Variasi pH

Percobaan variasi derajat keasamaan (pH), dilakukan untuk mengetahui rentang nilai pH larutan yang tepat bagi adsorben untuk menyerap kadmium (Cd), sebab pengikat ion logam kadmium (Cd) dengan gugus fungsi permukaan adsorben sangat bergantung pada pH larutan. Derajat keasamaan (pH) merupakan faktor yang sangat mempengaruhi proses adsorpsi ion logam dalam larutan, karena keberadaan ion H^+ dalam larutan akan berkompetisi dengan kation untuk berikatan dengan situs aktif. Selain itu pH juga mempengaruhi spesies ion yang ada dalam larutan sehingga akan mempengaruhi terjadinya interaksi ion dengan situs aktif adsorben (Lestari dkk., 2003).

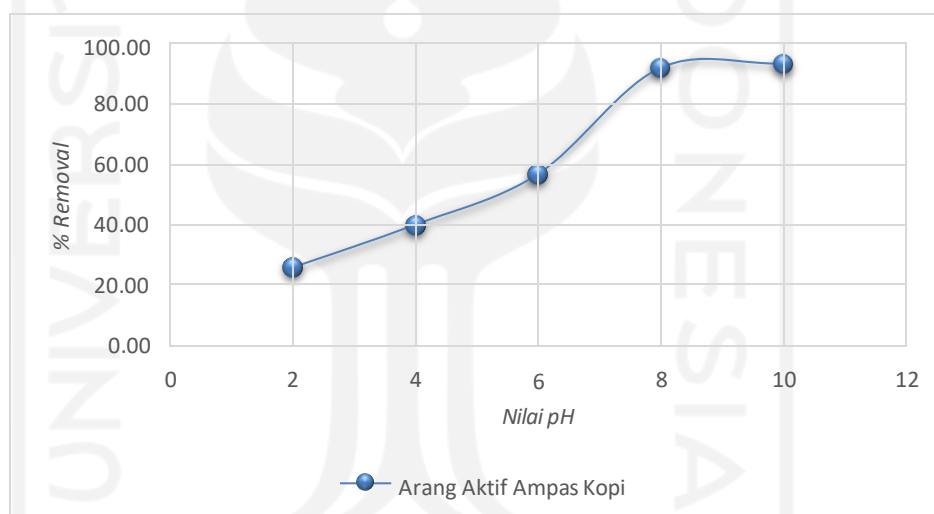
Penentuan pH optimum adsorpsi dilakukan dengan pembuatan larutan penyangga. Larutan penyangga merupakan suatu larutan yang mampu mempertahankan pH larutan agar tidak terjadi perubahan pH yang berarti dikarenakan penambahan asam atau basa maupun pengenceran. Larutan penyangga dibuat pada nilai pH 2, 4, 6, 8, dan 10 menggunakan KCl 0,2 M, KHP 0,1M, HCl 0,1 M, NaOH 0,1 M, KH_2PO_4 , dan $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$. Pada uji variasi pH adsorben yang ditambahkan sebesar 100 mg sesuai hasil uji variasi massa sebelumnya dan waktu kontak selama 60 menit. Hasil dari uji variasi pH terhadap larutan Cd menggunakan arang aktif ampas kopi dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4. 4 Data Percobaan Variasi pH Adsorben Arang Aktif Ampas Kopi

Massa (mg)	pH rencana	pH awal	pH akhir	Cin (mg/L)	Cef (mg/L)	Cterserap (mg/L)	% Removal
100	2	2,00	2,00	11,52	8,55	2.97	25,78
100	4	4,19	4,00	11,52	6,92	4,60	39,93
100	6	6,07	6,04	11,52	5,00	6.52	56,60
100	8	8,36	8,01	11,52	0,94	10.58	91,84
100	10	10,56	10,11	11,52	0,77	10.75	93,32

(Sumber: Data Primer, 2022)

Dari tabel diatas, selanjutnya di lakukan *plotting* untuk mengetahui hubungan antara presentase (%) *removal* terhadap variasi pH. Hasil grafik hubungan persentase (%) *removal* terhadap variasi pH dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4. 4 Grafiik Hubungan Nilai pH dengan % Removal

Dari Gambar 4.4 dapat dilihat bahwa peresntase penyisihan ion Cd pada pH lebih tinggi ($pH > 4$), gugus karboksil mengalami deprotonasi mengakibatkan permukaan biomassa menjadi bermuatan negatif (COO^-) sehingga ion logam akan tertarik pada biomassa dan terjadi interaksi elektrostatik antara muatan negatif dari gugus fungsi dengan muatan positif ion logam (Baig dkk., 1999). Sehingga semakin tinggi nilai pH maka semakin banyak gugus karboksil biomassa yang akan bertindak sebagai ligan dalam pembentukan kompleks dengan ion logam.

Presentase removal ion Cd pada adsorben arang aktif ampas kopi terlihat baik dimana pada pH 2 adalah 25,78% menghasilkan kapasitas adsorpsi sebesar 1,485 mg/g dan meningkat hingga pH 8 yaitu mencapai 91,84% menghasilkan adsorpsi sebesar 5,29 mg/g. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan pH mempengaruhi kapasitas adsorpsi adsorben. Berdasarkan penelitian (Riwayati & Hartati, 2016) membuktikan bahwa efisiensi adsorpsi mencapai 96,45% dalam optimasi adsorpsi Cd pada pH 8 menggunakan kulit kopi. Selain itu pada penelitian adsorpsi Cd oleh silika (Krismastuti dkk., 2016) diperoleh pH optimum pada pH 9 dengan kapasitas adsorpsi 0,2731 mg/g.

Dalam kondisi asam, gugus fungsi yang terkandung dalam adsorben terprotonasi, H^+ hadir secara berlebihan, dan H^+ dan Cd^{2+} bersaing untuk mengikat selulosa, menghasilkan pH rendah dan kondisi larutan yang relatif asam lemah (Srivastava & Angove, 2004). Di sisi lain, pada pH tinggi, permukaan dinding adsorben terdeprotonasi dan dengan demikian menjadi bermuatan negatif. Akibatnya interaksi antara ion logam dengan adsorben menjadi lebih kuat, jumlah ion logam yang teradsorpsi meningkat, dan pH 8 menjadi kondisi optimum. $Cd(OH)_2$ mulai mengendap di atas pH 8. Di atas nilai K_{sp} $Cd(OH)_2$ dalam larutan, beberapa logam tidak dapat diadsorpsi, sehingga mengurangi kapasitas adsorpsi. Nilai K_{sp} $Cd(OH)_2$ pada 25 °C adalah $7,2 \times 10^{-15}$, sehingga secara teoritis logam Cd mengendap sebagai $Cd(OH)_2$ pada pH 9,23.

4.2.3 Uji Variasi Waktu

Percobaan variasi waktu kontak bertujuan untuk memperoleh waktu kontak optimum yang diperlukan oleh arang aktif ampas kopi agar dapat mengadsorpsi ion logam Cd^{2+} . Menurut (Syauqiah dkk., 2011) waktu kontak adalah waktu yang dibutuhkan arang aktif untuk mencapai kesetimbangan. Semakin lama waktu kontak, semakin besar peluang partikel arang aktif untuk bersinggungan dengan ion logam Cd^{2+} sehingga menghasilkan konsentrasi adsorpsi ion logam Cd^{2+} yang lebih tinggi. Kondisi ini akan terus berlangsung hingga tercapai kondisi jenuh dan waktu kontak optimum. Arang aktif tidak dapat mengikat ion logam Cd^{2+} karena

semua pori-pori arang aktif dipenuhi oleh ion logam Cd^{2+} , sehingga waktu kontak tidak akan berpengaruh lagi (Lestari & Yusuf, 2014).

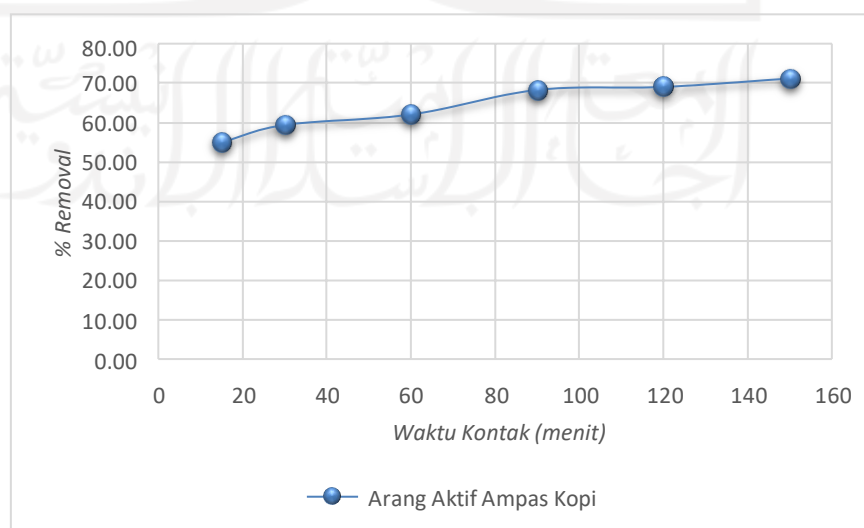
Dosis adsorben dan nilai pH yang digunakan diambil dari hasil uji variasi sebelumnya yaitu dengan massa 100 mg dan nilai pH larutan 8. Variasi waktu kontak yang dipakai adalah selama 15, 30, 60, 90, 120, dan 150 menit untuk setiap adsorben arang aktif ampas kopi. Hasil uji variasi waktu terhadap larutan Cd menggunakan arang aktif ampas kopi dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Percobaan Variasi waktu Kontak Arang Aktif ampas Kopi

Massa Adsorben (mg)	pH	Waktu Kontak (menit)	C_{in} (mg/L)	C_{ef} (mg/L)	$C_{terserap}$ (mg/L)	% Removal
100	8	15	11.72	5.28	6.44	54.95
100	8	30	11.72	4.76	6.96	59.39
100	8	60	11.72	5.55	7.27	62.03
100	8	90	11.72	3.72	8	68.26
100	8	120	11.72	3.63	8.09	69.03
100	8	150	11.72	3.38	8.34	71.16

(sumber: Data Primer, 2022)

Dari table diatas, selanjutnya di plotting untuk mengetahui hubungan antara persentase (%) removal terhadap variasi waktu kontak. Hasil grafik hubungan persentase (%) *removal* terhadap variasi waktu kontak dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Grafik Hubungan Waktu Kontak dengan % Removal

Dari hasil percobaan variasi waktu kontak pada adsorben arang aktif ampas kopi didapat bahwa jenis adsorben ampas kopi mencapai kemampuan maksimal pada waktu kontak 90 menit. Hal ini dikarenakan semakin lama waktu kontak maka semakin banyak tumbukan antara gugus aktif pada permukaan arang aktif ampas kopi dengan ion Cd(II) semakin banyak sehingga pada waktu 15 sampai 60 menit ion logam Cd (II) yang teradsorpsi semakin bertambah hingga tercapai waktu optimum pada 90 menit dengan kemampuan removal mencapai 68,26% karena kesetimbangan telah tercapai. Berkurangnya daya adsorpsi ini dimungkinkan karena telah tercapai kesetimbangan sehingga permukaan adsorpsi telah jenuh sehingga tidak dapat lagi menyerap ion logam akibatnya terjadi desorpsi.

4.2.4 Uji Variasi Konsentrasi

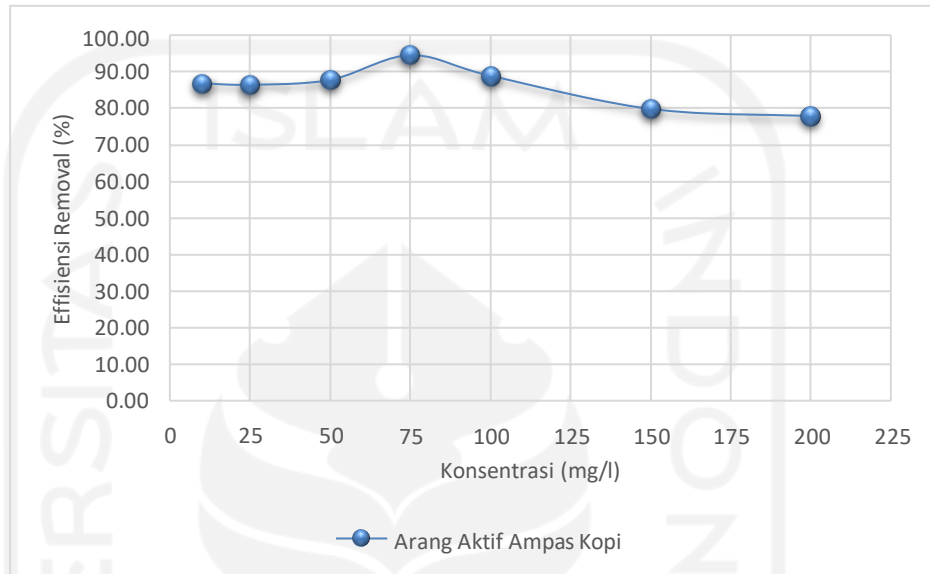
Percobaan uji variasi konsentrasi ini dilakukan untuk mengetahui besar kapasitas penyerapan maksimum adsorben dalam menyerap logam Cd dalam larutan. Pada percobaan ini ditambahkan variasi konsentrasi 10 mg/l, 25 mg/l, 50 mg/l, 75 mg/l, 100mg/l, 150 mg/l, dan 200 mg/l ke dalam 50 ml pada pH 8. Waktu pengadukan menggunakan waktu optimum yaitu 90 menit dengan kecepatan 150 ppm. Hasil dari percobaan ini tertera dalam Tabel 4.5.

Tabel 4. 5 Hasil Uji Variasi Konsentrasi Adsorben Arang Aktif Ampas Kopi

Massa Adsorben (mg)	pH	Konsentrasi Rencana	Cin (mg/L)	Cef (mg/L)	Cterserap (mg/L)	% Removal
100	8	10	11,58	1,53	9,75	86,44
100	8	25	27,80	3,78	24,02	86,40
100	8	50	48,35	6,30	45,05	86,97
100	8	75	76,13	4,20	71,93	94,48
100	8	100	101,60	12,30	89,30	87,89
100	8	150	138,80	28,05	110,75	79,79
100	8	200	194,60	43,20	151,40	77,80

(Sumber: Data Primer, 2022)

Dari data pada Tabel 4.5 kemudian dipresentasikan ke dalam bentuk grafik hubungan variasi konsentrasi dengan presentase (%) removal. Dari data pada Tabel 4.5 dapat diketahui bahwa semakin tinggi konsentrasi larutan Cd maka semakin tinggi penyerapannya (dalam ppm) namun semakin kecil dalam presentasi (%) removal. Grafik ditunjukkan pada Gambar 4.6.

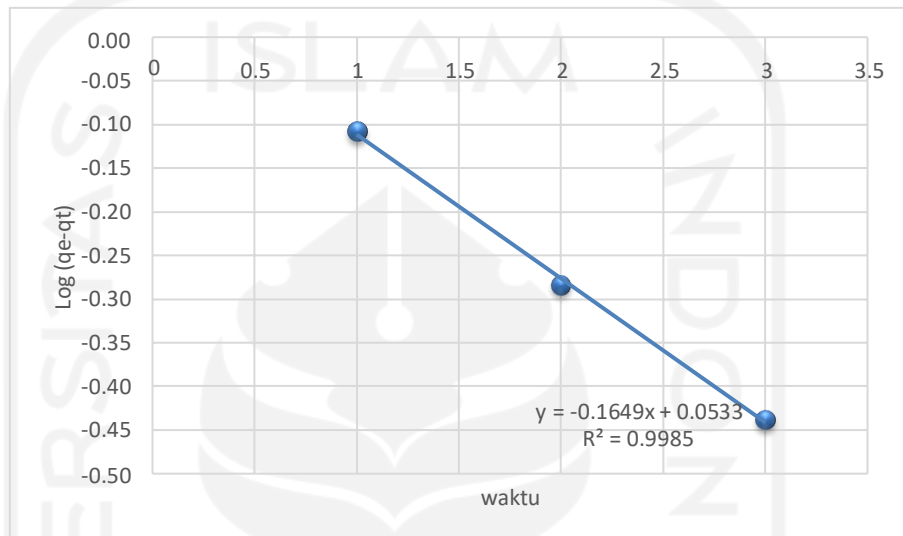


Gambar 4. 6 Hubungan Variasi Konsentrasi Arang Aktif Ampas Kopi Terhadap Persentase (%) Removal

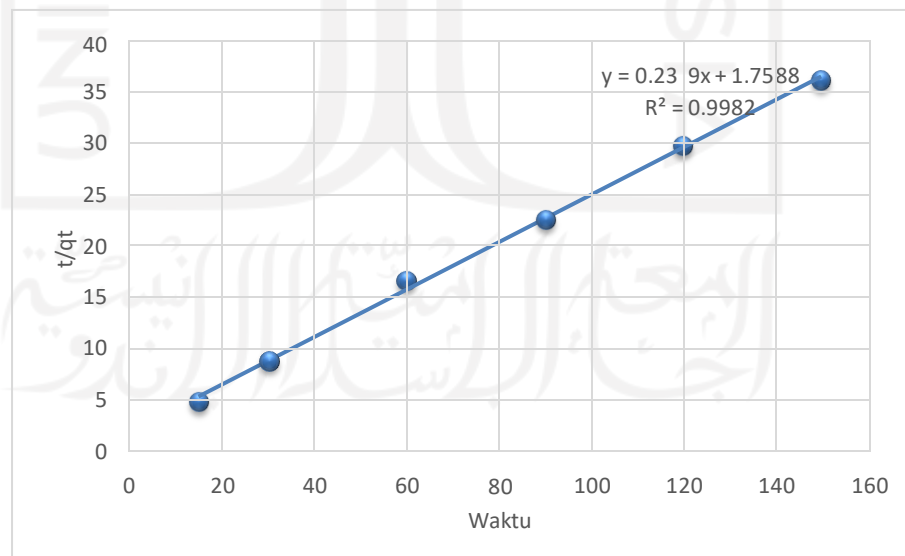
Diketahui bahwa pada Gambar 4.6 semakin besar konsentrasi (mg/l) maka semakin kecil pula presentase (%) removal. Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa kinerja presentase (%) removal arang aktif ampas kopi pada kondisi optimum yaitu pada konsentrasi 75 mg/l. Pemilihan konsentrasi optimum berdasarkan data yang didapat pada Tabel 4.6. terlihat bahwa pada grafik mengalami penurunan semakin tingginya konsentrasi.

4.3 Analisis Kinetika Adsorpsi

Kinetika adsorpsi digunakan untuk menentukan kinetika adsorpsi bergantung waktu yang terjadi dari adsorben ke adsorbat. Waktu kontak yang diperlukan untuk mencapai kesetimbangan adsorpsi digunakan sebagai ukuran laju adsorpsi. Pada penelitian ini menggunakan menggunakan model kinetika adsorpsi pseudo orde pertama dan orde kedua. Hasil analisa model kinetika adsorpsi pseudo orde pertama dan orde kedua digambarkan dalam grafik pada Gambar 4.7 dan Gambar 4.8.



Gambar 4. 7 Grafik Kinetika Adsorpsi Pseudo Orde Pertama



Gambar 4. 8 Grafik Kinetika Adsorpsi Pseudo Orde Kedua

Model kinetika adsorpsi yang digunakan dalam penelitian ini adalah model pseudo orde pertama dan orde kedua. Berdasarkan hasil grafik model

kinetika adsorpsi orde pertama diperoleh persamaan untuk plot linear log ($q_e - q_t$) terhadap waktu yaitu $y = -0.1649x + 0.0533$ dan nilai $R^2 = 0.9985$. Sedangkan persamaan yang diperoleh untuk model kinetika adsorpsi orde kedua yaitu $y = 0.2309x + 1.7588$ dengan nilai $R^2 = 0.9982$.

Tabel 4. 6 Parameter Model Kinetika Adsorpsi

Model Kinetika	Jumlah adsorpsi (q_e)	Konstanta laju kesetimbangan orde
	mg/g	1/menit
Pseudo Orde Pertama	1.13057662	3.797647
Pseudo Orde Kedua	4.323083586	0.002808989

Dari hasil analisis proses adsorpsi logam kadmium (Cd) menggunakan adsorben arang aktif ampas kopi disimpulkan bahwa lebih tepat menggunakan mekanisme kinetika adsorpsi orde pertama karena memiliki nilai regresi linier (R^2) mendekati 1. Sehingga untuk memperoleh hasil proses adsorpsi yang sesuai menggunakan model kinetika adsorpsi pseudo orde pertama. Persamaan kinetika adsorpsi pseudo orde pertama ini menjelaskan tentang tahap awal proses adsorpsi (*initial stage*). Hal ini menunjukkan bahwa kandungan kadmium teradsorpsi pada permukaan luar (*exterior*) adsorben dan adsorpsi terjadi sangat cepat pada tahap awal proses adsorpsi. Ketika bagian luar adsorben jenuh, komponen kadmium diserap di dalam (*interior*) dari adsorben.

4.3 Analisis Isoterm Adsorpsi

Model isoterm adsorpsi yang diperoleh dari pengolahan data variasi konsentrasi kadmium untuk logam kadmium (Cd) yang dihasilkan pada adsorben arang aktif ampas kopi dapat dihubungkan antara nilai konsentrasi adsorbat pada saat kesetimbangan (C_e) serta konsentrasi adsorbat pada kesetimbangan per banyaknya zat yang terjerap per satuan adsorben (C_e/Q_e) dan isoterm adsorpsi Freundlich diplot antara $\ln C_e$ dan $\ln Q_e$, menghasilkan regresi linier dari persamaan garis dan nilai. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi proses adsorpsi adalah luas permukaan adsorben, jenis zat yang diadsorpsi, jenis adsorben, suhu adsorpsi, dan konsentrasinya.

4.4.1 Isoterm Langmuir

Dari data uji variasi konsentrasi larutan, nilai kapasitas kemampuan penyerapan logam optimum dari adsorben arang aktif ampas kopi dapat dihitung dengan persamaan isoterm Langmuir sebagai berikut.

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

Dimana:

C_e : Konsentrasi Equilibrium (mg/L)

q_e : Nilai Adsorpsi Logam saat Equilibrium (mg/g)

q_m : Nilai Kapasitas Langmuir

K_L : Nilai Konstanta Langmuir

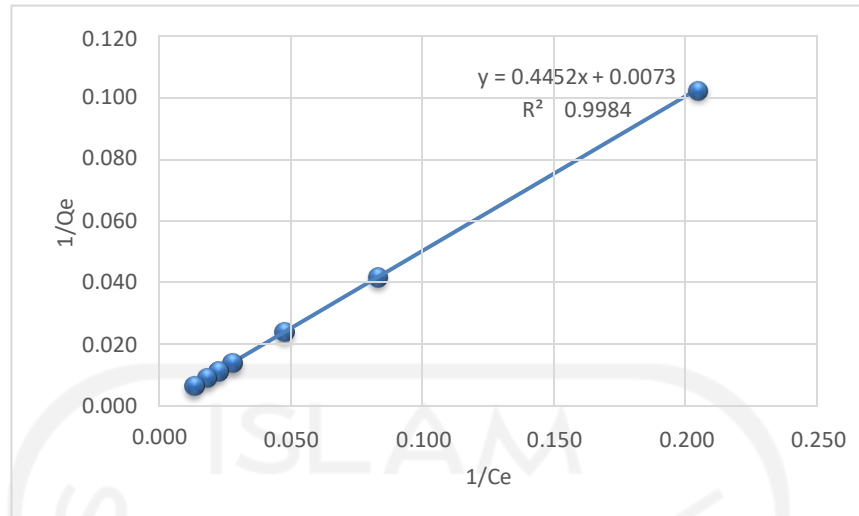
Dari data hasil pengujian variasi konsentrasi larutan dapat dihitung nilai dari kemampuan maksimum penyerapan arang aktif ampas kopi pada Tabel 4.7.

Tabel 4. 7 Data Penentuan Konstanta Langmuir Adsorben Arang Aktif Ampas Kopi

Massa Adsorben (mg)	pH	Konsentrasi Rencana	Cin (mg/L)	Cef (mg/L)	ΔC (mg/L)	Efisiensi Removal (%)	Langmuir		
							Qe (mg/g)	1/Qe	1/Ce
100	8	10	11.28	1.53	9.75	86.44	4.375	0.229	0.103
		25	27.80	3.78	24.02	86.40	12.010	0.083	0.042
		50	48.35	6.30	42.05	86.97	21.025	0.048	0.024
		75	76.13	4.20	71.93	94.48	35.965	0.028	0.014
		100	101.60	12.30	89.30	87.89	44.650	0.022	0.011
		150	138.80	28.05	110.75	79.79	55.375	0.018	0.009
		200	194.60	43.20	151.40	77.80	75.700	0.013	0.007

(Sumber: Data Primer, 2022)

Dari hasil nilai 1/Ce dan 1/qe akan diplotting untuk membuat grafik persamaan linear isoterm Langmuir. Dari grafik akan didapatkan R². Grafik persamaan linear dari isoterm Langmuir dapat dilihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4. 9 Kurva Kalibrasi isotherm Langmuir Adsorben Arang Aktif Ampas

Berdasarkan Gambar 4.8 diperoleh nilai $y = 0,4452x + 0,0073$ dengan slope $R^2 = 0,9984$ yang akan digunakan untuk menghitung nilai Q_m dari adsorben. Perhitungan nilai Q_m adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 Q_m &= 1/a \\
 &= 1/0,0073 \\
 &= 136,986 \text{ mg/g} \\
 K_L &= \frac{1}{b \cdot Q_m} \\
 &= \frac{1}{0,4452 \cdot 136,986 \text{ mg/g}} \\
 &= 0,016 \text{ mg/g}
 \end{aligned}$$

Artinya, dalam kapasitas maksimum logam Cd yang terserap sebesar $136,986 \text{ mg/g}$ dalam satu gram adsorben arang aktif ampas kopi dengan konstanta Langmuir $0,016 \text{ mg/g}$ yang mana kapasitas maksimum Cd (Q_m) dapat digunakan dalam perhitungan efektifitas penggunaan adsorben dalam skala besar.

4.4.2 Isoterm Freundlich

Adapun perhitungan dari persamaan pemodelan isoterm Freundlich sebagai berikut

$$q_e = K_f \cdot C_e^{1/n}$$

Dimana q_e merupakan jumlah zat yang teradsorpsi (mg/g), C_e adalah konsentrasi pada kesetimbangan (mg/l), K_f adalah konstanta Freundlich dan

n adalah konstanta. Jika nilai $n = 1$, maka adsorpsi yang terjadi adalah linear, dan untuk nilai $n < 1$ maka proses yang terjadi merupakan proses adsorpsi kimia, dan jika nilai $n > 1$ maka adsorpsi yang terjadi ialah adsorpsi fisika (Ozcan dkk., 2005). Nilai KL dan Kf merupakan indikator dari kapasitas adsorpsi. Untuk menentukan nilai Kf dan n, menggunakan persamaan :

$$\text{Log}(q_e) = \text{Log}(K_f) + \frac{1}{n} \text{log}(C_e)$$

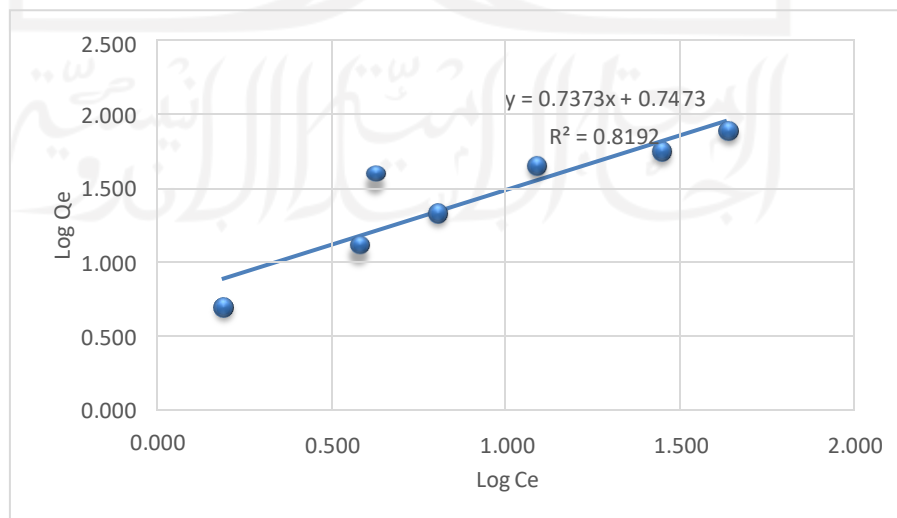
Dari persamaan-persamaan tersebut untuk metode Freundlich pada adsorben arang aktif ampas kopi dimasukkan kedalam bentuk Tabel 4.8

Tabel 4. 8 Data Penentuan Konstanta Freundlich Arang Aktif Ampas Kopi

Massa Adsorben (mg)	pH	C uji (mg/L)	Cin (mg/L)	Cef (mg/L)	ΔC (mg/L)	Efisiensi Removal (%)	Freundlich		
							Qe (mg/g)	Log Qe	Log Ce
100	8	10	11.28	1.53	9.75	86.44	4.875	0.688	0.185
		25	27.80	3.78	24.02	86.40	12.010	1.080	0.577
		50	48.35	6.30	42.05	86.97	21.025	1.323	0.799
		75	76.13	4.20	71.93	94.48	35.965	1.556	0.623
		100	101.60	12.30	89.30	87.89	44.650	1.650	1.090
		150	138.80	28.05	110.75	79.79	55.375	1.743	1.448
		200	194.60	43.20	151.40	77.80	75.700	1.879	1.635

(Sumber: Data primer, 2022)

Dari Tabel 4.9 kemudian di plotting pada grafik antara Log Ce pada sumbu x dan Log Qe pada sumbu y untuk mengetahui nilai R^2 dan menentukan model isotherm Freundlich. Grafik persamaan linier dari untuk adsorben ampas tebu dapat dilihat pada Gambar 4. 10



Gambar 4. 10 Kurva Kalibrasi isotherm Freundlich Adsorben Arang Aktif Ampas Kopi

Dari grafik pada Gambar 4.9 didapat persamaan $y = 0,7373x + 0,7473$ dengan slope $R^2 = 0,8192$. Persamaan tersebut didapatkan nilai Kf dan n berturut turut adalah 5,589 dan 1,356. Kemudian membandingkan nilai R^2 pada setiap grafik untuk menentukan model adsorbensi yang sesuai. Nilai R^2 yang paling besar akan digunakan untuk sampel adsorben. Perbandingan nilai R^2 pada antara isoterm Langmuir dan Freundlich dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4. 9 Parameter Model Isoterm Adsorpsi

Jenis Adsorben	Isoterm	Konstanta	Harga
Arang Aktif Ampas Kopi	Langmuir	Qm	136.99
		b	0.0164
		R^2	0.9984
	Freundlich	n	5.5886
		Kf	1.3563
		R^2	0.8192

(Sumber : Data Primer, 2022)

Pada Tabel 4.10 terlihat bahwa adsorpsi Cd oleh arang aktif ampas kopi teraktivasi HCl lebih mendekati isoterm Langmuir yang dapat dilihat dari koefisienn determinannya (R^2) yaitu sebesar 0.9984 yang mendekati nilai 1. Berdasarkan Tabel 4.10 perbandingan dari kedua tipe isoterm adsorpsi tersebut linieritas isoterm adsorpsi tipe Langmuir lebih mendekati nilai 1 dibandingkan dengan isoterm Freundlich. Dengan demikian kemungkinan adsorpsi bersifat kimia yang terjadi pada lapisan tunggal (monolayer) dengan membentuk ikatan kovalen koordinasi antara ion Cd dengan gugus hidroksil (OH). Oleh karena itu, isoterm tipe Langmuir lebih baik digunakan untuk mencirikan mekanisme adsorpsi arang aktif ampas kopi terhadap ion Cd.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan data yang diperoleh dan dianalisis dari percobaan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- a. Hasil analisis karakteristik arang aktif ampas kopi didapatkan kadar air sebesar 7% sedangkan kadar abu sebesar 3,85%. Hasil ini telah memenuhi standar mutu arang aktif berdasarkan SNI No. 06-3730-1995. Hasil analisis gugus fungsi FTIR menunjukkan adanya gugus fungsi (O-H) yang mampu berikatan dengan ion Cd. Hasil analisis pengamatan morfologi dengan SEM perbesaran 3000× menunjukkan pori-pori hasil aktivasi.
- b. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan efektifitas adsorben yaitu pada massa optimum adsorben 100 mg dengan efisiensi penyisihan Cd 52,46%. Uji variasi pH optimum terjadi pada pH 8 dengan efisiensi penyisihan Cd 91,84%. Waktu kontak optimum adsorpsi terjadi pada 90 menit dengan efisiensi penyisihan Cd 68,26%. Dan konsentrasi optimum 75 ppm dengan efisiensi sebesar 94,48%.
- c. Model kinetika adsorpsi yang sesuai untuk proses adsorpsi yang terjadi adalah pseudo orde pertama dengan nilai $R^2 = 0,9985$. Sedangkan isoterm adsorpsi yang sesuai untuk proses adsorpsi yang terjadi adalah isoterm Langmuir dengan nilai $R^2 = 0,9984$ dengan kapasitas adsorpsi adsorben arang aktif ampas kopi sebesar 136,986 mg/g.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, penulis memberikan beberapa saran untuk perbaikan penelitian selanjutnya. Berikut saran yang diberikan sebagai berikut:

- a. Perlakuan selanjutnya dapat divariasikan menggunakan air limbah asli (non-sintetis) sehingga dapat langsung diaplikasikan untuk pengolahan air limbah dari proses industri.

- b. Disarankan dalam penelitian selanjutnya melakukan aktivasi selain asam pada ampas kopi untuk mengetahui perbandingan adsorpsinya.
- c. Dalam penelitian selanjutnya melakukan penggabungan bahan lain atau menggunakan ampas kopi tidak teraktivasi sebagai bahan baku perbandingan penelitian selanjutnya.



DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrahman, Suhendrayatna, & Syahiddin DS. (2016). Pengaruh Aktivasi Adsorben Biomassa Terhadap Gugus Hidroksil Pada Proses Adsorpsi Ion Logam Timbal (Pb). *Jurnal Teknik Kimia USU*, 5(3), 7–11.
- Aisyahlika, S.Z.; Firdaus, M.L.; Elvia, R. (2018). Kapasitas Adsorpsi Arang Aktif Cangkang Bintaro (*Cerbera odollam*) Terhadap Zat Warna Sintesis Reactive RED-120 Dan Reactive BLUE-198. *Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Kimia*, 2(2), 148–155.
- Alaswad, S. O., Lakshmi, K. B., Sudha, P. N., Gomathi, T., & Arunachalam, P. (2020). International Journal of Biological Macromolecules Toxic heavy metal cadmium removal using chitosan and polypropylene based fiber composite. *International Journal of Biological Macromolecules*, 164, 1809–1824. =
- Alfiany, H., B.Syaiful, dan N. (2013). *Kajian Penggunaan Arang Aktif Tongkol Jagung Sebagai Adsorben Logam Pb Dengan Beberapa Aktivator Asam*. 2(3), 75–86.
- Amrin, & Ardilla, D. (2013). Analisis Besi (Fe) dan Aluminium (Al) Dalam Tanah Lempung Secara Spektrofotometri Serapan Atom. *Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung*, 17–22.
- Anwar Daud, Abdul Wahid Akbar, A. M. (2014). Analisis Risiko Lingkungan Logam Berat Cadmium (Cd) Pada Sedimen Air Laut Di wilayah Pesisir Kota Makassar. *Makassar: Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin*, 3(April), 49–58.
- Ashadi, Haryono, P. (2015). Aktivasi, Karakterisasi Dan Aplikasi Bagasse Fly Ash Sebagai Adsorben Zat Warna Tekstil. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Sains (SNPS): UNS, November*, 561–572.
- Baig, T. H., Garcia, A. E., Tiemann, K. J., & Paso, E. (1999). Adsorption of Heavy Metal Ions By the Biomass of *Solanum Elaeagnifolium* (Silverleaf Night-Shade). *Hazardous Waste Research Conference Proceedings*, 131–142.
- Ballesteros, L. F., Teixeira, J. A., & Mussatto, S. I. (2014). Chemical, Functional, and Structural Properties of Spent Coffee Grounds and Coffee Silverskin. *Food and Bioprocess Technology*, 7(12), 3493–3503.

- Caetano, N. S., Silvaa, V. F. M., & Mata, T. M. (2012). Valorization of coffee grounds for biodiesel production. *Chemical Engineering Transactions*, 26, 267–272.
- Fernianti, D. (2013). Analisis kemampuan adsorpsi karbon aktif dari ampas kopi bubuk yang sudah diseduh. *Berkala Teknik*, 3(2), 563–572.
- Fitriani, I., & Fadli, A. (2016). Kinetika Adsorpsi pada Penjerapan Ion Timbal Pb^{2+} Terlarut dalam Air Menggunakan Partikel Tricalcium Phosphate. *Jurnal FTEKNIK*, 3(1).
- Hananingtyas, I. (2017). *Studi Pencemaran Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) pada Ikan Tongkol (Euthynnus sp .) di Pantai Utara Jawa*. 1(2).
- Hasrianti. (2012). Adsorpsi Ion Cd^{2+} Pada Limbah Cair Menggunakan Kulit Singkong. *Jurnal Dinamika: Universitas Cokroaminoto Palopo*, 40(5).
- Ida Rofida, Nur Endah Wahyuningsih, N. (2018). Efektivitas Arang Aktif Kayu Dengan Variasi Ukuran Adsorben Dan Debit Aliran Dalam Menurunkan Kadar Kadmium (Cd) Pada Limbah Cair Pertanian. *Kesehatan Masyarakat*, 6, 150–158.
- Imawati, A., & Adhitiyawarman. (2015). Kapasitas adsorpsi maksimum ion Pb (II) oleh arang aktif ampas kopi teraktivasi HCl dan H_3PO_4 . *Jurnal Kimia Khatulistiwa (JKK)*, 4(2), 50–61.
- Irmanto, I., & Suyata, S. (2009). Penurunan Kadar Amonia, Nitrit, Dan Nitrat Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Arang Aktif Dari Ampas Kopi. *Molekul*, 4(2), 105.
- Khoirunnisa Dyah Kartikasari, Nur Endah Wahyuningsih, N. (2015). Efektivitas Arang Aktif Bonggol Jagung Dengan Variasi Massa Dan Waktu Kontak Dalam Mengurangi Kadar Timbal (Pb) Pada Larutan Pestisida Mengandung Timbal. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 3(April), 49–58.
- Krismastuti, F., Budiman H., dan S. A. (2016). Adsorption Cadmium Ion by Silica Modified (Adsorpsi Ion Cadmium dengan Silika Modifikasi). *LIPi, Serpong.*, March.
- Kyzas, G. Z. (2012). *Commercial Coffee Wastes as Materials for Adsorption of Heavy Metals from Aqueous Solutions*. 1826–1840.

- La Hasan, N., Zakir, M., & Budi, P. (2015). Desilikasi karbon aktif sekam padi sebagai adsorben hg pada limbah pengolahan emas di kabupaten buru propinsi maluku. *Indonesia Chimica Acta*, 7(2), 1–11.
- Lestari, I. A., & Yusuf, B. (2014). Adsorpsi Logam Kadmium (Cd) Oleh Arang Aktif Dari Tempurung Aren (Arenga Pinnata) Dengan Aktivator Hcl. *Jurnal Kimia*, 12, 25–31.
- Ma'rifat, Didik Krisdiyanto, K. dan I. N. (2014). Sintesis Zeolit Dari Abu Dasar Batu Bara Dan Aplikasinya Sebagai Adsorben Logam Merkuri (II). *Jurusan Kimia: UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta*, 9, 73–83.
- Mariana, Marwan, M., Mulana, F., Yunardi, Y., Ismail, T. A., & Hafdiansyah, M. F. (2018). Activation and characterization of waste coffee grounds as bio-sorbent. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 334(1).
- Maryono, Sudding, & Rahmawati. (2013). Pembuatan dan Analisis Mutu Briket Arang Tempurung Kelapa Ditinjau dari Kadar Kanji. *Jurnal Chemica*, 14(1), 74–83.
- Moelyaningrum, A. D. (2018). The Potential of Cacao Pod Rind Waste (Theobroma cacao) to Adsorb Heavy Metal (Pb and Cd) in Water. *Sustainable Future for Human Security: Society, Cities and Governance*, 265–276.
- Mohiuddin, K. M., Ogawa, Y., Zakir, H. M., Otomo, K., & Shikazono, N. (2011). Heavy metals contamination in water and sediments of an urban river in a developing country. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 8(4), 723–736.
- Mussatto, S. I., Machado, E. M. S., Martins, S., & Teixeira, J. A. (2011). Production, Composition, and Application of Coffee and Its Industrial Residues. *Food and Bioprocess Technology*, 4(5), 661–672.
- Noer, S., Pratiwi, R. D., & Gresinta, E. (2015). Pemanfaatan Kulit Durian sebagai Adsorben Biodegradable Limbah Domestik Cair. *Faktor Exacta*, 8(1), 75–78.
- Nomanbhay, S. M., & Palanisamy, K. (2005). Removal of heavy metal from industrial wastewater using chitosan coated oil palm shell charcoal. *Electronic Journal of Biotechnology*, 8(1), 43–53.
- Nurafriyanti, N., Prihatini, N. S., & Syauqiah, I. (2017). Pengaruh Variasi Ph Dan Berat Adsorben Dalam Pengurangan Konsentrasi Cr Total Pada Limbah

- Artifisial Menggunakan Adsorben Ampas Daun Teh. *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)*, 3(1), 56–65.
- Nurhasni, N., Firdiyono, F., & Sya'ban, Q. (2012). Penyerapan Ion Aluminium dan Besi dalam Larutan Sodium Silikat Menggunakan Karbon aktif. *Jurnal Kimia VALENSI*, 2(4).
- Nurhidayanti, N., Mulyani, N., & Tarnita, T. (2020). *Studi Komparasi Penurunan COD menggunakan Metode Fitoremediasi Tanpa Filter dan dengan Filter Karbon Aktif dari Ampas Kopi*. 7(2), 31–38.
- Özcan, A. S., Erdem, B., & Özcan, A. (2005). Adsorption of Acid Blue 193 from aqueous solutions onto BTMA-bentonite. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 266(1–3), 73–81.
- Pairat Kaewasarn, Wanna Saikaew, S. W. (2008). Dried Biosorbent Derived from Banana Peel: A Potential Biosorbent for Removal of Cadmium Ions from Aqueous Solution Pairat. *Biochemical Engineering Journal*, 40(2), 357–362.
- Pradhana, Giffari Pijai, Wirawan Teguh, I. Y. L. S. (2021). Pembuatan Adsorben Dari Ampas Biji Kopi Sebagai Arang Aktif Untuk Penyerapan Zat Warna Rhodamin B. *Prosiding Seminar Nasional Kimia 2021*, 58–66.
- Rivas, B., Moldes, A. B., Domínguez, J. M., & Parajó, J. C. (2004). Lactic acid production from corn cobs by simultaneous saccharification and fermentation: A mathematical interpretation. *Enzyme and Microbial Technology*, 34(7), 627–634.
- Riwayati, I., & Hartati, I. (2016). *Optimization Variables Process of Adsorption lead and Cadmium Using Xanthated Coffe Pulp Chemical Engineering Optimization Variables Process of Adsorption lead and Cadmium Using Xanthated Coffe Pulp. November 2013*.
- Sahara, E., W. D. Sulihingtyas, dan I. P. A. S., & Mahardika. (2017). Pembuatan Dan Karakterisasi Arang Aktif Dari Batang Taanaman Gunitir (*Tagetes erecta*) Yang Diaktivasi Dengan H₃PO₄. *Jurnal Kimia*, 11(1), 1–9.
- Salehi, E., Daraei, P., & Arabi Shamsabadi, A. (2016). A review on chitosan-based adsorptive membranes. *Carbohydrate Polymers*, 152, 419–432.
- Sanjaya Okky Wijayanto, A. . B. (2014). Analisis Kegagalan Material Pipa Ferrule Nickel Alloy N06025 Pada Waste Heat Boiler Akibat Suhu Tinggi

- Berdasarkan Pengujian: Mikrografi Dan Kekerasan. *Jurnal Teknik Mesin Undip*, 1(4), 33–39.
- Sari, N. W., & Fajri, M. Y. (2018). Analisis Fitokimia dan Gugus Fungsi Dari Ekstrak Etanol Pisang Goroho Merah (*Musa Acuminata* (L)). *Indonesian Journal of Biotechnology and Biodiversity*, 2(1), 30–34.
- Sedyanto, A. P. (2018). *Adsorben Terenkapsulasi Na-Alginat Penyerap Logam Berat Pb (Ii) Dalam Air The Development Of Fiber Adsorbent Based On Cassava Peel To Remove Pb Ion In Water. Ii*, 1–17.
- Selvi, A., Rajasekar, A., Theerthagiri, J., Ananthaselvam, A., Sathishkumar, K., Madhavan, J., & Rahman, P. K. S. M. (2019). Integrated remediation processes toward heavy metal removal/recovery from various environments- A review. *Frontiers in Environmental Science*, 7(May).
- Sharma, H., Rawal, N., & Mathew, B. B. (2015). The Characteristics, Toxicity and Effects of Cadmium. *International Journal of Nanotechnology and Nanoscience*, 3(January), 1–9.
- Siregar, R. D., Zaharah, T. A., & Wahyuni, N. (2015). Penurunan Kadar COD (Chemical Oxygen Demand) Limbah Cair Industri Kelapa Sawit Menggunakan Arang Aktif Biji Kapuk (*Ceiba Petandra*). *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 4(2), 62–66.
- Srivastava, P., & Angove, M. (2004). *Competitive adsorption of cadmium (II) onto kaolinite as affected by pH. December 2004*, 5–9.
- Suhud, I., Tiwow, V., & Hamzah, B. (2012). Adsorpsi Ion Kadmium(Ii) Dari Larutannya Menggunakan Biomassa Akar Dan Batang Kangkung Air (*Ipomoea aquatica* Forks) (Adsorption of Cadmium(II) Ion from its Solution by Using Biomass of Roots and Stemsâ Water Spinach (*Ipomoea Aquatic* Forsk)). *Jurnal Akademika Kimia*, 1(4), 224182.
- Supriyantini, E., Yulianto, B., Ridlo, A., Sedjati, S., & Nainggolan, A. C. (2018). Pemanfaatan Chitosan Dari Limbah Cangkang Rajungan (*Portunus pelagicus*) sebagai Adsorben Logam Timbal (Pb). *Jurnal Kelautan Tropis*, 21(1), 23.
- Susanto, T. (2011). Kajian Kemampuan Adsorpsi Zeolit Alam Aktif Terimmobilisasi Dithizon Terhadap Limbah Ion Logam Cd(Ii) Terkompetisi Mg(Ii) Dan Cu(Ii) Secara Simultan. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*,

22(1), 41–47.

- Suwazan, D., Nurhidayanti, N., Fahmi, A. B., & Riyadi, A. (2022). Pemanfaatan Kitosan Dan Karbon Aktif Dari Ampas Teh Dalam Menurunkan Logam Kadmium Dan Arsen Pada Limbah Industri PT X. *Jurnal Reka Lingkungan*, 10(2), 91–102.
- Syauqiah, I., Amalia, M., & Kartini, H. A. (2011). Analisis Variasi Waktu dan Kecepatan Pengadukan Pada Proses Adsorpsi. *Info Teknik*, 12(1), 11–20.
- Utomo, H. D. (2015). Lead Adsorption onto Various Solid Surfaces. *Natural Resources*, 06(03), 152–158.
- Verayana, Paputungan, M., & Iyabu, H. (2018). Pengaruh aktivator HCl dan H₃PO₄ terhadap karakteristik (morfologi pori) arang aktif tempurung kelapa serta uji adsorpsi pada logam timbal (Pb). *Jurnal Entropi*, 13(1), 67–75.
- Widayatno, T., Yuliawati, T., Susilo, A. A., Studi, P., Kimia, T., Teknik, F., & Muhammadiyah, U. (2017). Adsorpsi Logam Berat (Pb) dari Limbah Cair dengan Adsorben Arang Bambu Aktif. *Jurnal Teknologi Bahan Alam*, 1(1), 17–23.
- Wulan, S. P., Thamrin, & Amin, B. (2013). Konsentrasi, Distribusi Dan Korelasi Logam Berat Pb, Cr Dan Zn Pada Air Dan Sedimen Di Perairan Sungai Siak Sekitar Dermaga Pt. Indah Kiat Pulp And Paper Perawang – Propinsi Riau. *Jurnal Kajian Lingkungan, Pekanbaru*, 1(1), 72–92.
- Yuningsih, L. M., Mulyadi, D., & Kurnia, A. J. (2016). Pengaruh Aktivasi Arang Aktif dari Tongkol Jagung dan Tempurung Kelapa Terhadap Luas Permukaan dan Daya Jerap Iodin. *Jurnal Kimia VALENSI*, 2(1), 30–34.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Perhitungan

Keterangan:

V1 = Volume larutan induk (ml)

M1 = Konsentrasi larutan induk (ppm)

V2 = Volume larutan yang diencerkan (ml)

M2 = Konsentrasi larutan yang diencerkan (ppm)

1. Perhitungan Kualitas Karbon

a. Kadar Air

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{M_o - M}{M} \times 100\%$$

Keterangan :

M_o = berat sampel awal sebelum pengeringan (g)

M = berat sampel awal setelah pengeringan (g)

$$\begin{aligned} \text{Kadar Air (\%)} &= \frac{2 \text{ gram} - 1,86 \text{ gram}}{2 \text{ gram}} \times 100\% \\ &= 7\% \end{aligned}$$

b. Kadar Abu

$$\text{Kadar Abu (\%)} = \frac{F - G}{B - G} \times 100\%$$

Keterangan :

B = Massa cawan porselin ditambah sampel kering (gram)

F = Massa cawan porselin ditambah abu (gram)

G = Massa cawan porselin kosong (gram)

$$\text{Kadar Abu (\%)} = \frac{49,748 \text{ gram} - 49,671 \text{ gram}}{51,671 \text{ gram} - 49,671 \text{ gram}} \times 100\%$$

Kadar Abu (%) = 3,85 %



2. Pembuatan Larutan Cd 100 ppm

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$V_1 = \frac{(V_2 \times M_2)}{M_1}$$

$$V_1 = \frac{(500 \text{ mL} \times 100 \text{ ppm})}{1000 \text{ ppm}}$$

$$V_1 = \frac{50000 \text{ ppm} \cdot \text{mL} / 1000 \text{ ppm}}{1000 \text{ ppm}}$$

$$V_1 = 50 \text{ ml}$$

3. Preparasi Larutan Penyangga

a. Larutan Penyangga pH 2

397 mL KCl 0,2 M + 103 mL HCl 0,2 M

- 397 mL KCl 0,2 M

$$0,2 \text{ M} = \frac{\text{gr}}{\text{Mr KCl}} \times \frac{500}{397 \text{ mL}}$$

$$0,2 \text{ M} = \frac{\text{gr}}{74,5} \times \frac{500}{397 \text{ mL}}$$

$$\text{gr} = 11,83 \text{ gram}$$

- HCl 103 mL 0,2 M

Jadi 11,83 gram KCl dilarutkan dengan 397 mL aquadest kemudian ditambahkan 103 mL HCl 0,2 M dan larutan penyangga pH 2 siap digunakan.

b. Larutan Penyangga pH 4

499 mL KHP 0,1 M + 1 mL HCl 0,1 M

- 499 mL KHP 0,1 M

$$0,1 \text{ M} = \frac{\text{gr}}{\text{Mr KHP}} \times \frac{500}{397 \text{ mL}}$$

$$0,1 \text{ M} = \frac{\text{gr}}{71,08} \times \frac{500}{499 \text{ mL}}$$

$$\text{gr} = 4,89 \text{ gram}$$

- HCl 103 mL 0,2 M

Jadi 4,89 gram KHP dilarutkan dengan 397 mL aquadest kemudian ditambahkan 103 mL HCl 0,1 M dan larutan penyangga pH 4 siap digunakan

c. Larutan Penyangga pH 6

450 mL KH_2PO_4 0,1 M + 50 mL NaOH 0,1 M

- 450 mL KH_2PO_4 0,1 M

$$0,1 \text{ M} = \frac{\text{gr}}{\text{Mr } \text{KH}_2\text{PO}_4} \times \frac{500}{450 \text{ mL}}$$

$$0,1 \text{ M} = \frac{\text{gr}}{136} \times \frac{500}{450 \text{ mL}}$$

$$\text{gr} = 12,24 \text{ gram}$$

- 50 mL NaOH 0,1 M

$$0,1 \text{ M} = \frac{\text{gr}}{\text{Mr NaOH}} \times \frac{500}{50 \text{ mL}}$$

$$0,1 \text{ M} = \frac{\text{gr}}{40} \times \frac{500}{50 \text{ mL}}$$

$$\text{gr} = 0,4 \text{ gram}$$

Jadi 12,24 gram KH_2PO_4 dilarutkan dengan 450 mL aquadest dan 0,4 gram NaOH dengan 50 mL aquadest kemudian kedua larutan tersebut dihomogenkan. Larutan penyangga pH 6 siap digunakan.

d. Larutan Penyangga pH 8

260 mL KH_2PO_4 0,1 M + 240 mL NaOH 0,1 M

- 260 mL KH_2PO_4 0,1 M

$$0,1 \text{ M} = \frac{\text{gr}}{\text{Mr } \text{KH}_2\text{PO}_4} \times \frac{500}{260 \text{ mL}}$$

$$0,1 \text{ M} = \frac{\text{gr}}{136} \times \frac{500}{260 \text{ mL}}$$

$$\text{gr} = 7,07 \text{ gram}$$

- 240 mL NaOH 0,1 M

$$0,1 \text{ M} = \frac{\text{gr}}{\text{Mr NaOH}} \times \frac{500}{240 \text{ mL}}$$

$$0,1 \text{ M} = \frac{\text{gr}}{40} \times \frac{500}{240 \text{ mL}}$$

$$\text{gr} = 1,92 \text{ gram}$$

Jadi 7,07 gram KH_2PO_4 dilarutkan dengan 260 mL aquadest dan 1,92 gram NaOH dengan 240 mL aquadest kemudian kedua larutan tersebut dihomogenkan. Larutan penyangga pH 8 siap digunakan.

e. Larutan Penyangga pH 10

366 mL $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 25mM + 134 mL NaOH 0,1 M

- 366 mL $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 25mM

$$0,025 \text{ M} = \frac{\text{gr}}{Mr \text{ Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}} \times \frac{500}{366 \text{ mL}}$$

$$0,025 \text{ M} = \frac{\text{gr}}{382} \times \frac{500}{366 \text{ mL}}$$

$$\text{gr} = 6,99 \text{ gram}$$

- 134 mL NaOH 0,1 M

$$0,1 \text{ M} = \frac{\text{gr}}{Mr \text{ NaOH}} \times \frac{500}{134 \text{ mL}}$$

$$0,1 \text{ M} = \frac{\text{gr}}{40} \times \frac{500}{134 \text{ mL}}$$

$$\text{gr} = 1,07 \text{ gram}$$

Jadi, 6,99 gram $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ dilarutkan dengan 366 mL aquadest dan 1,07 gram NaOH dengan 134 mL aquadest kemudian kedua larutan tersebut dihomogenkan. Larutan penyangga pH 10 siap digunakan.

4. Pembuatan Larutan Standar

- **Larutan 10 ppm**

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$V_1 = \frac{V_2 \times M_2}{M_1}$$

$$V_1 = \frac{(100 \text{ mL} \times 10 \text{ ppm})}{1000 \text{ ppm}}$$

$$V_1 = \frac{1000 \text{ ppm} \cdot \text{mL}}{1000 \text{ ppm}}$$

$$V_1 = 1 \text{ ml}$$

- **Larutan 50 ppm**

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$V_1 = \frac{V_2 \times M_2}{M_1}$$

$$V_1 = \frac{(100 \text{ mL} \times 50 \text{ ppm})}{1000 \text{ ppm}}$$

$$V_1 = \frac{5000 \text{ ppm} \cdot \text{mL}}{1000 \text{ ppm}}$$

$$V1 = 5 \text{ ml}$$

- **Larutan 100 ppm**

$$V1 \times M1 = V2 \times M2$$

$$V1 = \frac{V2 \times M2}{M1}$$

$$V1 = \frac{(100 \text{ mL} \times 100 \text{ ppm})}{1000 \text{ ppm}}$$

$$V1 = \frac{10000}{\frac{\text{ppm.mL}}{1000 \text{ ppm}}}$$

$$V1 = 10 \text{ ml}$$

- **Larutan 150 ppm**

$$V1 \times M1 = V2 \times M2$$

$$V1 = \frac{V2 \times M2}{M1}$$

$$V1 = \frac{(100 \text{ mL} \times 150 \text{ ppm})}{1000 \text{ ppm}}$$

$$V1 = \frac{15000}{\frac{\text{ppm.mL}}{1000 \text{ ppm}}}$$

$$V1 = 15 \text{ ml}$$

- **Larutan 200 ppm**

$$V1 \times M1 = V2 \times M2$$

$$V1 = \frac{V2 \times M2}{M1}$$

$$V1 = \frac{(100 \text{ mL} \times 200 \text{ ppm})}{1000 \text{ ppm}}$$

$$V1 = \frac{20000}{\frac{\text{ppm.mL}}{1000 \text{ ppm}}}$$

$$V1 = 20 \text{ ml}$$

- **Larutan 250 ppm**

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$V_1 = \frac{V_2 \times M_2}{M_1}$$

$$V_1 = \frac{(100 \text{ mL} \times 250 \text{ ppm})}{1000 \text{ ppm}}$$

$$V_1 = \frac{25000}{\frac{\text{ppm} \cdot \text{mL}}{1000 \text{ ppm}}}$$

$$V_1 = 25 \text{ ml}$$

5. Pembuatan 100 mL HCl 0,1 M

Larutan HCl (hydrogen chloride) yang digunakan untuk mengaktivasi adsorben 1:3, jadi untuk mengaktivasi 50 gram arang ampas kopi maka dibutuhkan 100 mL larutan HCl.

Masa atom relative (Ar)

Ar H : 1 g/gmol

Ar Cl : 35,5 g/gmol

Volume : 100 mL

Mr HCl : (Ar H) + (Ar Cl) = (1) + (35,5) = 36,5 g/gmol

HCl PA : 37% berat

Massa jenis HCl 37% pada 20°C : 1,185 g/cm³

$$M = \frac{1000 \times p \times \% \text{ mass}}{Mr \text{ HCl}} = \frac{1000 \times 1,185 \times 0,37}{36,5} = 12 \text{ M}$$

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$V_1 = \frac{V_2 \times M_2}{M_1}$$

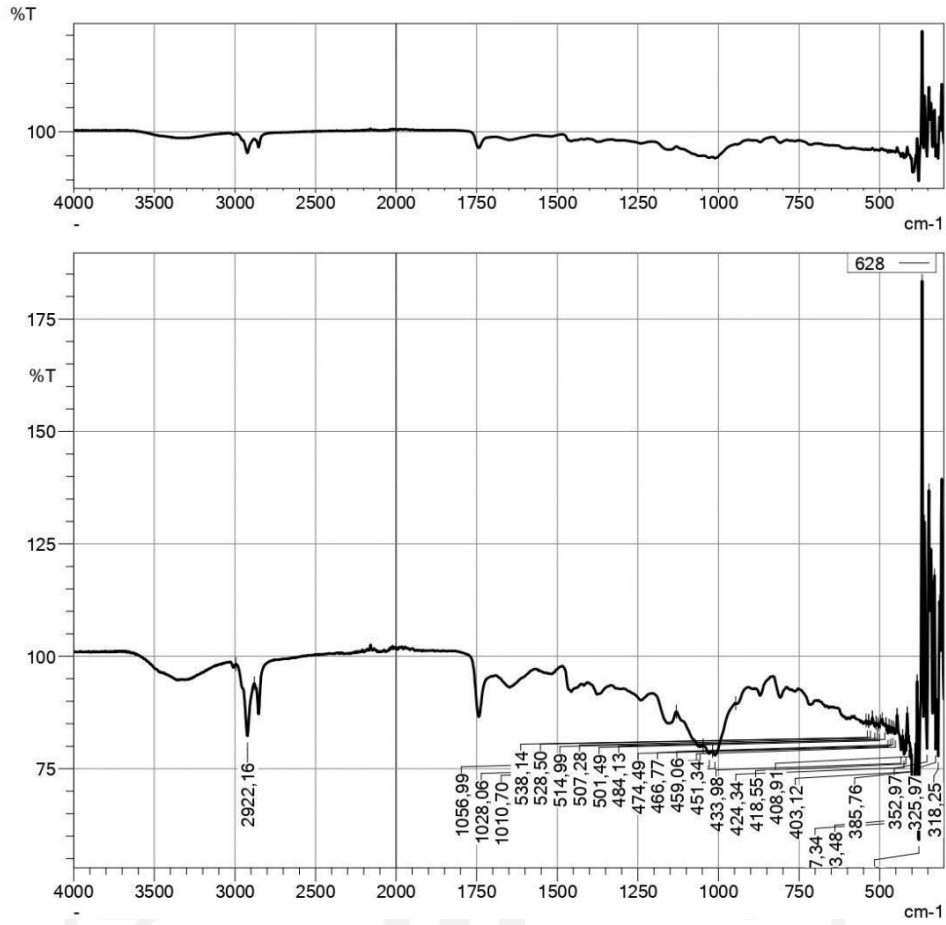
$$V_1 = \frac{(100 \text{ mL} \times 0,1 \text{ ppm})}{12 \text{ ppm}}$$

$$V_1 = 0,833 \text{ mL}$$

Jadi, kebutuhan HCl untuk membuat HCl 0,1 M sebanyak 0,83 mL

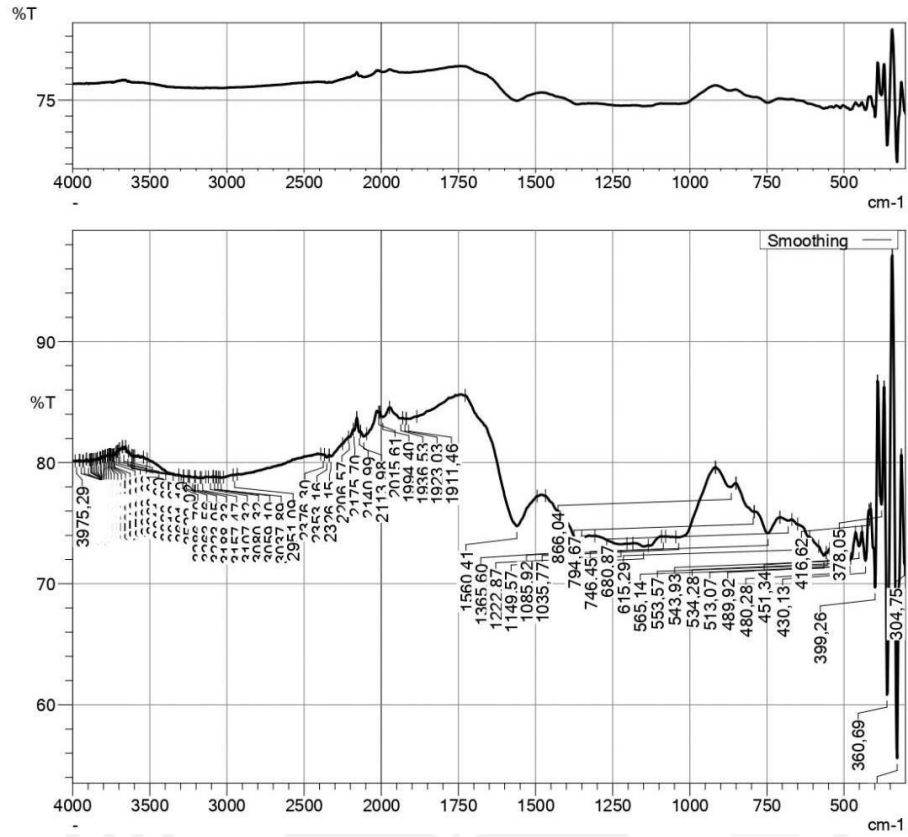
Lampiran 2 Data Karakteristik FTIR

a. Adsorben Ampas Kopi Kering



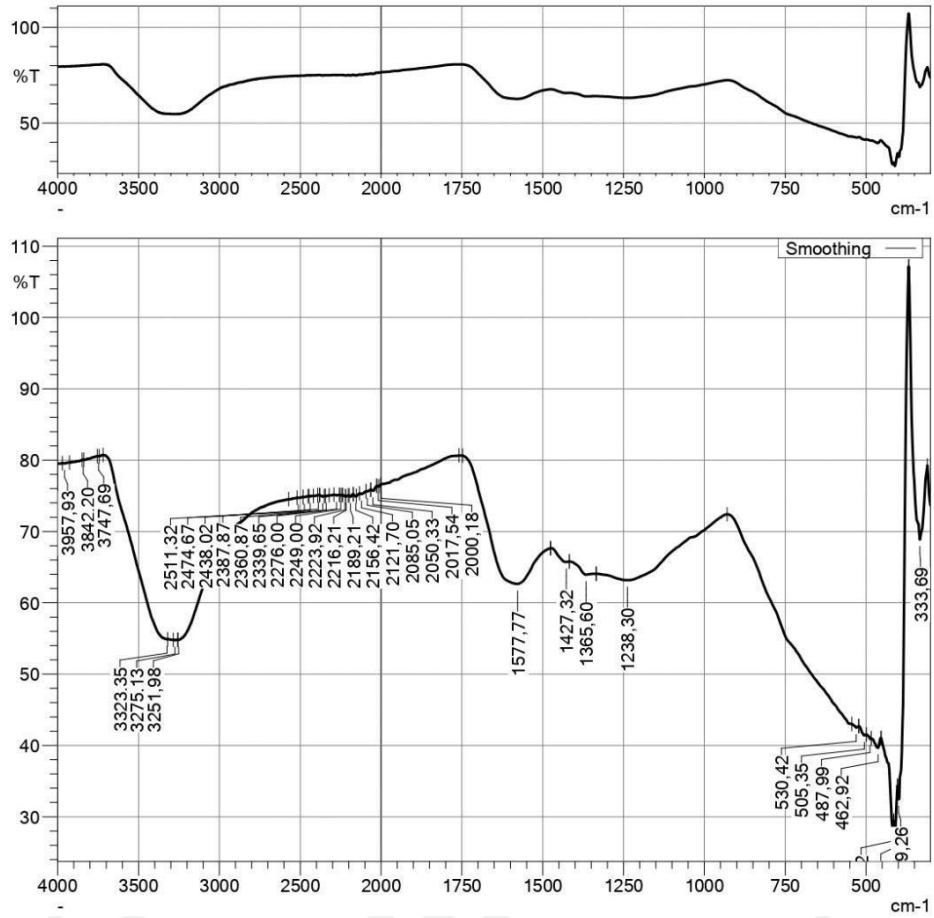
	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area	Comment
1	318,25	77,81	22,85	322,11	314,40	75,970	81,017	
2	325,97	79,34	24,17	329,83	322,11	69,643	96,729	
3	352,97	79,49	54,40	360,69	347,19	-53,653	397,216	
4	378,05	59,18	68,63	383,83	368,40	170,178	770,974	
5	385,76	77,39	10,11	387,69	383,83	67,730	19,492	
6	393,48	66,88	4,58	395,41	387,69	215,859	19,161	
7	397,34	66,20	5,44	401,19	395,41	179,667	24,832	
8	403,12	77,30	1,69	406,98	401,19	122,409	3,534	
9	408,91	80,65	1,80	414,70	406,98	132,564	9,513	
10	418,55	79,02	4,29	420,48	414,70	102,463	11,588	
11	424,34	78,20	3,61	428,20	420,48	155,587	15,235	
12	433,98	79,18	4,65	445,56	428,20	310,711	43,542	
13	451,34	82,77	2,73	457,13	445,56	184,453	16,648	
14	459,06	83,27	0,85	462,92	457,13	94,768	3,071	
15	466,77	83,05	1,34	470,63	462,92	125,125	4,689	
16	474,49	82,84	1,82	480,28	470,63	155,589	8,025	
17	484,13	84,47	0,78	491,85	480,28	174,172	5,738	
18	501,49	84,20	0,94	505,35	497,63	117,541	2,933	
19	507,28	84,73	0,21	511,14	505,35	87,672	0,924	
20	514,99	84,41	1,18	522,71	511,14	171,232	6,689	
21	528,50	84,90	1,06	534,28	522,71	169,478	7,052	
22	538,14	84,91	0,73	542,00	534,28	113,930	3,160	
23	1010,70	77,98	2,18	1018,41	947,05	1148,663	28,358	
24	1028,06	78,38	1,01	1047,35	1018,41	604,309	13,417	
25	1056,99	79,87	1,15	1130,29	1047,35	1401,879	67,888	
26	2922,16	82,28	13,31	2993,52	2879,72	952,414	512,357	

b. Adsorben Arang Kopi



	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area	Comment
1	304.75	71.68	1.51	314.40	302.82	279.838	4.068	
2	327.90	55.60	32.72	343.33	314.40	783.503	461.549	
3	360.69	60.82	29.29	370.33	343.33	625.794	400.803	
4	378.05	76.54	9.87	391.55	370.33	409.399	122.561	
5	399.26	69.69	13.19	412.77	391.55	544.883	151.193	
6	416.62	75.84	0.26	418.55	412.77	138.918	0.713	
7	430.13	71.90	3.28	441.70	418.55	613.110	38.699	
8	451.34	73.09	1.18	462.92	441.70	559.763	13.838	
9	480.28	71.93	0.27	486.06	478.35	214.999	1.384	
10	489.92	72.47	0.27	501.49	486.06	419.639	1.950	
11	513.07	72.47	0.84	524.64	501.49	625.681	7.857	
12	534.28	72.68	0.41	540.07	524.64	417.514	2.856	
13	543.93	72.88	0.05	545.85	540.07	156.767	0.137	
14	553.57	72.54	0.14	557.43	545.85	316.009	0.495	
15	565.14	72.32	0.41	582.50	557.43	686.391	5.164	
16	615.29	73.85	0.13	650.01	611.43	985.502	-2.261	
17	680.87	75.22	0.14	707.88	669.30	951.916	2.889	
18	746.45	74.17	1.53	790.81	707.88	2069.161	55.509	
19	794.67	75.94	0.16	850.61	790.81	1383.468	15.740	
20	866.04	77.99	0.62	916.19	850.61	1403.518	23.633	
21	1035.77	73.84	0.46	1045.42	916.19	3069.370	63.691	
22	1085.92	73.89	0.02	1091.71	1078.21	352.430	0.120	
23	1149.57	73.07	0.14	1184.29	1134.14	1343.648	2.088	
24	1222.87	73.26	0.17	1307.74	1203.58	2757.148	10.969	
25	1365.60	73.67	0.64	1467.83	1350.17	2896.555	21.940	
26	1560.41	74.76	4.81	1728.22	1494.83	4786.757	445.696	
27	1911.46	83.62	0.06	1919.17	1884.45	566.024	0.995	
28	1923.03	83.62	0.03	1930.74	1919.17	189.343	0.252	
29	1936.53	83.65	0.15	1973.18	1930.74	679.285	5.530	
30	1994.40	83.77	0.55	2007.90	1973.18	554.594	11.662	
31	2015.61	84.14	0.02	2017.54	2011.76	91.707	0.061	
32	2113.98	82.15	0.32	2135.20	2094.69	716.473	6.855	
33	2140.99	82.51	0.36	2158.35	2135.20	395.272	5.104	
34	2175.70	82.64	0.34	2181.49	2158.35	393.480	5.117	
35	2206.57	82.10	0.15	2212.35	2181.49	545.439	3.323	
36	2326.15	80.52	0.23	2337.72	2250.93	1651.529	10.901	
37	2353.16	80.43	0.22	2368.59	2337.72	600.435	3.196	
38	2376.30	80.64	0.04	2391.73	2368.59	447.447	0.449	
39	2951.09	78.97	0.04	2960.73	2933.73	567.191	0.491	
40	3037.89	78.75	0.03	3045.60	3022.45	491.373	0.344	
41	3059.10	78.79	0.01	3066.82	3055.24	245.358	0.085	
42	3080.32	78.81	0.02	3089.96	3074.53	326.778	0.137	
43	3107.32	78.79	0.03	3120.82	3089.96	653.872	0.434	
44	3157.47	78.73	0.04	3165.19	3138.18	573.383	0.580	
45	3188.33	78.73	0.08	3203.76	3172.90	655.166	1.150	
46	3223.05	78.78	0.07	3242.34	3209.55	694.716	1.122	
47	3263.56	78.84	0.05	3280.92	3251.98	611.460	0.725	
48	3286.70	78.88	0.03	3311.78	3280.92	650.659	0.696	
49	3522.02	80.29	0.04	3541.31	3518.16	454.769	0.571	
50	3601.10	80.52	0.05	3606.89	3597.24	187.665	0.213	
51	3612.67	80.51	0.07	3616.53	3606.89	187.755	0.422	
52	3620.39	80.57	0.09	3637.75	3616.53	409.069	1.110	
53	3641.60	80.80	0.23	3657.04	3637.75	367.052	3.275	
54	3668.61	81.13	0.19	3678.25	3657.04	398.333	2.078	
55	3693.68	81.05	0.11	3697.54	3678.25	363.842	1.620	
56	3703.33	80.93	0.08	3707.18	3697.54	183.217	0.328	
57	3716.83	80.85	0.03	3718.76	3711.04	147.485	0.122	
58	3726.47	80.64	0.11	3732.26	3718.76	260.386	0.596	
59	3734.19	80.59	0.06	3738.05	3732.26	112.209	0.189	
60	3741.90	80.59	0.03	3745.76	3738.05	149.648	0.108	
61	3749.62	80.57	0.07	3753.48	3745.76	149.629	0.255	
62	3757.33	80.63	0.03	3759.26	3753.48	111.978	0.083	
63	3765.05	80.62	0.03	3766.98	3759.26	149.388	0.128	
64	3772.76	80.59	0.02	3774.69	3766.98	149.596	0.102	
65	3782.41	80.55	0.04	3788.19	3774.69	262.348	0.300	
66	3792.05	80.47	0.05	3793.98	3788.19	112.753	0.088	
67	3799.77	80.43	0.05	3803.63	3793.98	188.468	0.273	
68	3815.20	80.36	0.04	3817.13	3807.48	188.707	0.087	
69	3820.98	80.35	0.03	3824.84	3817.13	151.443	0.123	
70	3834.49	80.22	0.14	3840.27	3824.84	303.896	0.998	
71	3846.06	80.25	0.03	3847.99	3840.27	152.107	0.137	
72	3855.70	80.21	0.06	3861.49	3847.99	266.774	0.364	
73	3867.28	80.17	0.09	3873.06	3861.49	228.954	0.561	
74	3876.92	80.20	0.06	3880.78	3873.06	152.553	0.194	
75	3882.71	80.20	0.04	3886.56	3880.78	114.452	0.114	
76	3898.14	80.07	0.19	3911.64	3890.42	420.658	1.827	
77	3923.21	80.11	0.09	3930.93	3911.64	382.706	1.024	
78	3944.43	80.11	0.06	3954.07	3934.78	383.175	0.579	
79	3975.29	80.11	0.05	3984.93	3957.93	536.314	0.769	

c. Adsorben Arang Aktif Ampas Kopi



	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area	Comment
1	333.69	68.87	21.52	368.40	310.54	1268,513	874,038	
2	399.26	32.45	9.99	403.12	368.40	1425,475	409,833	
3	410.84	27.70	3.36	414.70	403,12	809,424	21,134	
4	416.62	28.53	1.47	453,27	414,70	2461,408	-37,244	
5	462.92	39.66	1.37	484,13	453,27	1839,707	19,331	
6	487.99	40.95	0.18	499,56	484,13	906,692	0,342	
7	505.35	41.41	0.43	522,71	499,56	1344,433	5,037	
8	530.42	42.51	0.32	543,93	522,71	1215,509	3,433	
9	1238.30	63.17	2.88	1334,74	929,69	13526,701	660,671	
10	1365.60	63.95	0.75	1417,68	1334,74	2932,042	22,279	
11	1427.32	65.73	0.37	1475,54	1417,68	1938,427	12,789	
12	1577.77	62.65	9.89	1747,51	1475,54	8576,331	1544,378	
13	2000.18	76.57	0.04	2002,11	1759,08	5191,151	-5,377	
14	2017.54	76.28	0.07	2027,19	2013,68	319,412	0,303	
15	2050.33	75.69	0.37	2063,83	2027,19	882,000	7,350	
16	2085.05	75.61	0.09	2092,77	2063,83	702,901	1,413	
17	2121.70	75.24	0.18	2133,27	2092,77	996,921	3,931	
18	2156.42	74.92	0.12	2171,85	2152,56	481,775	1,623	
19	2189.21	74.88	0.21	2196,92	2171,85	625,917	2,300	
20	2216.21	74.93	0.05	2220,07	2202,71	434,319	0,562	
21	2223.92	74.93	0.05	2237,43	2220,07	433,623	0,193	
22	2249.00	75.07	0.03	2256,71	2245,14	288,231	0,198	
23	2276.00	75.06	0.09	2291,43	2256,71	864,145	1,483	
24	2339.65	74.96	0.04	2345,44	2320,37	626,615	0,427	
25	2360.87	74.90	0.13	2380,16	2351,23	723,926	1,924	
26	2387.87	75.07	0.02	2391,73	2380,16	288,313	0,059	
27	2438.02	74.93	0.04	2445,74	2418,74	676,237	0,383	
28	2474.67	74.83	0.04	2482,39	2451,53	775,270	0,654	
29	2511.32	74.71	0.05	2519,03	2482,39	925,041	0,984	
30	3251.98	54.80	0.20	3257,77	2571,11	22051,407	-2206,865	
31	3275.13	54.76	0.06	3284,77	3257,77	1220,816	0,774	
32	3323.35	54.88	0.26	3718,76	3319,49	13326,182	475,319	
33	3747.69	80.53	0.02	3755,40	3743,83	225,185	0,145	
34	3842.20	80.03	0.03	3847,99	3838,34	192,473	0,151	
35	3957.93	79.54	0.07	3971,43	3927,07	905,054	1,157	

Lampiran 3 Dokumentasi

a. Preparasi Adsorben Arang Ampas Kopi Teraktivasi



Proses aktivasi arang ampas kopi dengan HCl 0,1 M selama 48 jam



Proses penetralan arang aktif ampas kopi dengan menggunakan aquadest hingga pH 6

b. Proses Adsorpsi



Proses penimbangan massa adsorben sesuai dengan kebutuhan



Larutan Cd 10 mg/l sebanyak 50 mL dimasukkan ke dalam Erlenmeyer lalu ditutup dengan aluminium foil



Proses adsorpsi uji variasi



Proses filtrasi

Lampiran 4 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		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 ^a	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)

^av = very, s = strong, m = medium, w = weak, br = broad.

TABLE 7-3 (Continued)





Range (cm ⁻¹) and Intensity ^a	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-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*	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 ₃ 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 ₃ H in sulfonic acids	SO ₃ 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)

Lampiran 5 SNI Cara Uji Kadmium Secara AAS

SNI

Standar Nasional Indonesia

SNI 6989.16:2009

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



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

ICS 13.060.50

Badan Standardisasi Nasional





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

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

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.

2 dari 8

3.4 Pengawetan contoh uji

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

Wadah	:	Botol plastik (<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 pH < 2 b) Untuk logam total, asamkan dengan HNO_3 hingga pH < 2
Lama Penyimpanan	:	6 bulan
Kondisi Penyimpanan	:	Suhu ruang

3.5 Persiapan pengujian

3.5.1 Persiapan contoh uji kadmium terlarut

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

3.5.2 Persiapan contoh uji kadmium total

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

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

CATATAN Jika destruksi tidak sempurna, lihat Lampiran B.

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

3.5.3 Pembuatan larutan induk logam kadmium 100 mg Cd/L

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

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

SNI 6989.16:2009

3.5.4 Pembuatan larutan baku logam kadmium 10 mg Cd/L

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

- 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.

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

3.6.2 Cara uji

Uji kadar kadmium dengan tahapan sebagai berikut:

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

3.7 Perhitungan

Kadar logam kadmium (Cd) dihitung sebagai berikut:

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

Keterangan:

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

fp adalah faktor pengenceran.

4 Pengendalian mutu

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

Persen RPD:

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

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

Persen temu balik (% *recovery*, %R)

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

Keterangan:

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

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

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

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

5 Rekomendasi

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

Lampiran 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	-



SNI 6989.16:2009

Bibliografi

Standard Methods for the Examination of water and wastewater 21st Edition, 2005, Method 3111B.

Komite Akreditasi Nasional, SR 02, *Persyaratan tambahan untuk akreditasi laboratorium pengujian kimia dan biologi*, 2004



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

8 dari 8

اجتازت در این آزمون

UNIVERSITAS



BADAN STANDARDISASI NASIONAL - BSN
Gedung Manggala Wanabakti Blok IV Lt. 3-4
Jl. Jend. Gatot Subroto, Senayan Jakarta 10270
Telp: 021-574 7043; Faks: 021-5747045; e-mail : bsn@bsn.go.id

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

Lampiran 6 tentang SNI Arang Aktif

SNI

Standar Nasional Indonesia

SNI 06-3730-1995

Arang aktif teknis

P.T. LAUTAN LUAS
Komp. Ambengan Plaza B1 35-36-37
Jl. Ngemplak 30, P.O. Box. 1345 Sby.
SURABAYA - 60271
☎ (031) 5319635-7, 5453733 5314827
Fax. (021-131) 5319674

Badan Standardisasi Nasional - BSN

SNI 06-3930-1995

ARANG AKTIF TEKNIS

1. RUANG LINGKUP

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

2. DEFINISI

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

3. SYARAT MUTU

Syarat mutu arang aktif teknis seperti pada tabel dibawah ini:

Tabel
Syarat Mutu Arang Aktif Teknis

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

20/10/94

PT. LAYATI, USA
Kemp. Ambengan Plaza B. 35-36-37
Jl. Ngemplak 30, P.O. Box. 1145 Shv
SURABAYA - 60112
☎ (031) 5319635-7, 5458700-6, 5458701
Fax. (031) 531 199

4. CARA PENGAMBILAN CONTOH

Cara pengambilan contoh arang aktif teknis sesuai dengan SNI. 19-0428-1989, petunjuk pengambilan Contoh padatan.

5. CARA UJI

Persiapan contoh.

Contoh butiran sebelum diuji dihaluskan dahulu sampai kehalusan \pm 325 mesh, kecuali contoh untuk uji kerapatan jenis curah daya serap terhadap benzena dan kekerasan tidak dihaluskan. Sebelum contoh uji dikeringkan terlebih dahulu pada $115^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$ selama 3 jam, simpan di desikator, kecuali contoh untuk penetapan air, abu dan yang hilang pada pemanasan 950°C .

5.1. Bagian Yang Hilang Pada Pemanasan 950°C

5.1.1. Prinsip

Zat-zat organik yang terikat dalam arang akan menguap pada pemanasan tanpa oksigen pada 950°C . Kehilangan bobot contoh dihitung sebagai bagian yang hilang pada pemanasan 950°C .

5.2.1. Peralatan

- Cawan porselin
- Neraca
- Desikator
- Tanur

5.3.1. Prosedur

Timbang 1-2 g contoh kedalam cawan porselin yang sudah diketahui bobotnya, diatas cawan tersebut letakkan lagi cawan lain yang sudah diketahui bobotnya, sehingga contoh berada diantara kedua cawan itu. Panaskan cawan dan contoh sampai 950°C dalam tanur, setelah suhu

PT. LAUTAN LUAS

Komp. Ambengan Plaza B1.45-36-37
Jl. Ngemplak 30, P.O. Box. 1345 Sbv.
SURABAYA - 60272
☎ (031) 8319835-7, 8483734-6, 8319834
Fax. (021)-(031) 8319834

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

Perhitungan :

Bagian yang hilang pada pemanasan 950°C, % :

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

Dimana :

W_1 = Bobot contoh semula, gram

W_2 = Bobot contoh setelah pemanasan, gram

5.2. Air

5.2.1. Prinsip

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

5.2.2. peralatan

- Botol timbang
- Neraca
- Oven
- Desikator

5.2.3. prosedur

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

PT. LAUTAN LUAS
Komp. Ambengan Plaza B 135-36-37
Jl. Ngemplak 30, P.O. Box 1345 Sby.
SURABAYA - 60272
☎ (031) 5319835-7, 5453134-6, 5314823
FAX (031-131) 5313434

perhitungan:

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

Dimana:

W_1 = Kehilangan bobot contoh, gram.
 W_2 = Bobot contoh, gram

5.3. Abu

5.3.1. prinsip

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

5.3.2. peralatan

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

5.3.3. prosedur

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

perhitungan :

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

P.T. LAUTAN LUAS

Komp. Ambengan Plaza B : 35-36-37
Jl. Ngemplak 30, P.O. Box. 1345 Sby.
SURABAYA - 60272
☎ (031) 5319635-7, 5483734-5, 5311821
Fax. (021) (31) 5315834

4

Dimana:

W_1 = Sisa pijar, gram
 W_2 = Bobot contoh, gram

5.4. Bagian yang Tidak Terarang

5.4.1. prinsip

Bagian yang tidak diperarang dapat dibedakan dari arang secara visual.

5.4.2. prosedur

pemeriksaan dilakukan secara visual.

5.5. Daya Serap terhadap Iodium

5.5.1. prinsip

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

5.5.2. Preaksi

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

5.5.2.1. Larutan Iod 0,1 N

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

Standarisasi:

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

tan kanji 1% sebagai indikator. Titar dengan teratur sampai warna biru dari larutan hilang. Batas N larutan Iod yang boleh digunakan antara 0,09001 0, 10999.

5.5.2.2. Larutan natrium tio-sulfat 0,1 N

Larutkan 26 g natrium ti-sulfat(5 hidrat) tambahkan ± 0,2 Na₂CO₃ dengan 1 liter air yang bebas asam karbonat. Tambahkan ± 10 ml isoamil alkohol dan kocok larutan dengan baik. Tutup botol dengan baik dan biarkan selama 2 hari.

Standarisasi:

Panaskan KIO₃ selama 1,5 sampai 2 jam di dalam oven (130 ± 10°C) dan dinginkan dalam desikator. Timbang 1-1,5 g KIO₃ dan larutkan dalam air.

Pindahkan larutan ke dalam labu ukur 250 ml dan tambah air sehingga tanda garis.

pipet 20 ml larutan ke dalam Erlenmeyer 250 ml bertutup asah dan tambah 2 g KI dan 5 ml H₂SO₄ (1 : 5). Segera tutup dan kocok Erlenmeyer hati-hati. ~~Diamkan di ruangan gelap selama 5~~ menit. Tambahkan 100 ml air dan titar, Iod yang dibebaskan dengan larutan natrium tio-sulfat 0,1 N. Bila warna kuning dari larutan telah samar tambah 1 ml larutan kanji 1% sebagai indikator. Titar dengan teratur sampai warna biru dari larutan hilang.

perhitungan : N natrium tio-sulfat =

$$a \times \frac{b}{100} \times \frac{20}{250} = (C - C_1) \times 0,03567$$

Dimana :

a = Bobot KIO₃, gram

b = Kemurnian KIO₃ yang digunakan sebagai baku.

c = penitaran, ml

P.T. LAUTAN LUAS

Komp. Ambengan Plaza B : 35-36-37
 Jl. Ngemplak 30, P.O. Box. 1345 Sbv.
 SURABAYA - 60272
 ☎ (031) 5319635-7, 5453734-6, 5319634
 Fax. (021-131) 5319634

C_1 = Blanko, ml
0,03567 = Jumlah KIO_3 yang sesuai dengan 1 ml
larutan tio 0,1 N.

5.5.2.3. Larutan kanji 1%

Tambahkan 10 ml air ke dalam 1 g kanji dan aduk hingga tercampur baik. Tambahkan 100 ml air panas, aduk dan didihkan larutan beberapa menit. Larutan disiapkan segar sebelum dipakai.

5.5.3. Peralatan

- Oven
- Sentrifugal separator
- Tabung sentrifugal
- Erlenmeyer bertutup
- Desikator
- Buret
- Pipet 20 ml
- pipet 50 ml
- pipet 10 ml
- labu ukur 1000 ml.

5.5.4. Prosedur

Contoh harus dipanaskan terlebih dahulu di oven pada $115 \pm 5^\circ C$ selama 1 jam. Dinginkan perlahan desikator. Timbang teliti 0,5 g contoh dan dipindahkan ke dalam tempat berwarna gelap dan tertutup. Tambahkan dengan teliti (pipet) 50 ml larutan Iod 0,1 N. Kocok dengan alat pengocok selama 15 menit pada suhu kamar, kemudian dipindahkan ke dalam tabung sentrifugal dan pusingkan sampai contoh turun dan cairannya bening. Pipet 10 ml cairan bening itu dan titar dengan larutan natrium tio-sulfat 0,1 N. Jika warna kuning dari larutan samar tambahkan larutan kanji 1% sebagai indikator. Titar kembali dengan teratur sampai mendapatkan titik akhir bila warna biru larutan hilang.

PT. LAUTAN LUAS

Komp. Ambengan Plaza 8: 35-36-37
Jl. Negeri 30, P.O. Box: 1345 Sby.
SURABAYA - 60272
Telp. 5319635-7, 5453724-6, 5316827
Fax. 1621-1311520-1324

perhitungan:

Iod yang diadsorpsi, mg/g =

$$(10 - \frac{V \times N}{0,1}) \times 12,69 \times 5$$

(W)

Dimana :

- V = Larutan natrium tio-sulfat yang diperlukan, ml.
N = Normalitas larutan natrium tio-sulfat
12,69 = Jumlah Iod sesuai dengan 1 ml larutan natrium tio-sulfat 0,1 N
W = Contoh, gram

5.6. Karbon Aktif Murni

5.6.1: Prinsip

Dihitung dari contoh dengan mengurangi abu dan yang hilang pada pemanasan 950°C.

5.6.2. Prosedur

Hasil perhitungan, pengurangan 100% terhadap bagaian yang hilang pada pemanasan 950°C dan kadar abu.

perhitungan:

Karbon Aktif murni, % = 100 - (A + B)

Dimana:

- A = Yang hilang pada pemanasan 950°C
B = Abu, %

5.7. Daya Serap terhadap Benzena

PT. LAUTAN LINDAS
Korp. Ambengan Plaza B 135-35-37
Jl. Ngemplak 30, P.O.Box.1343 Sby.
SURABAYA - 60272
☎ (031) 5319635-7, 5453731-2, 5443482
Fax. (62)-(31) 5319630

5.7.1. Prinsip

Arang aktif mempunyai daya serap terhadap uap benzena, bertambahnya bobot pada arang aktif dihitung sebagai daya serap terhadap benzena.

5.7.2. Peralatan

- penagas air
- Alat penyerap benzena (lihat gambar 1)
- N e r a c a

5.7.3. Prosedur

Timbang teliti 5-10 g contoh arang aktif yang sebelumnya telah dikeringkan pada suhu $115^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$ selama 3 jam. Masukkan contoh kedalam pipa U yang telah diketahui bobotnya. Hubungkan pipa U yang telah berisi contoh dengan tabung reservoir benzena (tabung benzena, tabung U dan tabung spiral). Untuk penyesuaian suhu alat direndam dalam penagas air pada suhu $(25^{\circ} \pm 0,2^{\circ}\text{C})$. Alirkan udara kering ke dalam tabung spesial dan tabung reservoir pada kecepatan V selama 2 jam, hentikan dan timbang tabung U. Alirkan lagi uap benzena melalui tabung U selama $\frac{1}{2}$ jam dan timbang lagi, ulangi perlakuan ini sampai diperoleh bobot tetap.

perhitungan:

penyerapan contoh terhadap benzena, %

$$= W_2 - \frac{(W_1 + 5)}{W} \times 100$$

Dimana:

- W_2 = Bobot pipa U + contoh + benzena yang diserap, gram
- W_1 = Bobot pipa U kosong, gram
- W = Bobot contoh, gram

P.T. LAUTAN LINDA
Kamp. Ambengan Plaza B: 35-36-37
Jl. Ngemplak 30, R.C. No. 1345 Sby.
SURABAYA - 60172
☎ (031) 5319635-7, 5453334-3, 5314827
Fax: (021) (31) 5314834

9

5.8. Daya Serap terhadap Biru Metilena

5.8.1. prinsip

Arang aktif mempunyai daya menyerap warna biru metil. Berkurangnya warna larutan biru metil diperhitungkan sehingga mendapatkan daya serap terhadap biru metil.

5.8.2. Perekasi.

- Larutan biru metil 0,12%
- Larutan dapar 4:6 (M/15 KH_2PO_4 : M/15 $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$).

Cara membuat pereaksi :

5.8.2.1. Larutan dapar

- Timbang 9,072 g KH_2PO_4 masukkan labu ukur 1500 ml larutkan dengan air sampai tanda garis.
- Timbang 23,868 g Na_2HPO_4 masukkan dalam labu

ukur 1000 ml dan ecerkan sampai tanda garis. Campurkan larutan KH_2PO_4 dan larutan $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$ (4 : 6)

5.8.2.2. Larutan biru metil 0,12%

Tetapkan kadar air biru metil. Hitung dahulu biru metil yang diperlukan dengan perhitungan:

Jumlah biru metil yang diperlukan :

$$W = S \times \frac{100}{100 - E} \times V \rightarrow S = \frac{W}{V} \times \frac{100 - E}{100} \times 100\%$$

Dimana:

S = Kadar biru metil yang diinginkan (0,12)

E = Kadar air

W = Jumlah biru metil yg diperlukan

V = Volume yang diinginkan

Timbangan biru metil sebanyak hasil perhitungan, lalu larutkan dalam larutan dapar sebanyak volume yang diinginkan (A). pipet 10 ml larutan biru metil (A) ke dalam labu ukur 500 ml dan ecerkan dengan air suling hingga tanda garis, kocok (B). Pipet 5 ml larutan B masukan ke dalam labu ukur 500 ml dan ecerkan dengan air suling sampai tanda garis setelah sebelumnya ditambah dahulu larutan dapar (C).

5.8.3. Peralatan

- Labu ukur 1500 ml
- Labu ukur 500 ml
- pipet 10 ml
- pipet 5 ml
- N e r a c a
- O v e n
- B u r e t
- Erlenmeyer bertutup asah

5.8.4. Prosedur

Timbang ke dalam Erlenmeyer 250 ml 0,1 g contoh yang telah dikeringkan, kemudian titar dengan larutan biru metil sambil sekali-kali dikocok kuat-kuat. Penitaran berakhir bila warna larutan di atas contoh sama dengan warna larutan C.

perhitungan:

Jumlah larutan biru metil dapat diserap, mg/gram
=

$$V \times \frac{1}{W}$$

Dimana:

V = Jumlah biru metilena yang diserap (penitaran ml).

W = Bobot contoh, gram

P.T. LAUTAN LUAS

Komp. Ambengan Plaza B: 35-36-37
Jl. Noemplak 50, P.O. Box. 1345 Sby.
SURABAYA - 60272
Telp. (031) 5319635-7, 5453734-6, 5314827
Fak. (031) 5319634

5.9. Kerapatan Jenis Curah

5.9.1. Prinsip

perbandingan berat contoh terhadap volume tertentu dihitung sebagai kerapatan jenis curah.

5.9.2. Peralatan

- N e r a c a
- Desikator
- Tabung untuk penetapan kerapatan jenis curah (lihat gambar 2).

5.9.3. Prosedur

Isikan contoh yang telah dikeringkan pada 120°C ke dalam tabung berisi sebanyak 1/5 volume tabung. Ketuk pelan-pelan sampai tinggi permukaan contoh tetap. Ulangi pekerjaan ini beberapa kali sampai contoh mencapai batas permukaan volume tabung itu, ratakan permukaan contoh dengan pinggir penggaris. Keluarkan contoh dari tabung, keringkan, dinginkan dan timbang.

perhitungan:

$$\text{kerapatan jenis contoh, g/ml} = \frac{w}{V}$$

Dimana:

w = Bobot contoh dalam tabung, gram
V = Volume tabung, ml.

5.10. Lolos Ukuran Mesh 325

5.10.1. Prinsip

Contoh yang lolos ayakan ukuran 325 mesh dihitung sebagai lolos mesh 325.

P.T. LAUTAN LUAS

Comp. Ambangan Plaza B: 35-36-37
Jl. Ngemplak 30, P.O. Box. 1345 Sby.
SURABAYA - 60272
T. (031) 5319635-7, 5453734-6, 5314827
Fax. (021)-(031) 5319634

5.10.2. Peralatan

- Saringan 325 mesh dengan alas penerima dan tutupnya.
- Alat penggetar
- Neraca

5.10.3. Prosedur

Timbang 100 g contoh yang telah dikringkan pada $115 \pm 5^\circ\text{C}$. Tempatkan contoh ke dalam saringan, letakkan tutupnya dan pasang pada alat penggetar. Getarkan dengan hati-hati selama 10 menit. Timbang contoh yang ada dalam alas penerima.

perhitungan:

W_1
Kehilangan lolos dalam ukuran mesh 325, % =

$$\frac{W_1}{W} \times 100$$

Dimana:

W_1 = Bobot contoh yang lolos yang ada dalam penerima, gram

W = Bobot contoh, gram

5.11. Jarak Mesh

5.11.1. Prinsip

Jumlah contoh yang tinggal dalam tiap ayakan dihitung sebagai jarak mesh.

5.11.2. Peralatan

- Ayakan dengan ukuran yang sesuai
- Alat penggetar ayakan
- Neraca
- Oven

PT. LAYAN LUBS
Komp. Ambengan Plaza B: 35-36-37
Jl. Ngemplak 30, P.O. Box. 1345 Sbu.
SURABAYA - 60272
☎ (031) 5319635-7, 5452734-6, 5318888
FAX (031) 5318834

5.11.3. Prosedur

Masukkan 100 g contoh yang telah dikeringkan ke dalam ayakan yang telah disusun sedemikian rupa menggunakan 6-7 ayakan, nomor ayakan yang besar berada diatas dan seterusnya hingga nomor ayakan yang kecil (misal, No.4, No.8, No.12, No.16, No.30, No.35). Guncang dengan penggetar ayakan dengan kecepatan ± 175 rpm (± 7 skala pada skala penggetar ayakan) selama 10 menit. setelah 10 menit, contoh arang aktif yang jatuh pada masing-masing ayakan diambil kecuali yang dalam ayakan paling atas dan yang dalam penampungan dan dikeringkan kembali hingga kandungan air hilang, kemudian dinginkan dan timbang.

perhitungan:

Contoh yang lolos pada tiap-tiap ayakan,

$$\% = \frac{W_1}{W_2} \times 100$$

Dimana :

W_1 = Berat contoh yang terdapat pada tiap-tiap ayakan, gram

W_2 = Berat contoh, gram

Kesalahan yang diperbolehkan kurang lebih 2 %

5.12. Kekerasan

5.12.1. Prinsip

Contoh dipersiapkan sebagai contoh yang lolos ayakan ukuran mesh terbesar (4). Kemudian digiling pada alat penguji kekerasan bersama beberapa butir bola baja. Contoh yang tertinggal dalam ayakan ukuran mesh 2 tingkat lebih kecil dan ukuran mesh terkecil, dihitung sebagai kekerasan.

PT. LAJAN LUGA

Komp. Ambengan Plaza B: 35-36-37
Jl. Ngemplak 30, P.O. Box. 1345 Sbv.
SURABAYA - 60272
T (031) 5319835-7, 5453734-6, 531481
Fax. (031) 5318634

14

5.12.2. Peralatan

1. Ayakan (sieve) (lihat gambar 3)
2. Alat penggetar ayakan (sieve vibrator)
3. Alat penguji kekerasan (terbuat dari plat kuningan)

5.12.3. Prosedur

- Ayak contoh selama 10 menit dalam 2 buah ayakan dengan ukuran mesh yang tertinggi dan terendah pada kisaran ukuran butir contoh.
- Masukkan contoh yang sudah diayak kedalam gelas ukur 250 ml sebanyak 100 ml, mampatkan sedikit kemudian timbang sampai 2 angka dibelakang koma.
- Masukkan kedalam alat uji kekerasan bersama-sama dengan 15 buah bola baja ukuran 12,7 mm dan ϕ 9,5 mm.
- Kocok contoh pada alat penggetar ayakan selama 30 menit.
- Pisahkan bola bajanya, lalu contoh masukkan ke dalam ayakan dengan ukuran 2 tingkat lebih kecil dari ukuran ayakan terendah pada kisaran ukuran butir dengan penampung dibawahnya. kocok contoh selama 3 menit, lalu timbang sampai 2 angka dibelakang koma, contoh yang tertinggal dalam ayakan tertampung pada penampung.

Contoh :

Bila jumlah contoh dari ayakan dan penampung berkisar 2 % atau lebih dari contoh asal, lalu ulangi uji.

Perhitungan :

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

PT. LASSO RDAS
Komp. Ambengan Plaza B: 35-36-37
Jl. Ngemplak 30, RT. B08.1345 Sby.
SURABAYA - 60272
☎ (031) 5319835-7, 5159734-6, 5314827
Fax: 1521-1521 5159534

15

Dimana :

W_1 = Bobot contoh dalam ayakan atau gram

W_2 = Bobot contoh asal, gram

6. CARA PENGEMASAN

Arang aktif teknis dalam wadah yang tertutup rapat, kedap udara, tidak dipengaruhi dan mempengaruhi isi, aman selama transportasi dan penyimpanan.

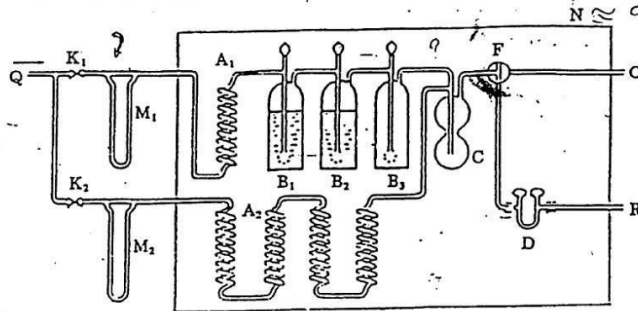
7. SYARAT PENANDAAN

Pada label harus dicantumkan ukuran mesh untuk butiran, merk dagang, jenis mutu, kerapatan jenis, kode produksi, nama dan alamat perusahaan, berat netto dan lain-lain sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

PT. LAUTAN LUAS

Komp. Ambungen Plaza B: 35-36-37
Jl. Ngemplak 30, P.O. Box. 1345 Sby.
SURABAYA - 60272
☎ (031) 5319535-7, 5453734-6, 5314827
FAX: (021) (031) 5319634

LAMPIRAN :



Gambar 1
Alat Penyerap Benzena

Keterangan :

- A1, A2 = Gulungan/spiral untuk memelihara temperatur.
- B1, B2 = Pembangkit uap larutan, diameter sebelah luar 60 mm, dilengkapi dengan filter gelas.
- B3 = Botol kosong
- C = Botol pencampur, tipe dua bola lampu, diameter 60 mm.
- D = Pipa U
- F = Kran berbentuk T.
- M1 = Alat untuk menentukan aliran uap larutan.
- M2 = Alat untuk menentukan aliran udara kering.
- N = Termostat
- O = Saluran keluar, gas berlebihan.
- Q = Saluran udara masuk.
- R = Saluran keluar, pembuangan gas.

ST. LAUTAN LILAS

Komp. Ambengan Plaza B 135-36-37
Jl. Ngemplak 30, P.O. Box 1345 Sby.
SURABAYA - 60272
T (031) 5319635-7, 5458724-3, 551482
Fax. (621) (31) 5210800

17

persiapan udara yang mengandung uap benzena. Aturan termostat pada temperatur yang ditentukan. Masukkan larutan ke dalam uap generator B1 dan B2 sesuai gambar dan setel kran F ke arah 0. Perhitungan nilai jumlah udara kering (V1 ml/menit) dengan mengatur klek K1. Perhitungan nilai jumlah udara kering untuk ditambahkan (V2 l/menit) dengan mengatur klek K2.

Aliran kecepatan dari udara kering V1 dan V2 dapat diperoleh dari:

$$Vt = 2 \times 1/n \times \left(1 - \frac{p}{760}\right)$$

$$V1 = 2 \times 1/n \times \left(1 - \frac{p}{101,3}\right) \quad V2 = 2 \left(1 - \frac{1}{n}\right)$$

V1 = Kecepatan aliran udara kering

V2 = Kecepatan aliran udara kering untuk ditambahkan (l/menit)

1/n = Kadar kejenuhan larutan

p = Tekanan uap jenuh dari larutan sebelum ditentukan, temperaturnya (mm Hg (KPa)).

Sebagai contoh perhitungan dari kadar benzena pada tingkat kejenuhan 1/10 dan pada temperatur 25°C.

Tekanan uap jenuh dari benzena 95 mm Hg (12,7 kpa) pada 25°C.

$$V = 2 \times 1/10 \times \left(1 - \frac{95}{760}\right) = 0,175 \text{ (l/menit)}$$

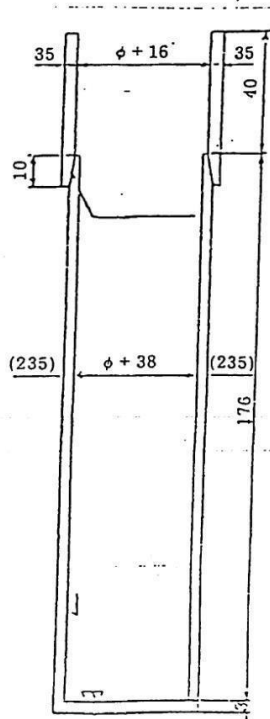
$$V1 = 2 \times 1/10 \times \left(1 - \frac{12,7}{101,3}\right) = 0,175 \text{ (l/menit)}$$

$$V2 = 2 \times (1/10) = 1,80 \text{ (l/menit)}$$

Dimana nilai udara kering pada H1 dan H2 0,175 l/menit dan 1,80 l/menit, atau K1 dan K2 berturut-turut, campuran udara dari 1/10 tingkat kejenuhan adalah 2 l/menit dihasilkan pada kecepatan 2 l/menit.

PT. LAGI LUAS

Jl. Ambengan Plaza B: 35-36-37
Komplek 30, P.O. Box. 1345 Sby.
SURABAYA - 60272
Telp 5319635-7, 5453734-6, 5314827
Faks 5319634

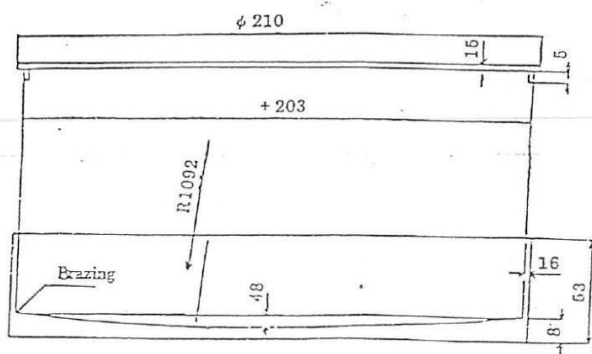


PT. LAUTAN LUAS

Jl. Armbengan Plaza 1: 35-36-37
 Blok 30, R.O. Bkt. 1345 Sby.
 SURABAYA - 60272
 Telp. 5319635-7, 5453784-6, 5314823

Gambar 2

Kerapatan Jenis Curah



PT. LAUTAN LUNAS

Komp. Ambengan Plaza B: 35-36-37
 Jl. Ngemplak 30, P.O. Box: 1345 Sby.
 SURABAYA - 60272
 ☎ (031) 5319635-7, 5453734-6, 5314827
 Fax. (621)-(31) 5315634

Gambar 3

Ayakari

20

RIWAYAT HIDUP



Nama penulis adalah Dian Andamari atau yang lebih dikenal dengan panggilan Dian. Lahir di Bontang, Kalimantan Timur pada tanggal 22 Januari 2000. Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Madiono dan Ibu Sri Andayani. Pada tahun 2007 penulis menempuh pendidikan dasar di SDN Tanuharjo. Penulis kemudian menempuh pendidikan menengah di SMP N 2 Kebumen pada tahun 2012 dan melanjutkan pendidikan selanjutnya di SMAN 1 Kutowinangun pada tahun 2015.

Pada tahun 2018 penulis diterima sebagai mahasiswa jurusan Teknik Lingkungan di Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta melalui jalur PBT (Paper Based Test). Selama menempuh pendidikan kuliah, penulis aktif dalam berbagai kegiatan non-akademis seperti kepanitiaan dan organisasi. Pada tahun 2020 penulis bergabung dengan Zero Waste UII sebagai bendahara. Kemudian pada bulan September 2021 hingga Maret 2022 penulis menjalankan kegiatan program Magang Bersertifikat Kampus Merdeka di PT Lestari Asri Jaya yang berlokasi di Kabupaten Tebo, Jambi.