

**ADSORPSI LOGAM Cd (II) MENGGUNAKAN
ADSORBEN ARANG AKTIF DARI KULIT BUAH
MATAO TERAKTIVASI ASAM NITRAT**

SKRIPSI

**Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Syarat Guna
Memperoleh Gelar Sarjana Sains
dalam Ilmu Kimia**



OLEH:

NAILA LAJJA ZULFA FAZA

NIM: 1708036025

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
SEMARANG
2021**

**ADSORPSI LOGAM Cd (II) MENGGUNAKAN
ADSORBEN ARANG AKTIF DARI KULIT BUAH
MATAO TERAKTIVASI ASAM NITRAT**

SKRIPSI

**Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Syarat Guna
Memperoleh Gelar Sarjana Sains
dalam Ilmu Kimia**

Oleh

NAILA LAJJA ZULFA FAZA

1708036025

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
SEMARANG**

2021

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertandatangan dibawah ini:

Nama : Naila Lajja Zulfa Faza

NIM : 1708036025

Jurusan : Kimia

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul:

ADSORPSI LOGAM Cd (II) MENGGUNAKAN ADSORBEN ARANG AKTIF DARI KULIT BUAH MATOA TERAKTIVASI ASAM NITRAT

Secara keseluruhan adalah hasil penelitian/karya saya sendiri, kecuali bagian tertentu yang dirujuk sumbernya.

Semarang, 29 Agustus 2021

Pembuat Pernyataan,



Naila Lajja Zulfa Faza

NIM : 1708036025

PENGESAHAN

Naskah skripsi berikut ini:

Judul : Adsorpsi Logam Cd(II) Menggunakan Adsorben
Arang Aktif dari Kulit Buah Matoa Teraktivasi
Asam Nitrat

Penulis : **Naila Lajja Zulfa Faza**

NIM : 1708036025

Jurusan : Kimia

Telah diujikan dalam sidang tugas akhir oleh Dewan Penguji
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo dan dapat
diterima sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana
dalam Ilmu Kimia.

Semarang, 10 Januari 2022

DEWAN PENGUJI

Ketua Sidang

Mulyatun, S.Pd., M.Si.
NIP. 19830504 201101 2 008

Sekretaris Sidang

Kustomo, S. Pd., M. Sc
NIP. 19880226 201903 1 007

Penguji I

Dr. Ervin Tri Suryandari, M. Si.
NIP. 19740716 200912 2 008

Penguji II

Rais Nur Latifah, M.Si.
NIP. 19920304 201903 2 019



Pembimbing

Kustomo, S. Pd., M. Sc
NIP. 19880226 201903 1 007

NOTA DINAS

Semarang, 28 Desember 2021

Yth. Ketua Program Studi Kimia
Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Walisongo Semarang

Assalamu'alaikum. Wr.Wb.

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan dan koreksi naskah skripsi dengan:

Judul : Adsorpsi Logam Cd (II) Menggunakan Adsorben
Arang Aktif Dari Kulit Buah Matoa Teraktivasi
Asam Nitrat

Nama : Naila Lajja Zulfa Faza

NIM : 1708036025

Jurusan : Kimia

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang untuk diujikan dalam sidang Munaqosah.

Wassalamu'alaikum. Wr. Wb.

Dosen Pembimbing I



Kustomo, M. Sc

NIP. 198802262019031007

ABSTRAK

Logam Cd (II) merupakan salah satu logam berat yang memiliki tingkat kontaminan yang cukup tinggi dan berbahaya bagi lingkungan sekitar serta dapat mengganggu kesehatan manusia. Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kapasitas adsorpsi, kinetika adsorpsi logam Cd (II) dari kulit buah matoa yang teraktivasi asam nitrat. Pengolahan limbah Cd (II) dalam air dapat dilakukan menggunakan metode adsorpsi. Metode adsorpsi yang digunakan adalah menggunakan arang aktif. Hasil pengujian arang yaitu kadar abu 1,17%, kadar air 3,92%, dan uji daya serap iod 507,64 mg/g. Berdasarkan hasil karakterisasi FTIR diketahui adanya gugus yang berperan penting dalam adsorpsi yaitu gugus O-H dan C=O. Hasil karakterisasi SEM-EDX yaitu kandungan karbon 99,21%. Arang aktif secara optimum mengadsorpsi logam Cd (II) pada pH 9, dalam waktu kontak optimum 40 menit, dan konsentrasi 20 ppm. Kapasitas adsorpsi arang aktif kulit buah matoa teraktivasi asam nitrat yaitu sebesar 59,75 mg/g. Kinetika kimianya mengikuti persamaan kinetika kimia pseudo orde dua dan isoterm adsorpsi mengikuti persamaan isoterm adsorpsi Langmuir.

Kata kunci: *Adsorpsi, Kulit buah matoa, Logam Cd, Arang aktif*

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyusun dan menyelesaikan skripsi ini dengan sebaik-baiknya tanpa hambatan apapun. Sholawat serta salam tidak lupa penulis panjatkan kepada panutan umat islam yaitu baginda Rasul Nabi Muhammad SAW yang telah membawa umat manusia dari kehidupan gelap menuju kehidupan yang lebih terang dan penuh *Rahmatan Lil'alamin*.

Skripsi ini disusun sebagai persyaratan guna memperoleh gelar sarjana sains ilmu kimia di UIN Walisongo Semarang, Fakultas Sains dan Teknologi, Program Studi Kimia. pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. H. Imam Taufiq, M.Ag. selaku Rektor UIN Walisongo Semarang.
2. Dr. H. Ismail, M.Ag. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang.
3. Hj. Malikhatul Hidayah, S.T., M.Pd. sebagai Ketua Program Studi Kimia
4. Kustomo, M. Sc selaku Dosen Pembimbing I.

5. Bapak/Ibu dosen dan staff Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang.
6. Keluarga besar penulis terutama Umi anisah, kakak dan adik-adik penulis yang selalu memberi dorongan dan mendo'akan agar skripsi ini cepat selesai.
7. Sahabat-sahabat penulis yang selalu memberikan dukungan terbaik.
8. Teman-teman Program Studi Kimia angkatan 2017 Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang yang telah membantu dan memotivasi penulis.
9. Dan seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Akhir kata penulis mengharapkan semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan Mahasiswa Program Studi Kimia UIN Waslisongo Semarang khususnya rekan-rekan pembaca pada umumnya bagi kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Semarang, 29 Desember 2021

Penulis

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN	3
PENGESAHAN	4
NOTA DINAS.....	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar belakang	1
B. Rumusan masalah.....	7
C. Tujuan penelitian.....	7
D. Manfaat penelitian	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	9
A. Tinjauan Pustaka	9
1. Logam Cd (II).....	9
2. Adsorpsi.....	11
3. Isoterm adsorpsi.....	16
4. Kinetika adsorpsi	18
5. Buah matoa.....	19
6. Instrumen AAS	21
7. Instrumen spektrometri infra merah (FTIR).....	23

8. SEM EDX.....	24
B. Kajian Pustaka.....	25
BAB III METODE PENELITIAN	27
A. Alat dan bahan.....	27
1. Alat	27
2. Bahan.....	27
B. Prosedur penelitian	27
1. Preparasi sampel kulit buah matoa	27
2. Tahap karbonisasi.....	28
3. Tahap aktivasi adsorben serbuk kulit matoa.....	28
4. Parameter pengujian arang aktif	29
5. Pembuatan limbah yang mengandung ion logam Cd(II)	30
6. Penentuan pH optimum	31
7. Penentuan waktu kontak optimum	31
8. Penentuan konsentrasi optimum.....	32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	33
A. Preparasi Selulosa Dari Kulit Matoa	33
B. Pembuatan Arang Aktif.....	34
C. Pengujian Arang Aktif.....	35
D. Analisis Gugus Fungsi Menggunakan FTIR	37
E. Analisis Komponen Penyusun.....	40
F. Penentuan pH Optimum	44
G. Penentuan Waktu Kontak Optimum.....	46
H. Penentuan Isoterm adsorpsi	51
BAB V PENUTUP	55
A. Kesimpulan.....	55
B. Saran.....	56

DAFTAR PUSTAKA.....	57
LAMPIRAN	63

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Kulit buah matoa	20
Gambar 4. 1 Mekanisme pemutusan ikatan lignin dan selulosa (Kusumawardani, 2018).	34
Gambar 4. 2 Spektra FTIR arang kulit buah matoa sebelum aktivasi	38
Gambar 4.3 Spektra FTIR arang kulit buah matoa setelah aktivasi	39
Gambar 4. 4 Hasil komposisi unsur dalam arang aktif sebelum aktivasi menggunakan EDX.....	43
Gambar 4. 5 Hasil komposisi unsur dalam arang aktif setelah aktivasi menggunakan EDX	44
Gambar 4. 6 Grafik Pengaruh Variasi pH terhadap %adsorpsi	45
Gambar 4. 7 Grafik variasi waktu terhadap persen Adsorpsi	47
Gambar 4. 8 Model Pseudo Orde Satu	49
Gambar 4. 9 Model Pseudo Orde Dua.....	50
Gambar 4. 10 Grafik variasi konsentrasi terhadap % Adsorpsi	51
Gambar 4. 11 Isoterm Langmuir	53
Gambar 4. 12 Isoterm Freundlich.....	54

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Gugus Fungsi Hasil Spektra FTIR arang kulit buah matoa	40
Tabel 4. 2 Perbandingan bentuk morfologi arang.....	41
Tabel 4. 3 Kandungan persentase(%) massa dari arang	42
Tabel 4. 4 Variasi pH terhadap kapasitas adsorpsi	46
Tabel 4. 5 Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Kapasitas Adsorpsi Cd (II).....	47
Tabel 4. 6 Kinetika adsorpsi Cd(II) dengan adsorben kulit buah matoa.....	49
Tabel 4. 7 Isoterm adsorpsi Cd(II) dengan adsorben kulit buah matoa.....	52

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Diagram Alir Penelitian.....	63
Lampiran 2 Data hasil penelitian.....	68
Lampiran 3 Perhitungan Analisa Data	70
Lampiran 4 Dokumentasi penelitian.....	87
Lampiran 5 Hasil Karakterisasi dan Pengujian	89

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar belakang

Air merupakan salah satu zat yang ada pada permukaan bumi secara alami. Air memiliki banyak manfaat bagi tubuh manusia, salah satunya yaitu untuk mengelola jalannya metabolisme, untuk membawa zat-zat makanan serta melindungi keseimbangan suhu tubuh, namun pada beberapa daerah mendapati permasalahan air karena sedikitnya persediaan air bersih guna kehidupan manusia. Keterbatasan air bersih dikarenakan penggunaan manusia terhadap air bersih yang sangat tinggi, dan tercemar logam berat (Fe, Zn, Cd, Hg) yang melebihi kadar ambang batas (Nugroho, 2013). Ion logam berat pada air limbah memiliki toksisitas yang cukup tinggi sehingga dapat menyebabkan masalah yang besar bagi lingkungan hidup (Pratomo et al., 2017).

Logam berat yang berasal dari lingkungan sekitar dan industri dapat menyebabkan adanya pencemaran pada perairan dan bisa menyebabkan terjadinya pelapukan batuan di cekungan perairan.

Penyebaran logam berat juga bersumber dari zat-zat sisa industri maupun limbah rumah tangga yang menghasilkan zat sisa metabolisme dan adanya logam Cd dan Co yang disebabkan korosi pipa air. Logam berat mampu terkumpul menjadi endapan karena senyawa organik maupun anorganik mampu mengikat logam berat tersebut melalui proses adsorpsi. Logam berat yang terdapat pada perairan dan mengendap maka dikenal dengan istilah sedimen (Palar, 2004).

Firman Allah dalam Qs. Ar-Rum ayat 41 mengenai kerusakan alam, dijelaskan sebagai berikut:

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي
النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ

Artinya: telah nampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusi, supay Allah merasakan kepada mereka sebahagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar).

Berdasarkan ayat diatas Allah telah menegaskan bahwa kerusakan alam juga disebabkan

karena perbuatan tangan manusia, tugas manusia yaitu menjaga, mengelola dan memanfaatkan yang ada di bumi ini agar lebih bermanfaat dalam kehidupan manusia. Kerusakan pada alam salah satunya yaitu pencemaran air. Pencemaran air dikarenakan adanya bahan pencemar yang masuk ke dalam sungai sehingga menyebabkan kondisi fisika dan kimia sungaimenagalami kerusakan lingkungan sehingga menyebabkan ekosistem perairan mengalami gangguan (Merliyana, 2017).

Salah satu logam berat yang berbahaya di perairan yaitu logam Cd. Pencemaran logam Cd biasanya berasal dari zat sisa pada industri cat, minuman ringan, industri peleburan, pelapisan logam, dan lain-lain. Logam Cd merupakan logam berat yang bersifat toksik setelah merkuri, karena sifat toksisitasnya maka logam ini pada perairan harus memiliki kadar yang sangat kecil (Sembiring et al., 2010). Pada peraturan pemerintah No. 82 Tahun 2001 mengenai kualitas air yaitu kadar logam Cd pada perairan yaitu adalah 0,01 ppm.

Logam berat dapat mengakibatkan gangguan pada kesehatan manusia. Dampak toksikitas dari logam Cd (II) yaitu dapat menimbulkan penyakit

yang berbahaya pada manusia, seperti kerusakan pada paru-paru, ginjal, hati, dan dapat menyebabkan tekanan darah menjadi tinggi bahkan dapat merusak pencernaan (Faizal & Fitri, 2014).

Adsorpsi adalah salah satu cara yang efektif untuk mengadsorpsi zat berbahaya dalam cairan limbah dan biasanya digunakan pada proses pengolahan zat cair pada sisa industri. Biasanya adsorben yang dipergunakan dalam proses ini relatif mahal maka perlu digunakan adsorben yang lebih murah dan ramah lingkungan, seperti adsorben yang terbuat dari limbah biomassa. Adsorben yang diperoleh dari bahan limbah, tidak hanya membatasi pencemaran lingkungan dari limbah padat tetapi dapat menaikkan harga jual pada adsorben tersebut (Haura et al., 2017).

Matoa merupakan salah satu tumbuhan yang baru sedikit diketahui manfaatnya yaitu untuk dijadikan tanaman obat di wilayah Sulawesi Utara. Tanaman matoa biasanya dikenal dengan buahnya yang memiliki rasa khas. Pada riset terdahulu tanaman ini dikaji sebagai tanaman yang berkhasiat obat yaitu dengan mengamati metabolisme sekunder yang terkandung pada buah matoa (Ngajow et al., 2013). Buah matoa merupakan salah satu buah yang

tumbuh subur di Indonesia bagian Timur. Buah ini memiliki banyak manfaat, namun sampai sekarang kulit matoa ini masih sedikit yang memanfaatkannya. Sehingga kulit ini menjadi limbah yang dibuang begitu saja. Kandungan pada kulit buah matoa memiliki kadar selulosa yang tinggi sekitar 50% dan memiliki potensi untuk bahan pengganti pembuat kertas. Hasil uji karakterisasi pada kulit buah matoa yaitu kandungan α -selulosa 50,6% dan menunjukkan kadar matoa ini lebih tinggi dari pada bahan lain seperti jerami padi (27%-34%) dan ampas tebu (36%-40%) (Aning Ayucitra, 2017). Kulit matoa memiliki aktivitas antioksidan yang tinggi maka kulit buah matoa memiliki potensi sebagai sumber antioksidan (Faustina & Santoso, 2014).

Karbon aktif adalah senyawa karbon yang telah diproses dengan cara aktivasi yang menyebabkan karbon memiliki pori dan luas permukaan yang besar sehingga dapat meningkatkan daya adsorpsinya (Suhendarwati et al., 2014). Aktivasi dapat dilakukan secara kimia maupun fisika, aktivasi kimia biasanya dilakukan perendaman dengan alkali hidroksida, senyawa karbonat, sulfida, $ZnCl_2$, asam sulfat, asam fosfat, dan natrium klorida yang merupakan penyerap air (Setiawati & Suroto,

2010). Larutan natrium hidroksida pada aktivasi ini berfungsi untuk mengurangi senyawa lignin yang ada pada kulit buah matoa sehingga bisa menghambat proses adsorpsi. Adanya lignin dapat memperlambat proses adsorpsi karena lignin dapat menyumbat proses transfer ion pada sisi aktif adsorben. Dalam penelitian Safaria et al., 2013 ion OH^- pada NaOH dapat memutuskan ikatan-ikatan yang ada pada struktur dasar lignin kemudian lignin akan mudah larut. Adsorben juga perlu diaktivasi menggunakan asam nitrat agar mendekomposisikan garam-garam mineral yang ada pada adsorben.

Berdasarkan penjabaran yang telah dikemukakan, maka dalam penelitian ini akan dilakukan adsorpsi logam Cd (II) dengan memanfaatkan selulosa pada arang aktif dari kulit buah matoa yang telah teraktivasi oleh asam nitrat. Penelitian ini diawali dengan membuat arang aktif dari kulit buah matoa kemudian diaktivasi dengan asam nitrat. Selanjutnya, adsorben akan dikontakkan dengan larutan Cd(II) sebagai adsorbat dengan mempertimbangkan parameter pH, waktu kontak optimum adsorpsi, dan penentuan konsentrasi optimum. Melalui proses aktivasi yang

akan dilakukan, diharapkan arang aktif dari kulit buah matoa dapat mengadsorpsi limbah larutan logam Cd(II).

B. Rumusan masalah

1. Bagaimana karakteristik arang aktif kulit buah matoa yang digunakan sebagai adsorben logam Cd(II)?
2. Bagaimana kapasitas adsorpsi logam Cd(II) oleh arang aktif dari kulit buah matoa teraktivasi asam nitrat?
3. Bagaimana kinetika dan isotherm adsorpsinya?

C. Tujuan penelitian

1. Untuk mengetahui karakteristik arang aktif kulit buah matoa yang digunakan sebagai adsorben logam Cd(II).
2. Untuk mengetahui kapasitas adsorpsi logam Cd(II) oleh arang aktif dari kulit buah matoa teraktivasi asam nitrat.
3. Untuk mengetahui kinetika dan isotherm adsorpsi.

D. Manfaat penelitian

1. Mampu meningkatkan potensi buah matoa dalam bidang penanganan pencemaran lingkungan dari logam Cd(II).

2. Mampu menambah wawasan mengenai pemanfaatan kulit buah matoa sebagai adsorben.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjauan Pustaka

1. Logam Cd (II)

Dampak limbah industri masalah pencemaran lingkungan dan pengaruh dampak terhadap kesehatan telah mendapat banyak perhatian dalam beberapa tahun terakhir ini. Pencemaran air pada konsentrasi tinggi menyebabkan pencemaran limbah. Limbah anorganik industri lebih sulit untuk dikelola dan mungkin menyebabkan kerusakan. Industri kimia menghasilkan limbah berbahaya yang mengandung senyawa dan logam berat yang beracun. Logam berat yang beracun adalah logam berat yang belum diketahui manfaatnya dalam tubuh dan dapat bersifat racun seperti Hg, Cd, Pb, Cr, dll. Logam-logam tersebut dapat mempengaruhi kesehatan manusia (Said, 2018).

Logam Cd (II) adalah logam putih keperakan yang lunak, mengkilat, tidak larut

basa, reaktif, dan bila dipanaskan dapat menghasilkan kadmium oksida. Kadmium memiliki berat atom 112,41, titik leleh 321°C, nomor atom 40, titik didih 767°C, dan kerapatan 8,65 g/ml. Pembentukan Cd (II) pada alam berkaitan erat dengan pembentukan logam Pb dan Zn. Pada industri tersebut dalam proses pemurniannya menghasilkan logam Cd (II) sebagai produk samping yang hilang secara lingkungan, yang digunakan sebagai pigmen dalam produksi keramik (Palar, 2004). Penyebab pencemaran logam Cd (II) antara lain yaitu zat sisa dari industri cat, minuman ringan, industri peleburan, pelapisan logam dan lainnya. Efek negatif dari logam Cd (II) pada kesehatan dan lingkungan makhluk hidup sangat besar. Oleh karena itu, perlu dilakukan pemantauan kadar logam Cd (II) pada makanan olahan terutama makanan yang berasal dari perairan seperti ikan, perairan, air limbah industri, atau sumber pencemaran lainnya untuk menghindari

bahaya fatal yang ditimbulkannya (Rismiarti, 2017).

Logam berat pada zat sisa industri dapat disisihkan melalui beberapa metode yaitu melalui deposisi kimia, elektrodeposisi, ekstraksi, ultrafiltrasi, serta pertukaran ion. Adsorpsi dapat dilakukan untuk menyerap polutan dengan karbon aktif. peneliti mencari alternatif lain yang dapat digunakan dan mudah didapatkan (Gultom & Lubis, 2014).

2. Adsorpsi

Adsorpsi merupakan cara yang efektif untuk mengadsorp kandungan yang berbahaya pada zat sisa dan biasa digunakan pada proses pengolahan zat sisa yang berbentuk cair dari industri. Adsorben yang di dapatkan dari bahan baku limbah dapat mengurangi beban limbah di lingkungan sekitar (Haura et al., 2017). Dalam adsorpsi dikenal dengan adanya adsorbat dan adsorben. Adsorbat merupakan substansi yang akan dihilangkan dari pelarutnya,

sedangkan adsorben merupakan media untuk menyerap dan melepaskan suatu fluida yang berupa senyawa karbon (Syauqiah et al., 2011).

Arang aktif adalah suatu padatan yang berpori mengandung karbon sekitar 85-95%, yang berasal dari bahan-bahan yang memiliki kandungan karbon dengan pemanasan dengan suhu tinggi. Luas permukaan arang aktif yang tinggi maka arang aktif memiliki daya adsorpsi yang tinggi juga. Saat pemanasan arang diusahakan tidak ada ronggo udara pada ruangan pemanasannya supaya bahan yang mengandung karbon tidak teroksidasi dan hanya terkarbonisasi. Arang aktif dapat digunakan sebagai bahan bakar dan adsorben (Gultom & Lubis, 2014).

Teknik karbonisasi biasanya digunakan untuk mengaktivasi suatu adsorben. Aktivasi biasanya dilakukan pada temperatur 800-1100°C dengan mengalirkan uap panas jenuh (Rahmayani & Siswarni, 2013). Menurut Atmoko dalam riset Jubilate et al., (2016)

Proses karbonisasi biasanya dilakukan pada temperatur 300-800°C. Apabila temperatur yang digunakan kurang dari 300°C akan kurang maksimal proses karbonisasinya dan jika suhu lebih dari 800°C dapat menyebabkan kerusakan pada pori-porinya dan merubah arang tersebut menjadi abu. Kualitas karbon aktif dapat dinilai berdasarkan persyaratan (SNI) 06-3730-1995. Standarisasi karbon aktif memiliki syarat khusus yaitu kadar air memiliki batas maksimal 15%, batas maksimal pada kadar abu yaitu 10%, daya serap iodium minimal 750 mg/g (Setiaty Pandia & Budi Warman, 2017).

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya proses adsorpsi, diantaranya yaitu:

a. Luas permukaan

Adsorpsi terjadi pada permukaan partikel. Ukuran adsorpsi dapat berpengaruh pada luas permukaan yang ada. Ukuran arang akan berpengaruh

pada kecepatan adsorpsi, kecepatan adsorpsi dapat meningkat apabila ukuran partikelnya semakin kecil. Maka arang yang berbentuk serbuk akan lebih cepat daripada yang berbentuk granular.

b. Karakteristik adsorben

Karakteristik adsorben dapat mempengaruhi kecepatan dan kapasitas adsorpsi baik secara fisik maupun kimia, yang dapat mempengaruhi yaitu ukuran pori, hal ini penting dalam proses adsorpsi karena berpengaruh pada molekul adsorbat yang diserap. Jika skala pori partikel adsorben lebih besar dari ukuran adsorbat maka adsorbat yang dapat diadsorpsi akan lebih banyak. Karakteristik arang aktif berpengaruh terhadap bahan baku yang digunakan dalam pembuatannya.

c. Karakteristik adsorbat

Beberapa karakteristik adsorbat yang dapat mempengaruhi proses adsorpsi yaitu seperti kelarutan, ukuran molekul

adsorbat, polaritas adsorbat. Pada zat terlarut adalah faktor penentu dalam kesetimbangan adsorpsi. Biasanya larutan yang memiliki sifat hidrofilik (mudah larut dalam air) lebih sulit diadsorpsi daripada larutan yang bersifat hidrofobik (tidak dapat larut dalam air).

d. pH (tingkat keasaman)

Adsorpsi kontaminan organik dalam air akan naik apabila nilai pH menurun, dikarenakan terjadi netralisasi dari muatan negatif pada permukaan karbon dengan meningkatkan konsentrasi ion hidrogen. Hal ini dapat meningkatkan aktivitas permukaan karbon yang lebih banyak. Nilai pH optimum untuk setiap proses adsorpsi berbeda dan dapat ditentukan dengan penelitian.

e. Temperatur

Temperatur dapat mempengaruhi tingkat adsorpsi. Apabila temperatur naik maka akan diikuti dengan naiknya tingkat adsorpsinya, dan begitu juga sebaliknya

apabila temperatur turun maka tingkat adsorpsinya pun turun.

f. Ukuran molekul adsorbat

Proses adsorpsi dapat dipengaruhi oleh ukuran molekul yang teradsorp, karena molekul yang teradsorp harus mampu mengadsorpsi ke dalam pori-pori adsorben. Tingkat adsorpsi dipengaruhi oleh ukuran adsorben dan ukuran pori, semakin besar diameter pori dan semakin kecil diameter adsorbatnya maka tingkat adsorpsinya semakin besar, dapat memungkinkan mengadosrp hingga kedalam pori – pori adsorben.

g. Waktu kontak

Waktu kontak arang dan adsorbat dapat mengubah suatu proses adsorpsi. Semakin lama waktu yang digunakan dalam proses adsorpsi maka akan semakin besar zat-zat yang teradsorpsi (Raditya, 2016).

3. Isoterm adsorpsi

Isoterm adsorpsi merupakan proses

distribusi adsorbat antara fase cair dan padat maka dapat menentukan kapasitas adsorpsi. Isoterm adsorpsi dibedakan menjadi dua, yaitu isoterm Langmuir dan isoterm Freundlich (Kurniawan et al., 2016).

a. Isoterm Langmuir

Isoterm langmuir adalah salah satu model pengolahan pertama secara teori pada adsorpsi non linear. Persamaan model langmuir yaitu (Siringo-ringo, 2019):

$$\frac{q_e}{C_e} = K_a q_m + K_a q_e \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan: C_e adalah konsentrasi logam saat kesetimbangan (mg N/L), Q_e adalah jumlah logam yang terserap pada saat kesetimbangan (mg N/g), Q_m adalah jumlah maksimum logam yang terserap (mg N/g), K_a adalah konstanta afinitas langmuir (L/mg).

b. Isoterm freundlich

Isoterm freundlich merupakan model isoterm yang dapat diterapkan pada adsorpsi multilayer. Persamaan model

freundlich adalah:

$$\log q_e = \log k_F + \frac{1}{n} \log C_e \dots\dots\dots (2. 2)$$

keterangan: C_e adalah konsentrasi logam saat kesetimbangan (mg N/L), Q_e adalah jumlah logam yang terserap saat setimbang (mg N/g), K_f adalah konstanta isoterm adsorpsi freundlich.

4. Kinetika adsorpsi

a. Kinetika adsorpsi pseudo orde pertama

Persamaan pseudo orde pertama merupakan persamaan umum digunakan untuk mengadsorpsi zat terlarut dari larutan. Persamaan pseudo orde pertama memiliki persamaan berikut: (Siringoringo, 2019)

$$\log(q_e - q_t) = \log(q_e) - \frac{k_1}{2,303} (t) \dots\dots\dots (2. 3)$$

Keterangan: q_e dan q_t adalah kapasitas adsorpsi pada waktu t dan pada waktu kesetimbangan, k_1 adalah konstanta laju kesetimbangan pada orde satu (1/menit).

b. Kinetika adsorpsi pseudo orde kedua

Model kinetika pseudo orde dua

biasanya diterapkan pada sistem adsorpsi larutan pada permukaan adsorben padat. Persamaan pseudo orde keduanya yaitu: (Siringo-ringo, 2019)

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{1}{q_e} \dots\dots\dots (2. 4)$$

Keterangan: q_e dan q_t adalah jumlah yang terserap pada waktu t dan waktu kesetimbangan, k_1 adalah konstanta laju kesetimbangan pada orde kedua (g/mg menit).

5. Buah matoa

Matoa (*Pomeria Pinnata*) adalah buah khas Papua yang termasuk dalam tumbuhan tropis dari famili *Sapindanceae*. Pohon matoa biasanya tumbuh dari bulan September hingga Oktober. Tanaman buah matoa ini memiliki fungsi yaitu pada batang matoa digunakan dalam industri kayu, sedangkan daun matoa dapat dijadikan sebagai obat tradisional, dan buah serta biji matoa yang manis dapat dikonsumsi sebagai makanan. Kulit buah matoa banyak berhamburan dan tidak dimanfaatkan (Faustina & Santoso,

2014). Menurut Noviatun 2015 kulit matoa memiliki aktivitas antioksidan yang lebih kuat daripada sumber antioksidan alami yang dapat dijumpai sehari-hari seperti tomat, cabai dan anggur (Pamangin et al., 2020).



Gambar 2. 1 Kulit buah matoa

Menurut Faustina, 2014 kulit buah matoa mengandung fenolik sekitar 208 mg/L hingga 715 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa kulit buah matoa memiliki aktivitas antioksidan yang tinggi. Hasil ini menunjukkan potensi sumber antioksidan pada daging buah matoa. Buah matoa merupakan buah yang tumbuh subur di daratan Indonesia bagian timur khususnya di Papua. Saat ini kulit buah matoa belum banyak dimanfaatkan dan hanya menjadi

limbah. Kulit buah matoa memiliki kandungan selulosa yang tinggi yaitu sekitar 50% yang menjadikannya sebagai alternatif yang potensial untuk pembuatan kertas.

Penelitian yang berjudul “pemanfaatan kulit buah matoa sebagai kertas serat campuran melalui proses pretreatment dengan bantuan gelombang mikro dan ultrasonik” mengungkapkan kandungan selulosa pada kulit matoa yaitu sebesar 50,6%. Air 9,28%; Lignin 28,24%; Abu 4,21%; Lainnya 7,67%. Kandungan selulosa kulit matoa sangat tinggi dibandingkan dengan bahan lain seperti jerami padi (27%-34%) dan ampas tebu (36%-40%) (Aning Ayucitra, 2017).

6. Instrumen AAS

Spektrofotometri serapan atom adalah metode analisis yang didasarkan pada pengukuran intensitas sinar yang diserap oleh atom-atom bebas dari logam yang akan dianalisis. Spektrometri serapan atom digunakan untuk mengukur unsur-unsur

logam dalam minuman, makanan, tanah, termasuk bebatuan, tanaman, dan bahan lainnya (Kasih, 2019).

Atomic Absorbtion Spektrofotometri (AAS) adalah metode kuantitatif untuk menganalisis unsur dengan menggunakan cahaya dari logam bebas dan penyerapan panjang gelombang tertentu. Rentang panjang gelombang pada AAS ini adalah 200-300nm. Metode AAS ini memiliki keunggulan yaitu lebih spesifik untuk logam yang diserap dan tidak bergantung pada sumber emisi (Noriyanti, 2012).

Prinsip dasar dari AAS meliputi hubungan antara sampel dan radiasi elektromagnetik. AAS terjadi penyerapan energi oleh atom yang mengalami transisi elektronik dari keadaan dasar ke keadaan tereksitasi. AAS merupakan metode yang cocok untuk menganalisis zat dengan konsentrasi rendah. Langkah kerja AAS dengan menguapkan larutan sampel lalu mengubah logam-logam yang ada di dalamnya menjadi ato-atom

bebas. Atom mengadsorpsi radiasi dari sumber cahaya. Sumber cahaya ini dipancarkan dari lampu katoda (*Hollow Chatode Lamp*) yang mengandung unsur yang akan diukur. Penyerapan radiasi diukur pada panjang gelombang tertentu tergantung pada jenis logamnya (Siringo-ringo, 2019).

7. Instrumen spektrometri infra merah (FTIR)

Spektrofometer inframerah (IR) adalah teknik analisis kimia berdasarkan penyerapan cahaya inframerah oleh molekul senyawa. Karakterisasi dengan spektrofotometer inframerah bertujuan untuk mengidentifikasi jenis getaran antar atom. Alat ini juga digunakan untuk menganalisis senyawa organik dan anorganik, serta untuk analisis kualitatif dan kuantitatif dengan mempelajari intensitas serapan senyawa pada panjang gelombang tertentu (Aliefuddin, 2019).

Sinar IR memiliki energi yang rendah, maka sel yang digunakan lebih tipis dari

spektrometer lainnya. Panjang gelombang IR relatif pendek yaitu sekitar 0,78 – 1000 μm , maka tidak dapat memancarkan elektron, tetapi hanya menyebabkan molekul bergetar (Khopkar, 2008).

8. SEM EDX

SEM (*Scanning Electron Microscope*) adalah alat karakterisasi yang digunakan untuk menentukan morfologi senyawa padat dan komposisi unsur-unsur yang terkandung dalam senyawa. Alat ini dapat menggunakan berkas elektron energi tinggi dalam pola scan raster untuk mewakili permukaan sampel. Hasil yang didapatkan dari alat SEM ini yaitu menunjukkan gambaran morfologi pada permukaan arang aktif yang memiliki rongga serta pori-pori yang cukup banyak. SEM dapat mengetahui struktur dan bentuk permukaan yang sangat halus (Yuliyanti et al., 2012).

EDX (*Electron Dispersive X ray Spectroscopy*) merupakan suatu alat yang dapat digunakan untuk mendeteksi komposisi unsur-unsur dari suatu material. Hasil dari

instrumen EDX ini yaitu menunjukkan suatu komposisi unsur yang terdapat pada arang aktif yang berupa persentase pada tiap elemennya. EDX ini juga dapat digunakan untuk menganalisa secara kuantitatif dari masing-masing elemen serta dapat memberikan warna yang berbeda-beda pada tiap-tiap elemen di permukaan bahan (Siringo-ringo, 2019).

B. Kajian Pustaka

Pada penelitian “Pemanfaatan Limbah Kulit Jagung (*Zea Mays L.*) Sebagai Adsorben Logam Cd (II) Dalam Larutan” aktivasi adsorben kulit jagung yang tepat dalam adsorpsi ion Cd adalah NaOH-HNO₃ yang merupakan kondisi optimum pada pH 8, waktu kontak 40 menit, dan kapasitas adsorpsinya mencapai 0,8135 mg/g dengan efisiensi adsorpsi 88,31% (Farida et al., 2019).

Selain limbah kulit jagung, ampas kopi juga dapat dimanfaatkan dalam proses adsorpsi. Menurut Caetano (2012) ampas kopi mengandung karbon 47,8-58,9% nitrogen total

1,9-2,3%; 6,7-13,6 g/100g protein; abu 0,43-1,6%; selulosa 8,6%. Penelitian ini menunjukkan bahwa limbah ampas kopi dapat dimanfaatkan untuk menurunkan kadar Cd sebesar 55,75%. (Baryatik et al., 2019).

Ampas tebu yang memiliki kandungan selulosa sebesar 42,67% dapat dimanfaatkan sebagai adsorben Cd. Selulosa ampas tebu teraktivasi asam nitrat 1M dapat menyerap Cd pada pH 7 dan waktu kontak 120 menit. Kapasitas adsorpsi Cd (II) dari selulosa ampas tebu teraktivasi asam nitrat 1 M adalah sebesar 2,215 mg/g dengan persentase adsorpsi sebesar 69,14 % (Kusumawardani et al., 2018). Selain itu kulit buah coklat yang memiliki kadar air sekitar 5,863%. Proses penyerapan karbon aktif dari kulit buah coklat sebanyak massa adsorben optimum 6 gram dan waktu kontak 60 menit menghasilkan kapasitas adsorpsi 94,075% (Masitoh & Sianita, 2013).

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Alat dan bahan

1. Alat

Pada penelitian ini menggunakan alat gelas seperti gelas beaker, gelas ukur 50 ml, pipet ukur 1 ml, blender, erlenmeyer, pipet tetes, cawan porselin, desikator, *magnetic stirrer*, kertas saring, ayakan 80 mesh, neraca analitik, oven, *furnace*, AAS merk *Thermo Scientific*, FTIR merk *Bruker Alpha 2*, dan SEM merk *JEOL JSM-6510LA*.

2. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kulit buah matoa, larutan NaOH 1M, $\text{CdSO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$, asam nitrat, iodin, natrium tiosulfat, dan akuades.

B. Prosedur penelitian

1. Preparasi sampel kulit buah matoa

Kulit buah matoa dipotong kecil-kecil kemudian dicuci bersih menggunakan air,

lalu di keringkan dibawah sinar matahari. Kulit buah matoa direndam dalam erlenmeyer dengan larutan NaOH 6% dengan perbandingan 1:15 selama 12 jam pada suhu kamar, kemudian dicuci dengan akuades hingga netral. Kulit buah matoa selanjutnya dikeringkan dalam oven suhu 70°C selama 24 jam.

2. Tahap karbonisasi

Kulit buah matoa ditimbang sebanyak 270 gram dan diletakkan ke dalam tanur pada suhu 400°C selama 60 menit, kulit buah matoa yang telah menjadi arang didinginkan kemudian dihaluskan hingga 80 mesh, lalu diayak menggunakan ayakan 80 mesh.

3. Tahap aktivasi adsorben serbuk kulit matoa

Sampel kulit buah matoa ditimbang pada erlenmeyer, kemudian ditambahkan asam nitrat 1M dengan perbandingan 1:10, setelah direndam selama ± 1 jam dibilas menggunakan aquades lalu disaring dan dicuci dengan aquades hingga pH netral dan

dikeringkan menggunakan oven selama 24 jam pada suhu 100°C, kemudian didinginkan. Dikarakterisasi menggunakan FTIR dan SEM-EDX

4. Parameter pengujian arang aktif

a. Kadar abu

Sebanyak 0,24 gram adsorben karbon aktif ditempatkan pada cawan porselen yang telah ditimbang, dimasukkan ke dalam *furnace* dengan suhu 600°C selama 3 jam, dan didinginkan dengan desikator hingga berat tetap. Kadar abu dihitung menggunakan rumus perhitungan kadar abu.

$$\text{Rumus kadar abu} = \frac{w_1 - w_2}{w} \times 100\%$$

b. Kadar air

Adsorben arang aktif ditimbang 0,5 gram dan diletakkan dalam cawan porselin yang telah di oven dan telah ditimbang, kemudian setelah diletakkan adsorben arang aktif dikeringkan dalam oven dengan suhu 100°C sampai kering

lalu didiamkan dalam desikator hingga tidak ada airnya. Kemudian ditimbang dan dihitung dengan persamaan untuk menghitung kadar air.

$$\text{Rumus kadar air} = \frac{W_2 - W_3}{W_2 - W_1} \times 100\%$$

c. Daya serap iodine

Arang aktif kulit buah matoa ditimbang 0,1 gram yang diletakkan ke dalam wadah yang gelap dan tertutup, kemudian ditambahkan 50 mL larutan iodine 0,1 N, lalu diaduk dengan *magnetic stirrer* selama 15 menit lalu disaring. Filtrat diambil 10 mL dan disimpan dalam erlenmeyer kemudian dititrasi menggunakan natrium tiosulfat 0,1 N dan ditambahkan indikator amilum dan dititrasi hingga menjadi warna bening.

5. Pembuatan limbah yang mengandung ion logam Cd(II)

$\text{CdSO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ ditimbang sebanyak 6,8459 mg, kemudian dimasukkan dalam labu ukur 1000 ml lalu ditambahkan aquades hingga

tanda batas. Larutan dalam labu ukur dikocok hingga homogen.

6. Penentuan pH optimum

Adsorben arang aktif ditimbang 0,1 gram dan dimasukkan dalam erlenmeyer, kemudian ditambahkan larutan sampel konsentrasi 10 ppm sebanyak 50 mL dengan berbagai variasi pH 4, 5, 6, 7, 8, 9, dan 10 kemudian diaduk menggunakan magnetic stirrer selama 60 menit, kemudian didiamkan selama 15 menit, lalu disaring menggunakan kertas saring, selanjutnya diukur absorbansinya dengan AAS.

7. Penentuan waktu kontak optimum

Sampel yang sudah teraktivasi arang aktif ditimbang sebanyak 0,1 gram pada 5 erlenmeyer kemudian ditambahkan larutan sampel konsentrasi 10 ppm, larutan sampel diaduk dengan *magnetic stirrer* selama waktu 20, 40, 60, 80, dan 100 menit, kemudian didiamkan selama 15 menit disaring kemudian diukur absorbansinya

menggunakan AAS.

8. Penentuan konsentrasi optimum

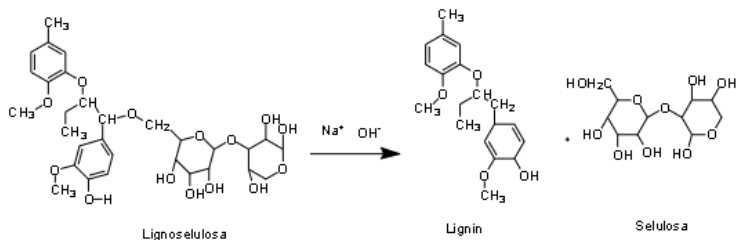
Kulit buah matoa ditimbang sebanyak 0,1 gram kemudian ditambahkan 50 mL larutan $\text{CdSO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ pada pH optimum dengan variasi konsentrasi 10, 20, 30, 40, dan 50 mg/L. Kemudian diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama waktu kontak optimum, kemudian didiamkan selama 15 menit lalu disaring. Konsentrasi ion logam diukur menggunakan AAS. Kemudian kapasitas adsorpsi dapat ditentukan.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Preparasi Selulosa Dari Kulit Matoa

Kulit buah matoa yang digunakan pada penelitian ini adalah matoa yang tumbuh di daerah pati. Kulit buah matoa memiliki kandungan lignin sebesar 28,24% (Aning Ayucitra, 2017). Menurut Gunam, 2011 lignin dalam selulosa berperan sebagai pelindung selulosa terhadap serangan enzim pemecah selulosa sehingga menyebabkan bahan yang mengandung selulosa menjadi keras dan menghambat selulosa untuk berikatan dengan ion logam, oleh karena itu dilakukan proses delignifikasi untuk menghilangkan kandungan lignin. Proses delignifikasi dilakukan menggunakan larutan NaOH 6% karena larutan NaOH dapat merusak lignin. Dalam penelitian Rambat, 2015 menyatakan bahwa proses delignifikasi menggunakan larutan NaOH dapat menurunkan kadar lignin dengan persentase 19,11%. NaOH dapat memisahkan lignin dengan selulosa dan ikatan dalam lignin itu sendiri. Ikatan yang terpisah adalah ikatan hidrogen yang menghubungkan lignin dengan selulosa. Terdapat reaksi pemutusan ikatan lignin dan selulosa seperti Gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Mekanisme pemutusan ikatan lignin dan selulosa
(Kusumawardani, 2018).

B. Pembuatan Arang Aktif

Pembuatan karbon aktif pada penelitian ini menggunakan kulit buah matoa. Karbon aktif dibuat dalam dua tahap yaitu pengarangan (karbonisasi), dan aktivasi.

Pengarangan kulit matoa dilakukan untuk menghilangkan zat-zat yang mudah menguap dan mengurai senyawa organik yang terdapat pada kulit matoa. Kulit matoa dikeringkan dibawah matahari hingga benar-benar kering. Kulit matoa yang telah kering kemudian dipanaskan dalam tungku *furnace* pada suhu 400°C untuk membuat karbon. Karbon yang diperoleh setelah dingin ditumbuk dan diayak menggunakan ayakan 80 mesh agar mendapat ukuran yang homogen. Hasil ayakan yang didapatkan dilanjutkan tahap aktivasi menggunakan larutan asam

nitrat 6%. Tahap aktivasi dilakukan untuk menghilangkan zat pengotor yang ada pada arang dari kulit matoa, dan untuk melarutkan mineral yang ada pada arang kulit matoa sehingga dapat membentuk gugus hidroksil (-OH) yang berikatan dengan logam.

C. Pengujian Arang Aktif

1. Uji kadar air

Uji kadar air dilakukan untuk mengukur sifat higroskopisitas arang aktif, dari pengukuran kadar air dapat mengetahui seberapa banyak penguapan air yang ada pada arang aktif. Hasil kadar air pada penelitian ini yaitu 3,92 % yang mana menunjukkan bahwa kadar air memenuhi persyaratan arang aktif sesuai SNI 06-3730-1995 yaitu batas maksimum untuk arang aktif sebesar 15%. Semakin rendah kadar air yang dihasilkan maka akan adsorpsi dapat berlangsung secara optimal karena banyak pori yang dapat ditempati oleh adsorbat. Diketahui bahwa semakin banyak air yang menguap maka pori-pori pada karbon aktif tersebut semakin besar

yang menyebabkan luas permukaan karbon aktif semakin bertambah.

2. Uji kadar abu

Pengujian kadar abu pada arang aktif bertujuan untuk mengidentifikasi mineral yang tersisa pada karbon aktif yang dapat menyumbat pori-pori karbon aktif dan tidak terbang pada saat karbonisasi dan aktivasi. Setelah dilakukan pengukuran diketahui hasil kadar abu sebesar 1,17% dimana hasil yang didapatkan sesuai dengan standar SNI 06-3730-1995 yaitu batas maksimal kadar abu yaitu 10%. Abu merupakan kontaminan yang tidak diinginkan dari adsorben karena menyebabkan penyumbatan pori-pori arang aktif, maka semakin rendah kadar abu pada karbon aktif maka semakin besar kemampuan adsorben untuk mengadsorp ion logam.

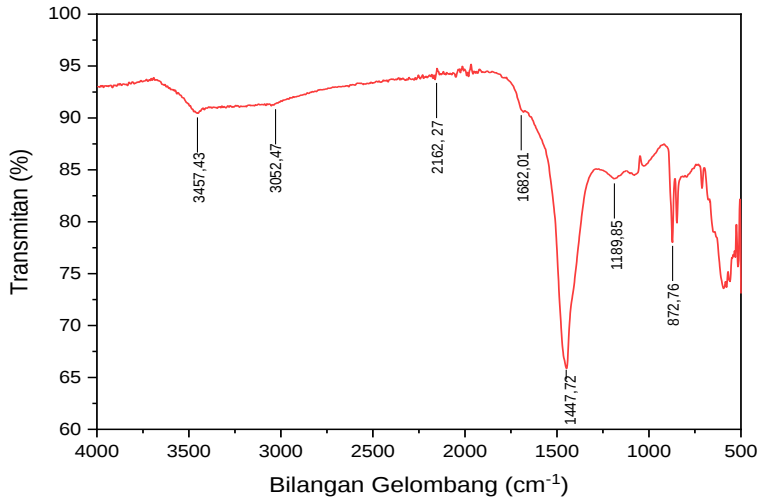
3. Daya serap iod

Uji daya serap iod bertujuan untuk mengukur kemampuan karbon aktif menyerap molekul. Penelitian ini didapat hasil daya serap iod menggunakan arang aktif teraktivasi asam

nitrat sebesar 507,64 mg/gram, batas minimum penyerapan iod menurut SNI 06-3730-1995 adalah sebesar 750 mg/g. Hasil penelitian yang didapat kurang sesuai dengan ketentuan SNI 06-3730-1995. Salah satu metode yang digunakan dalam pengujian daya serap iod yaitu menggunakan metode titrasi iometri. Penambahan larutan iod berfungsi sebagai adsorbat yang akan diserap oleh karbon aktif sebagai adsorbennya. Kereaktifan suatu karbon dilihat dari kemampuannya mengadsorpsi substrat. Daya adsorpsi tersebut dapat ditunjukkan dengan besarnya angka iod yang menunjukkan seberapa besar adsorben dapat mengadsorpsi iod. Semakin besar nilai angka iod maka semakin besar pula daya adsorpsi dari adsorben (Dewi et al., 2020).

D. Analisis Gugus Fungsi Menggunakan FTIR

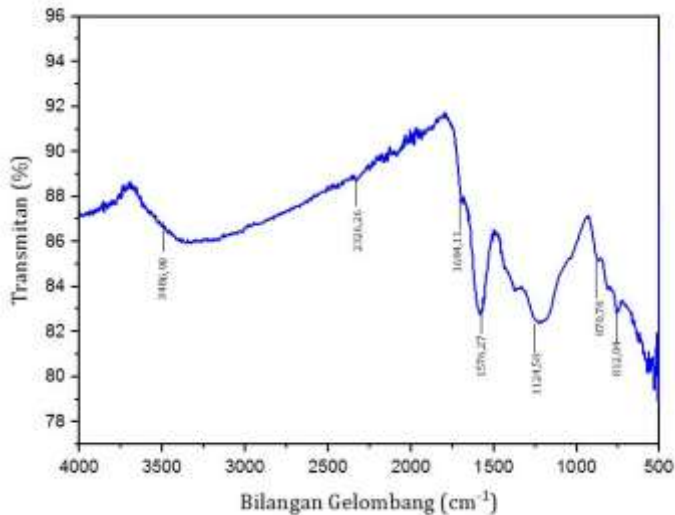
Analisis dengan instrumen FTIR bertujuan untuk mengetahui gugus fungsi apa saja yang terdapat pada adsorben kulit buah matoa sebelum dan sesudah aktivasi. Hasil karakterisasi arang sebelum aktivasi dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4. 2 Spektra FTIR arang kulit buah matoa sebelum aktivasi

Pada Gambar 4.2 menunjukkan bahwa adanya gugus O-H pada bilangan gelombang 3457,43 cm^{-1} , adanya ikatan O-H biasanya arang yang dihasilkan bersifat polar (Mentari et al., 2018). Bilangan gelombang 3052,47 cm^{-1} , 2162,27 cm^{-1} , 1447,72 cm^{-1} , 872,76 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus C-H. Menurut Losev Gugus fungsi C-H umumnya ada pada material yang memiliki banyak selulosa. Gugus C=O pada bilangan gelombang 1682,01 cm^{-1} dan gugus fungsi C-N pada bilangan gelombang 1189,85 cm^{-1} . Gugus fungsi C=O dan C-N memiliki peran penting pada saat proses

adsorpsi (Siregar, 2019). Sedangkan hasil karakterisasi pada arang sesudah aktivasi dapat dilihat pada Gambar 4.3



Gambar 4.3 Spektra FTIR arang kulit buah matoa setelah aktivasi

Gambar 4.3 yaitu menunjukkan bahwa arang sesudah aktivasi muncul gugus baru yaitu C=C pada bilangan gelombang 1576,27 cm⁻¹. Gugus C=C menunjukkan adanya peningkatan kadar pada karbon (Mentari et al., 2018). Gugus fungsi pada arang kulit matoa yang telah diaktivasi menggunakan asam nitrat yaitu terdapat gugus hidroksil dan gugus karboksil

yang berpengaruh pada proses adsorpsi.

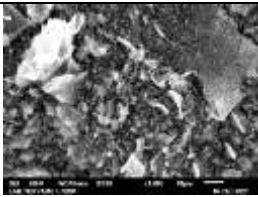
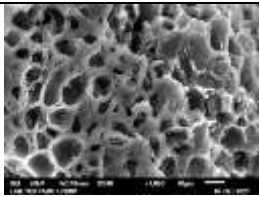
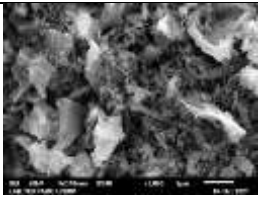
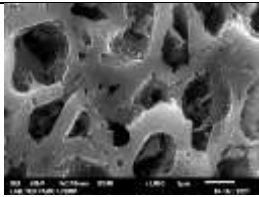
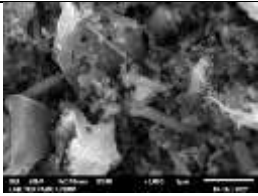
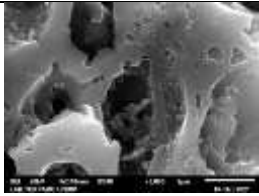
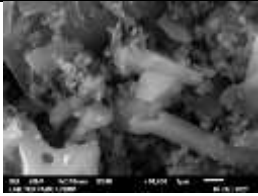
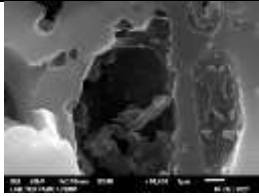
Tabel 4. 1 Gugus Fungsi Hasil Spektra FTIR arang kulit buah matoa

Gugus	Bilangan gelombang (cm ⁻¹)	
	Arang sebelum teraktivasi	Arang teraktivasi
O-H	3457,43	3486,98 2326,26
C-H	3052,47	
	2162,27	870,78
	1447,72	812,04
	872,76	
C=O	1682,01	1684,11
C=C	-	1576,27
C-N	1189,85	1124,50

E. Analisis Komponen Penyusun

Bentuk permukaan pada arang kulit buah matoa dianalisis menggunakan SEM dan untuk mengetahui unsur pada arang kulit buah matoa dianalisis menggunakan EDX. Hasil karakterisasi SEM pada permukaan arang sebelum aktivasi dan sesudah aktivasi dapat dilihat pada Tabel 4.4. Pada arang sesudah aktivasi memiliki struktur pori yang lebih beraturan. Sedangkan arang sebelum aktivasi terdapat serat pori yang tidak beraturan dan masi terdapat pengotor. Proses aktivasi menggunakan aktivator HNO₃ ini melarutkan zat pengotor yang masih menempel

pada arang sehingga akan memperbesar pori dengan memecahkan ikatan hidrokarbon.

Perbesaran	Arang sebelum aktivasi	Arang teraktivasi
1000x		
3000x		
5000x		
10000x		

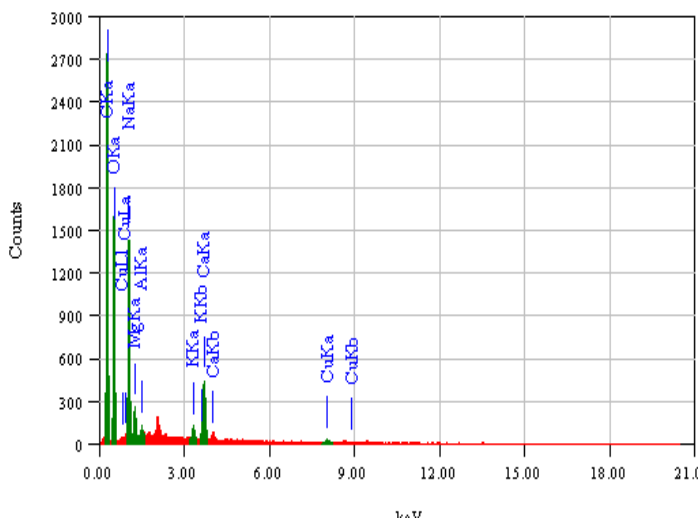
Tabel 4. 2 Perbandingan bentuk morfologi arang.

Pengujian EDX dilakukan untuk mengidentifikasi unsur-unsur penyusun material karbon. Data hasil uji EDX dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4. 3 Kandungan persentase(%) massa dari arang

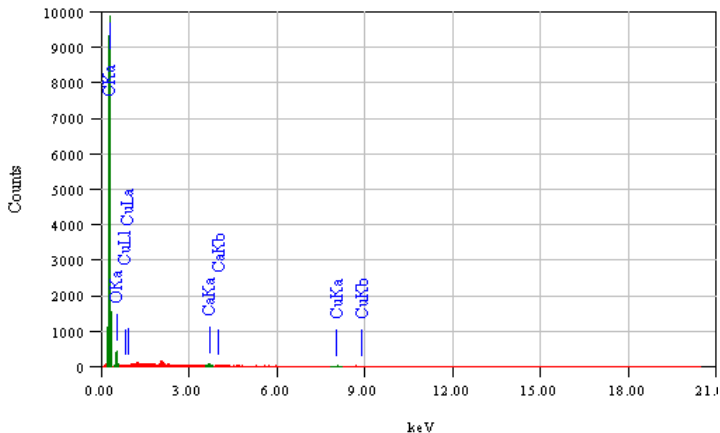
Jenis adsorben	Persentase unsur (% massa)						
	C	Na	Mg	Al	KO	Ca	Cu
Sebelum aktivasi	79,70	11,65	1,82	0,15	0,81	4,45	1,06
Setelah aktivasi	99,21	-	-	-	-	0,29	0,50

Tabel 4.2 menunjukkan bahwa unsur penyusun pada arang sebelum aktivasi yaitu karbon (C) 79,70%; Na 11,65%; Mg 1,82%; Al 0,15%; K 0,81%; Ca 4,45%; Cu 1,06%. Sedangkan unsur penyusun pada arang yang telah diaktivasi terdiri dari karbon 99,21%; Ca 0,29%; Cu 0,50%.



Gambar 4. 4 Hasil komposisi unsur dalam arang aktif sebelum aktivasi menggunakan EDX.

Hal ini menunjukkan bahwa terdapat perubahan yang sangat signifikan pada unsur karbon. Suatu material yang memiliki kandungan karbon yang tinggi memiliki kemampuan untuk mengadsorpsi lebih tinggi daripada material yang memiliki kandungan karbon lebih rendah.

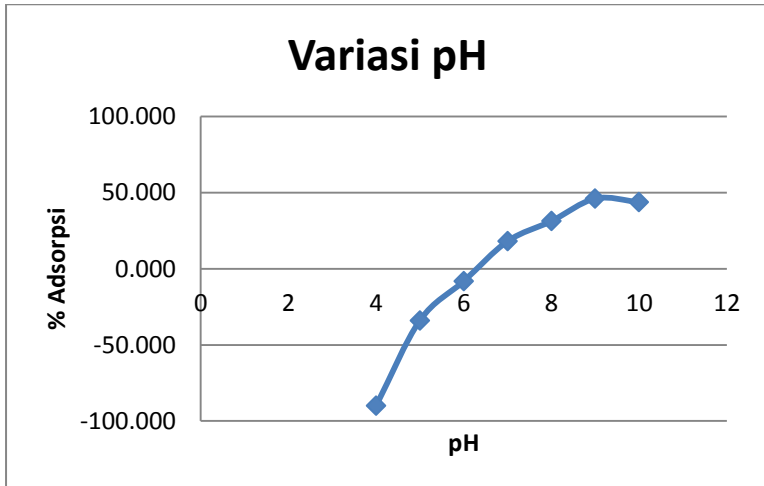


Gambar 4. 5 Hasil komposisi unsur dalam arang aktif setelah aktivasi menggunakan EDX

F. Penentuan pH Optimum

Penentuan pH optimum dilakukan beberapa variasi yaitu pada pH 4, 5, 6, 7, 8, 9, dan 10. Hasil percobaan variasi pH dapat dilihat pada tabel 4.2. Pada Tabel 4.2 menunjukkan bahwa pH optimum ditunjukkan pada pH 9 yang mampu mengadsorp ion logam sebesar 46.067%. pada pH 4, 5, 6 diketahui mendapatkan hasil persentase adsorpsi bernilai negatif, hal ini dikarenakan oleh protonasi yang berlebihan pada permukaan karbon. Selain itu pada pH <6 spesi ion Cd(II) yang terbentuk dalam larutan adalah Cd^{2+} yang menyebabkan terjadinya persaingan antara proton dan muatan dari Cd^{2+} dipermukaan

karbon yang menyebabkan kecilnya adsorpsi ion Cd(II) yang terjadi (Wijaya & Ulfin, 2015).



Gambar 4. 6 Grafik Pengaruh Variasi pH terhadap %adsorpsi

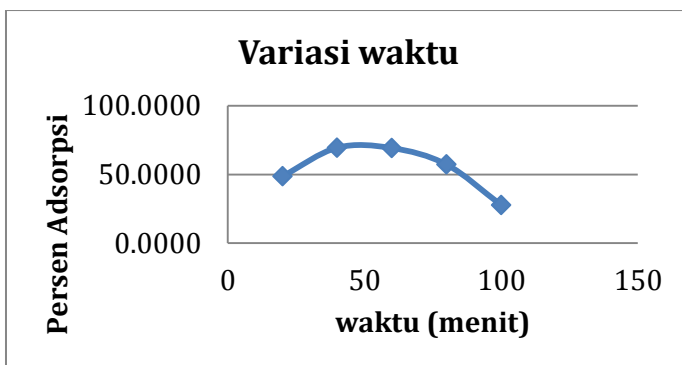
Menurut Wijaya & Ulfin (2015) $\text{pH} \geq 8$ ion Cd^{2+} akan teradsorpsi dengan baik, namun pada $\text{pH} \geq 8$ tidak hanya terjadi proses adsorpsi namun juga terjadi proses pengendapan dalam larutan. Pengaruh kondisi larutan pada pH basa akan terbentuknya spesi hidroksi seperti Cd(OH)_2 yang mengendap. Pada penelitian ini diperoleh pH optimum pada pH 9 namun penurunan kadar ion Cd^{2+} pada pH 9 tidak saja disebabkan oleh proses adsorpsi namun juga proses pengendapan.

Tabel 4. 4 Variasi pH terhadap kapasitas adsorpsi

pH	%Adsorpsi (%)
4	-89,963
5	-33,933
6	-8,165
7	18,052
8	31,236
9	46,067
10	43,670

G. Penentuan Waktu Kontak Optimum

Waktu kontak optimum untuk adsorpsi Cd ditentukan untuk mengetahui kemampuan arang dari kulit buah matoa teraktivasi asam nitrat dalam mengadsorpsi logam Cd. Dalam penelitian ini digunakan variasi yang digunakan yaitu 20, 40, 60, 80, dan 100 menit. Hasil variasi kontak waktu ditunjukkan dalam Tabel 4.5 dan Gambar 4.7



Gambar 4. 7 Grafik variasi waktu terhadap persen Adsorpsi

Berdasarkan Tabel 4.5 dapat dilihat waktu kontak yang paling optimum dalam mengadsorp logam Cd (II) yaitu pada waktu 40 menit yang menunjukkan persen adsorpsi yang didapat yaitu 69,4943%. Dapat dilihat bahwa pada waktu 60 menit persen adsorpsi mengalami penurunan karena pada waktu 40 menit telah mencapai waktu optimum dalam penyisihan adsorben.

Tabel 4. 5 Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Kapasitas Adsorpsi Cd (II)

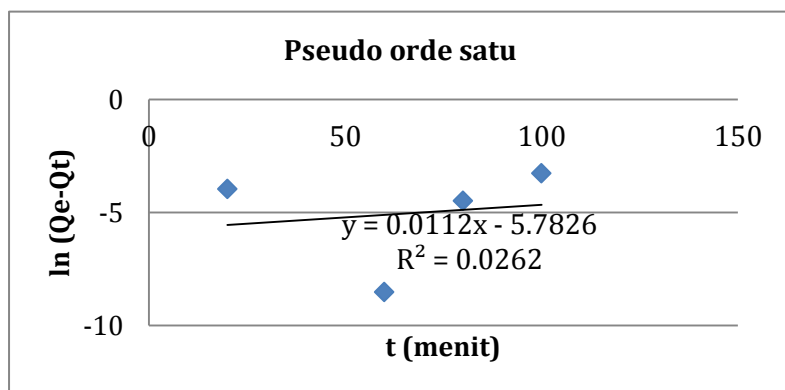
Waktu kontak (menit)	Persen Adsorpsi (%)
20	48,6678
40	69,4943
60	69,2768
80	57,2594
100	27,7325

Waktu kontak antara adsorben dan adsorbat yang melebihi waktu kontak optimum disebabkan oleh proses desorpsi dan lemahnya interaksi antara ion logam dengan adsorben yang terikat pada permukaan adsorben (Pratomo, 2017). Desorpsi menandakan telah terbentuknya kondisi kesetimbangan yang dinamis pada proses adsorpsi. Fenomena desorpsi disebabkan oleh proses adsorpsi yang terjadi secara fisika. Proses ini bersifat reversible, menghasilkan pelepasan ion dari permukaan adsorben ke dalam larutan air limbah.

Penentuan kinetika adsorpsi dilakukan untuk mengetahui tingkat kecepatan penyerapan logam yang terjadi. Penentuan kinetika adsorpsi dilakukan dengan membuat kurva kinetika adsorpsi pseudo orde satu dan pseudo orde dua dengan menggunakan hasil R^2 yang lebih tinggi atau mendekati 1. Kinetika adsorpsi menggunakan adsorben kulit matoa teraktivasi asam nitrat dapat dilihat pada Tabel 4.6. berdasarkan tabel tersebut dapat diketahui bahwa pseudo orde dua lebih memberikan kesesuaian dibandingkan pseudo orde satu. Hasil kurva pseudo orde satu dapat dilihat pada Gambar 4.8.

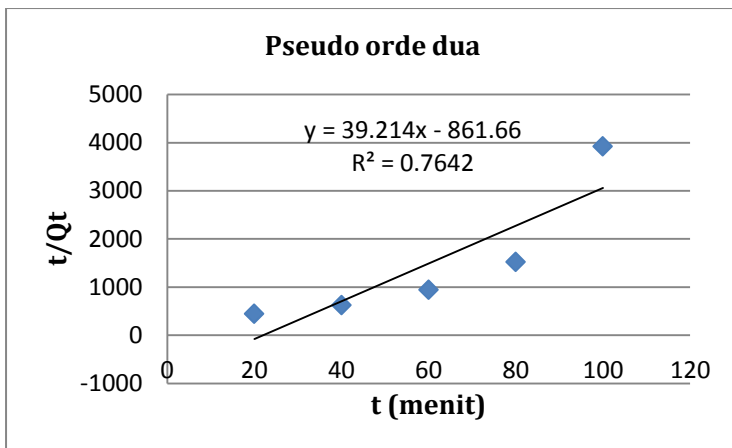
Tabel 4. 6 Kinetika adsorpsi Cd(II) dengan adsorben kulit buah matoa

Pseudo orde satu			Pseudo orde dua		
$Q_{\max}$ (mg/g)	K_1 (min ⁻¹)	R^2	$Q_{\max}$ (mg/g)	K_1 (min ⁻¹)	R^2
89,2857	$2,16 \times 10^{-5}$	0.0262	0,0255	-1,7846	0.7642



Gambar 4. 8 Model Pseudo Orde Satu

Berdasarkan Gambar 4.8 dapat diketahui persamaan regresi linear sebesar $y = 0,0112x - 5,7826$ dan nilai koefisien (R^2) sangat rendah yaitu 0,0262 dan tidak dapat diterima, maka model kinetika adsorpsi pseudo orde pertama tidak terpenuhi. Hasil kurva pseudo orde dua dapat dilihat pada Gambar 4.9

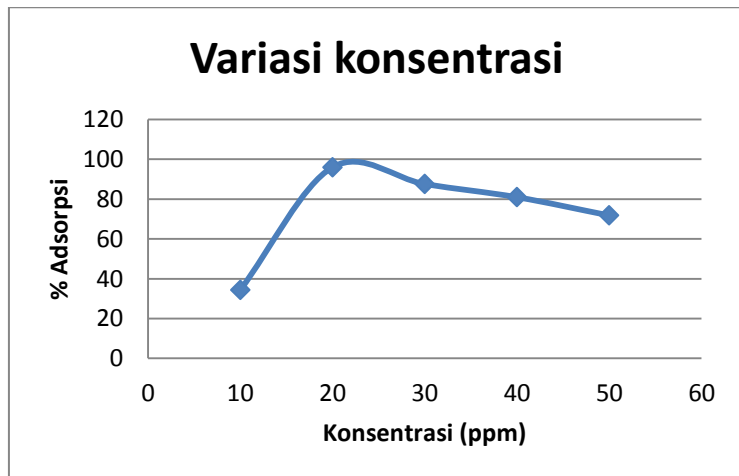


Gambar 4. 9 Model Pseudo Orde Dua

Berdasarkan Gambar 4.9 dapat diketahui persamaan regresi linearnya yaitu $y=39,214x-861,66$ dan nilai koefisiennya adalah $R^2= 0,7642$ dan bisa diketahui bahwa model laju reaksi orde dua ini dapat digunakan sebagai model laju reaksi untuk adsorpsi logam Cd (II). Menurut Huang dkk, 2014 jika model kinetika pada adsorpsi lebih cocok dengan model kinetika pseudo orde dua maka adsorpsi yang terjadi adalah proses adsorpsi secara kimia (*chemisorption*) yaitu adsorpsi yang melibatkan interaksi antara adsorben dan adsorbat sehingga adsorbat tidak dapat bergerak bebas ke bagian lainnya.

H. Penentuan Isoterm adsorpsi

Penentuan konsentrasi optimum dilakukan dengan beberapa variasi pengujian yaitu pada konsentrasi 10, 20, 30, 40, 50 ppm. Pengujian ini dilakukan pada kondisi pH optimum 9 dan waktu kontak 40 menit. Hasil dari pengujian ini didapatkan data seperti Gambar 4.10.



Gambar 4. 10 Grafik variasi konsentrasi terhadap % Adsorpsi

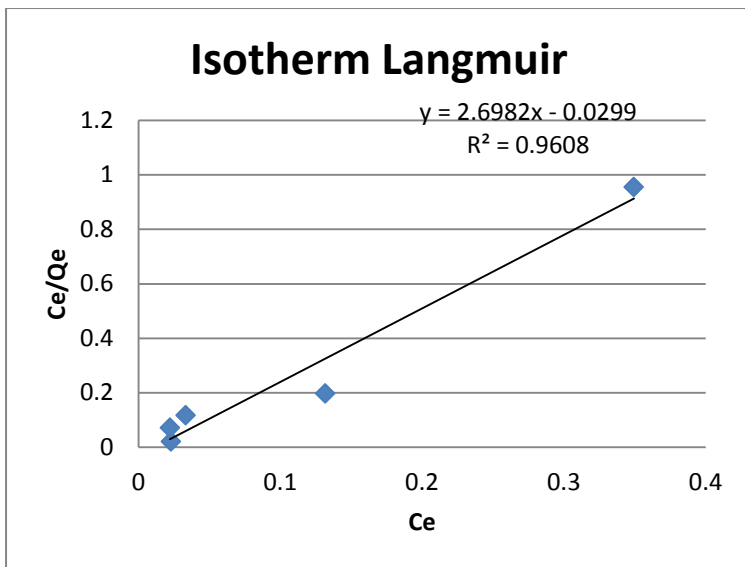
Pada Gambar 4.10 menunjukkan bahwa kondisi konsentrasi optimum yaitu pada konsentrasi 20 ppm karena pada konsentrasi tersebut menunjukkan bahwa logam Cd (II) yang dapat di adsorp yaitu sebesar

95.9557%. data dari penentuan konsentrasi ini digunakan untuk menentukan isotherm adsorpsi.

Tabel 4. 7 Isoterm adsorpsi Cd(II) dengan adsorben kulit buah matoa

Langmuir			Freundlich		
$Q_{\max}$ (mg/g)	K_l (min^{-1})	R^2	N	K_f (min^{-1})	R^2
-33,445	-0,01108	0,9608	-22,676	0,4177	0,0088

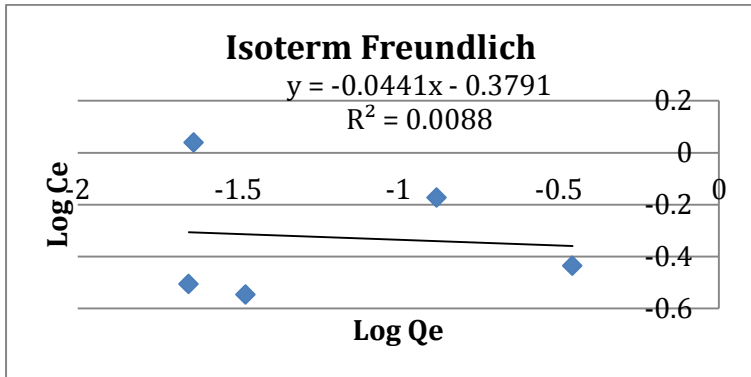
Isotherm adsorpsi ditentukan dengan mengubah isotherm Langmuir dan Freundlich menjadi kurva kesetimbangan dan menentukan model kesetimbangan sesuai dengan nilai regresinya (R^2) yang lebih mendekati angka 1. Hasil isotherm adsorpsi dengan menggunakan arang aktif kulit matoa dapat dilihat pada Tabel 4.6. Pada tabel tersebut dapat diketahui bahwa nilai regresi (R^2) yang lebih tinggi yaitu isotherm adsorpsi langmuir. Hasil kurva isotherm adsorpsi langmuir dapat dilihat pada Gambar 4.11. Berdasarkan gambar tersebut dapat diketahui bahwa isotherm adsorpsi langmuir memiliki persamaan $y = 2.6982x - 0.0299$ dan nilai regresinya (R^2) sebesar 0,9608.



Gambar 4. 11 Isoterm Langmuir

Sedangkan hasil kurva isoterm adsorpsi freundlich dapat dilihat pada Gambar 4.12 yang menunjukkan persamaan garisnya yaitu $y = -0.0441x - 0.3791$ dan nilai regresinya (R^2) sebesar 0,0088. Hal ini menunjukkan bahwa model isotherm yang sesuai dalam penelitian ini adalah model isotherm Langmuir, karena nilai regresi (R^2) Langmuir lebih tinggi daripada nilai regresi (R^2) model Freundlich yaitu mendekati 1. Isotherm Langmuir diasumsikan adsorpsinya berlangsung secara kimia yaitu molekul yang terserap

pada permukaan adsorben tidak berpindah-pindah, adsorbat yang terserap membentuk lapisan tunggal (*monolayer*) (Siregar, 2019).



Gambar 4. 12 Isoterm Freundlich

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, maka dapat ditarik disimpulkan sebagai berikut:

1. Karakteristik arang aktif dari kulit matoa meliputi kadar air sebesar 3,92% dengan standar baku mutu SNI 06-3730-1995 yaitu batas maksimum 15%. Kadar abu sebesar 1,17% dengan batas maksimum 10%, dan daya serap iodin sebesar 507,64 mg/g dengan batas minimum 750 mg/g.
2. Kapasitas adsorpsi Cd (II) dari arang aktif kulit matoa teraktivasi asam nitrat 1M adalah sebesar 59,75 mg/g pada konsentrasi 20 ppm pH 9 dengan waktu optimum 40 menit.
3. Kinetika adsorpsi yang digunakan pada karbon aktif dari kulit buah matoa teraktivasi asam nitrat mengikuti pseudo orde dua dan isotherm adsorpsinya mengikuti isotherm adsorpsi Langmuir dengan nilai $K_L = -0,01108$, $Q_{\max} = -33,4448$, dan $R^2 = 0,9608$.

B. Saran

Pada penelitian selanjutnya diharapkan untuk melakukan pengkajian kembali mengenai daya serap iod, penentuan konsentrasi optimum agar mendapatkan nilai kapasitas adsorpsi lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Aliefuddin, R. H. (2019). Sintesis Dan Karakterisasi Reduce Graphene Oxide Berbahan Dasar Limbah Kopi Arabika Dan Robusta Dengan Metode Liquid Sonication Exfoliation. *Skripsi*.
- Aning Ayucitra, dan A. H. K. C. H. G. (2017). Pemanfaatan Kulit Buah Matoa Sebagai Kertas Serat Campuran Melalui Proses Pretreatment Dengan Bantuan Gelombang Mikro Dan Ultrasonik. *Jurnal Ilmiah Widya Teknik*, 16.
- Baryatik, P., Moelyaningrum, A. D., Asihta, U., & Nurcahyaningasih, W. (2019). Pemanfaatan Arang Aktif Ampas Kopi sebagai Adsorben Kadmium pada Air Sumur. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 02(1).
- Dewi, R., Azhari, A., & Nofriadi, I. (2020). Aktivasi Karbon Dari Kulit Pinang Dengan Menggunakan Aktivator Kimia KOH. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 9(2). <https://doi.org/10.29103/jtku.v9i2.3351>
- Faizal, M., & Fitri, R. M. (2014). Pengolahan Air Limbah yang Mengandung Logam Cd Menggunakan Komposit Adsorbent dengan Bentonit & Fe₃O₄. *Teknik Kimia*, 20(3), 66–72.
- Farida, A., Ariyani, S., Sulistyaningsih, N. E., & Kurniasari, L. (2019). Pemanfaatan Limbah Kulit Jagung (Zea Mays L.) Sebagai Adsorben Logam Kadmium Dalam Larutan. *Jurnal Inovasi Teknik Kimia*, 4(2), 27–32. <https://doi.org/10.31942/inteka.v4i2.3022>
- Faustina, F. C., & Santoso, F. (2014). Extraction of Fruit Peels of Pometia Pinnata and its Antioxidant and Antimicrobial Activities. *Jurnal Pascapanen*, 11(2), 80–88.
- Gultom, E. M., & Lubis, M. T. (2014). Aplikasi Karbon Aktif

- Dari Cangkang Kelapa Sawit Dengan Aktivator H_3PO_4 Untuk Penyerapan Logam Berat Cd Dan Pb. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 3(1), 5–10.
- Gunam, Ida Bagus Wayan, Wartini, N.M, Anggreni, A.A.M.D dan Suparyana., P. . (2011). Delignifikasi Ampas Tebu Dengan Larutan Natrium Hidroksida Sebelum Proses Sakaraifikasi Secara Enzimatis Menggunakan Enzim Selulase Kasar. *Jurnal Teknologi Indonesia*, 34.
- Haura, U., Razi, F., & Meilina, H. (2017). Karakterisasi Adsorben dari Kulit Manggis dan Kinerjanya pada Adsorpsi Logam Pb(II) dan Cr(VI). *Biopropal Industri*, 8(1).
- Huang, W-Y, dkk. (2014). Kinetics, isotherm, thermodynamic, and adsorption mechanism studies of $La(OH)_3$ -modified exfoliated vermiculites as highly efficient phosphate adsorbents. *Chemical Engineering Journal*, 191–201.
- Jubilate, F., Zaharah, T. A., & Syahbanu, I. (2016). Pengaruh Aktivasi Arang Dari Limbah Kulit Pisang Kepok Sebagai Adsorben Besi (II) Pada Air Tanah. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 5(4), 14–21.
- Kasih, Y. O. (2019). *Studi Karbon Aktif Magnetik Dari Limbah Kulit Singkong (Manihot Utilissima) Sebagai Adsorben Untuk Menentukan Senyawa Antibiotik Tetrasiklin Di Perairan*. 5–10.
- Khopkar, S. . (2008). *Konsep Dasar Kimia Analitik*. UI, Press.Jakarta.
- Kurniawan, T. W., Darmawan Panjaitan, S., Sitorus, B., & Hadari Nawawi, J. H. (2016). Pemodelan Kinetika Dan Isotherm Adsorpsi Ion Logam Merkuri Menggunakan Karbon Aktif Dari Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Jurnal Ilmu Dan Terapan Kimia*, 1(2).
- Kusumawardani, R., Zaharah, T. A., & Destiarti, L. (2018).

- Adsorpsi Kadmium(II) Menggunakan Adsorben Selulosa Ampas Tebu Teraktivasi Asam Nitrat. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 7(3), 75–83.
- Masitoh, Y., & Sianita, M. (2013). Pemanfaatan Arang Aktif Kulit Buah Coklat (*Theobroma Cacao* L.) Sebagai Adsorben Logam Berat Cd (II) Dalam Pelarut Air. *UNESA Journal of Chemistry*, 2(2), 23–28.
- Mentari, A. V., Handika, G., & Maulina, S. (2018). Perbandingan Gugus Fungsi Dan Morfologi Permukaan Karbon Aktif Dari Pelepah Kelapa Sawit Menggunakan Aktivator Asam Fosfat (H_3PO_4) Dan Asam Nitrat (HNO_3). *Jurnal Teknik Kimia USU*, 7(1), 16–20.
- Merliyana. (2017). Analisis Status Pencemaran Air Sungai Dengan Makrobentos Sebagai Bioindikator Di Aliran Sungai Sumur Putri Teluk Betung. In *Skripsi*. UIN Raden Intan.
- Ngajow, M., Abidjulu, J., & Kamu, V. S. (2013). Pengaruh Antibakteri Ekstrak Kulit Batang Matoa (*Pometia pinnata*) terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus* secara In vitro. *Jurnal MIPA*, 2(2), 128.
- Noriyanti, T. (2012). Analisis Kalsium, Kadmium dan Timbal pada Susu Sapi Secara Spektrofotometri Serapan Atom. *Skripsi Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam*.
- Nugroho, D. (2013). *Pemanfaatan Limbah Padat Industri Tahu Dan Reaktor Biosand Filter Untuk Menurunkan Kadar Ion Logam Fe^{3+} Dan Zn^{2+} Pada Industri*. Unnes.
- Palar, H. (2004). *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. PT Rineka Cipta. Jakarta.
- Pamangin, Y. C., Pratiwi, R. D., & Dirgantara, S. (2020). Pemanfaatan Limbah Kulit Buah Matoa (*Pometia*

- Pinnata) Asal Papua Menjadi Minuman Effervescent Yang Berantioksidan Tinggi. *AVOGADRO Jurnal Kimia*, 4.
- Pratomo, S. W., Mahatmanti, F. W., & Sulistyaningsih, T. (2017). Pemanfaatan Zeolit Alam Teraktivasi H₃PO₄ Sebagai Adsorben Ion Logam Cd(II) Dalam Larutan. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 6(2), 161–167.
- Raditya, B. (2016). Pemanfaatan Kulit Durian Sebagai Adsorben Logam Berat Pb Pada Limbah Cair Elektroplating. *Envirotek: Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 8(1), 10–18.
- Rahmayani, F., & Siswarni, M. (2013). Pemanfaatan Limbah Batang Jagung Sebagai Adsorben Alternatif Pada Pengurangan Kadar Klorin Dalam Air Olahan (Treated Water). *Jurnal Teknik Kimia USU*, 2(2).
- Rambat, R., Aprilita, N. H., & Rusdiarso, B. (2015). Aplikasi Limbah Kulit Buah Kakao sebagai Media Fermentasi Asam Laktat untuk Bahan Baku Bioplastik. In *Jurnal Kimia dan Kemasan* (Vol. 37, Issue 2).
- Rismiarti, Z. (2017). Karakterisasi Metode Paper Analytical Device Berbasis Pencitraan Digital Untuk Deteksi Kadmium. *Karakterisasi Metode Paper Analytical Device Berbasis Pencitraan Digital Untuk Deteksi Kadmium*, 10(2), 40–45. <https://doi.org/10.35799/cp.10.2.2017.27744>
- Safaria, S., Idiawati, N., & Zaharah, T. A. (2013). Efektivitas campuran Enzim Selulase dari *Aspergillus niger* dan *Trichoderma reesei* dalam Menghidrolisis Substrat Sabut Kelapa. 3(1).
- Sembiring, Z., Buhani, B., Suharso, S., & Sumadi, S. (2010). Isoterm Adsorpsi Ion Pb(II), Cu(II) dan Cd(II) Pada Biomassa *Nannochloropsis* sp yang Dienkapsulasi

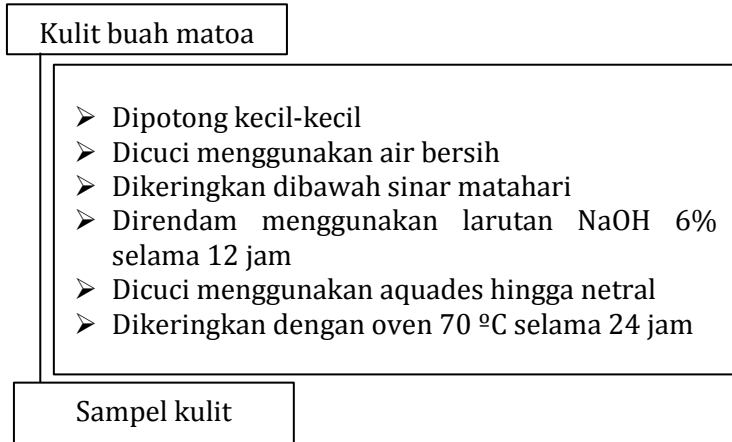
- Akuagel Silika. *Indonesian Journal of Chemistry*, 9(1), 1–4.
- Setiaty Pandia, & Budi Warman. (2017). Pemanfaatan Kulit Jengkol Sebagai Adsorben Dalam Penyerapan Logam Cd (II) pada Limbah Cair Industri Pelapisan Logam. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 5(4).
- Setiawati, E., & Suroto, S. (2010). Pengaruh Bahan Aktivator Pada Pembuatan Karbon Aktif Tempurung Kelapa. *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan*, 2(1), 21. <https://doi.org/10.24111/jrihh.v2i1.911>
- Siregar, K. N. A. (2019). *Penyisihan Logam Berat Pb (II) dan Cd (II) dengan Adsorben yang Dibuat dari Serbuk Kayu yang Diaktivasi dengan H3PO4*. Universitas Sumatera Utara.
- Siringo-ringo, E. P. (2019). Pengaruh Waktu Kontak , pH dan Dosis Adsorben dalam Penurunan Kadar Pb dan Cd Menggunakan Adsorben dari Kulit Pisang. In *Tugas Akhir*. Universitas Sumatera Utara.
- Suhendarwati, L., Bambang, B., & Susanawati, L. D. (2014). Pengaruh Konsentrasi Larutan Kalium Hidroksida pada Abu Dasar Ampas Tebu Teraktivasi. *Jurnal Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, 1(1), 19–25. <http://jsal.ub.ac.id/index.php/jsal/article/view/101/97>
- Syauqiah, I., Amalia, M., & Kartini, H. A. (2011). Analisis Variasi Waktu Dan Kecepatan Pengaduk Pada Proses Adsorpsi Limbah Logam Berat Dengan Arang Aktif. *Analisis Variasi Waktu Dan Kecepatan Pengaduk Pada Proses Adsorpsi Limbah Logam Berat Dengan Arang Aktif*, 12(1), 11–20.
- Wijaya, V. C., & Ulfen, I. (2015). Pengaruh pH pada Adsorpsi Ion Cd 2 + dalam Larutan. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 4(2).

Yuliyanti, A., Sarah, D., & Soebowo, E. (2012). Pengaruh Lempung Ekspansif Terhadap Potensi Amblesan Tanah Di Daerah Semarang. *Jurnal Riset Geologi Dan Pertambangan*, 22(2), 91.
<https://doi.org/10.14203/risetgeotam2012.v22.61>

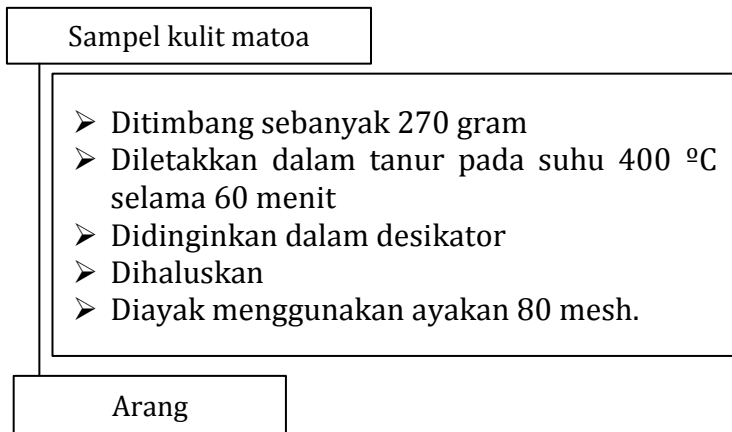
LAMPIRAN

Lampiran 1 Diagram Alir Penelitian

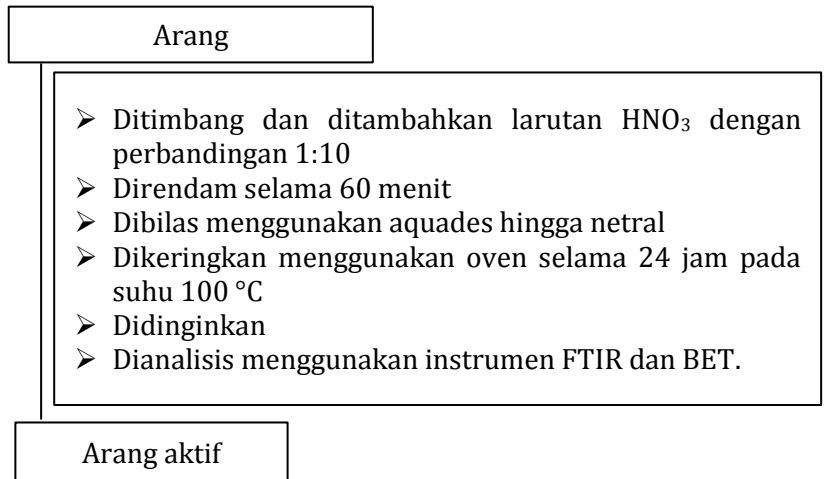
a. Preparasi sampel kulit buah matoa



b. Tahap karbonisasi

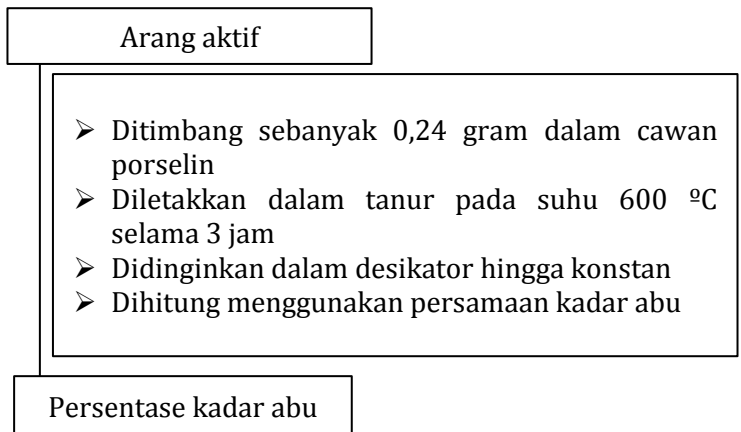


c. Tahap aktivasi



d. Parameter pengujian arang aktif

1. Kadar abu



2. Kadar air

Arang aktif

- Ditimbang sebanyak 0,5 gram dalam cawan porselin
- Diletakkan dalam oven pada suhu 100 °C selama 90 menit
- Didinginkan dalam desikator
- Ditimbang
- Dihitung menggunakan persamaan kadar abu.

Persentase kadar air

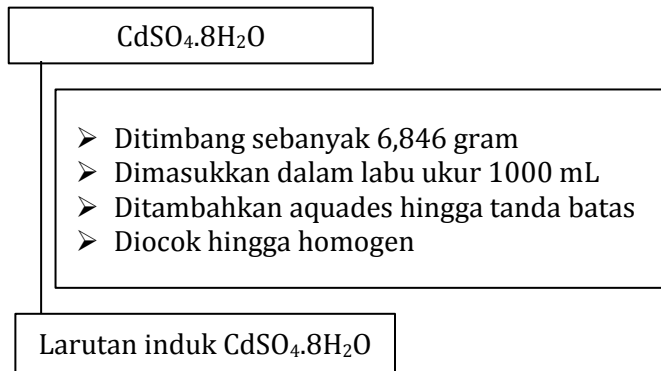
3. Daya serap iodin

Arang aktif

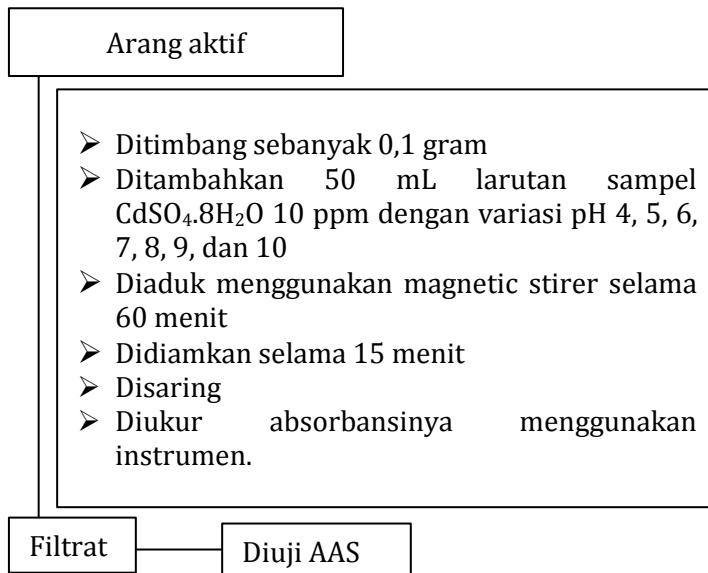
- Ditimbang sebanyak 0,1 gram
- Ditambahkan 50 mL larutan iodin 0,1N
- Diaduk menggunakan magnetic stirrer selama 15 menit
- Dititrasi menggunakan natrium tiosulfat 0,1 N
- Ditambahkan indikator amilum
- Dititrasi hingga menjadi warna bening.

Konsentrasi iodin

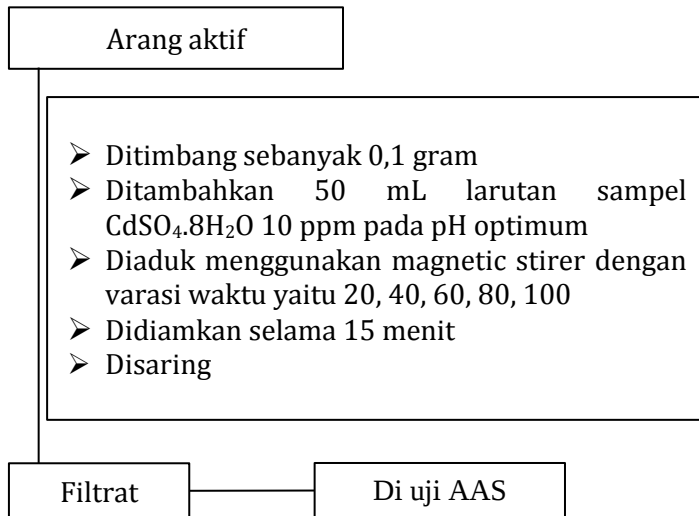
e. Pembuatan limbah Cd (II) dalam $\text{CdSO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$



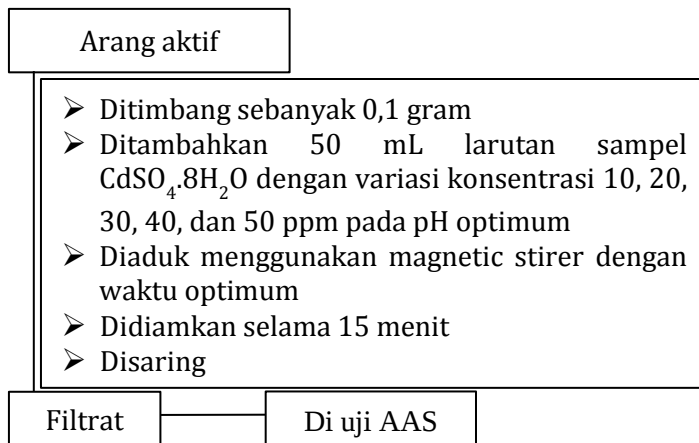
f. Penentuan pH optimum



g. Penentuan waktu kontak optimum



h. Pengaruh konsentrasi awal



Lampiran 2 Data hasil penelitian

a. Data Variasi pH larutan

pH	Massa adsorben (g)	Volume larutan (mL)	C ₁ (mg/L)	C ₂ (mg/L)	Q _e (mg/g)	%R (%)
4	0,1	50	0.1335	0.254	-0.00601	-89.96
5	0,1	50	0.1335	0.179	-0.00227	-33.93
6	0,1	50	0.1335	0.144	-0.00055	-8.16
7	0,1	50	0.1335	0.109	0.00121	18.05
8	0,1	50	0.1335	0.092	0.00209	31.24
9	0,1	50	0.1335	0.072	0.00308	46.07
10	0,1	50	0.1335	0.075	0.00292	43.67

b. Data variasi waktu kontak

t (menit)	Massa adsorben (g)	Volume larutan (mL)	C ₁ (mg/L)	C ₂ (mg/L)	Q _e (mg/g)	%R
20	0,1	50	0.1839	0.0944	0.4480	48.67
40	0,1	50	0.1839	0.0561	0.6390	69.49
60	0,1	50	0.1839	0.0565	0.6370	69.28
80	0,1	50	0.1839	0.0786	0.5270	57.26
100	0,1	50	0.1839	0.1399	0.2200	27.73

c. Data variasi konsentrasi

Konsentrasi (ppm)	Massa adsorben (g)	Volume larutan (mL)	C ₁ (mg/L)	C ₂ (mg/L)	Q _e (mg/g)
10	0,1	25	0.0996	0.0271	36.25
20	0,1	25	0.4908	0.3713	59.75
30	0,1	25	0.4831	0.4711	6
40	0,1	25	0.7003	0.5823	59
50	0,1	25	1.1587	0.7384	210.15

d. Data kinetika adsorpsi

Pseudo orde 1			Pseudo orde 2		
Q _{max} (mg/g)	K ₁ (min ⁻¹)	R ²	Q _{max} (mg/g)	K ₁ (min ⁻¹)	R ²
89,2857	2,16x10 ⁻⁵	0.0262	0,0255	-1,7846	0.7642

e. Data isotherm adsorpsi

Langmuir			Freundlich		
Q _{max} (mg/g)	K _l (min ⁻¹)	R ²	n	K _f (min ⁻¹)	R ²
0,0764	0,8583	0,0152	5,8962	0,0540	0,0316

Lampiran 3 Perhitungan Analisa Data

a. Pembuatan Larutan

1. Larutan induk Cd (II) 1000 ppm

Membuat larutan Cd (II) dari padatan $\text{CdSO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$

Diketahui: Ar Cd = 112,411 gr/mol

- Larutan induk 1000 ppm = 1000 mg/L = 1 gr/L

- $$\begin{aligned}\text{Mol Cd (II)} &= \frac{gr}{Ar} \\ &= \frac{1 \text{ gram}}{112,411 \text{ g/mol}} \\ &= 0,008896 \text{ gr}\end{aligned}$$

- Massa $\text{CdSO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ yang digunakan

$$\begin{aligned}\text{Massa} &= \text{mol Cd (II)} \times \text{Mr CdSO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O} \\ &= 0,008896 \text{ mol} \times 769,546 \text{ gr/mol} \\ &= 6,845881216 \text{ gram}\end{aligned}$$

2. Pengenceran larutan dengan rumus:

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

Keterangan:

M1 = Konsentrasi larutan induk (ppm)

V1 = Volume larutan yang dibutuhkan (mL)

M2 = Konsentrasi yang diinginkan (ppm)

V2 = Volume setelah pengenceran (mL)

1. Larutan Cd (II) 10 ppm

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$1000 \text{ ppm} \cdot V_1 = 10 \text{ ppm} \cdot 250 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{2500 \text{ ppm} \cdot \text{mL}}{1000 \text{ ppm}}$$

$$V_1 = 2,5 \text{ mL}$$

2. Larutan Cd (II) 20 ppm

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$1000 \text{ ppm} \cdot V_1 = 20 \text{ ppm} \cdot 250 \text{ mL}$$

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

$$V_1 = 5 \text{ mL}$$

3. Larutan Cd (II) 30 ppm

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$1000 \text{ ppm} \cdot V_1 = 30 \text{ ppm} \cdot 250 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{7500 \text{ ppm} \cdot \text{mL}}{1000 \text{ ppm}}$$

$$V_1 = 7,5 \text{ mL}$$

4. Larutan Cd (II) 40 ppm

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$1000 \text{ ppm} \cdot V_1 = 40 \text{ ppm} \cdot 250 \text{ mL}$$

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

$$V_1 = 10 \text{ mL}$$

5. Larutan Cd (II) 50 ppm

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$1000 \text{ ppm} \cdot V_1 = 50 \text{ ppm} \cdot 250 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{12500 \text{ ppm.mL}}{1000 \text{ ppm}}$$

$$V_1 = 12,5 \text{ mL}$$

b. Perhitungan pengujian arang aktif

a) Perhitungan pengujian kadar abu

$$\text{Rumus kadar abu} = \frac{w_1 - w_2}{w} \times 100\%$$

Keterangan:

W = Cawan kosong (gr)

W₁ = Cawan + sampel setelah pembakaran (gr)

W₂ = Cawan + sampel sebelum pembakaran (gr)

$$\begin{aligned} \text{Kadar air} &= \frac{65,97 - 65,21}{64,97} \times 100\% \\ &= \frac{0,76}{64,97} \times 100\% \\ &= 1,17\% \end{aligned}$$

b) Perhitungan pengujian kadar air

$$\text{Rumus kadar air} = \frac{W_2 - W_3}{W_2 - W_1} \times 100\%$$

Keterangan:

W₁ = Cawan kosong (gr)

W₂ = Cawan + sampel sebelum pemanasan (gr)

W₃ = Cawan + sampel setelah pemanasan (gr)

$$\text{Kadar air} = \frac{58,19 - 58,17}{58,19 - 57,68} \times 100\%$$

$$= \frac{0,02}{0,51} \times 100\%$$

$$= 3,92\%$$

c) Perhitungan daya serap iodin

Rumus:

Daya serap iodin

$$= \frac{a}{b} \times \frac{(V_{blanko} - V_{sampel}) \times N_{Na_2SO_3} \times BE_{I_2}}{W}$$

Keterangan :

a = Volume larutan iod untuk sampel (ml)

b = Volume filtrat (ml)

V = Volume Larutan $Na_2S_2O_3$ yang diperlukan (ml)

N = Normalitas larutan $Na_2S_2O_3$ (ml)

BE = Berat ekuivalen I_2 (126,91)

W = Berat karbon aktif (gram)

Diketahui : $V_{blanko} = 4 \text{ ml}$

$V_{sampel} = 2 \text{ ml}$

Massa sampel = 0,1 gram

$N_{Na_2S_2O_3} = 0,1 \text{ N}$

$$\text{Daya serap iod} = \frac{10}{5} \times \frac{(4\text{ml} - 2\text{ml}) \times 0,1\text{mek/ml} \times 126,91/\text{mek}}{0,1}$$

$$= 507,64 \text{ mg/g}$$

c. Perhitungan jumlah ion logam yang terserap (%R)

$$\text{Rumus \%R} = \frac{C_o - C_e}{C_o} \times 100\%$$

Keterangan :

R = jumlah ion logam yang terserap

C_o = konsentrasi adsorbat awal (ppm)

C_e = konsentrasi adsorbat akhir (ppm)

1. Variasi pH

a) pH 4

$$\begin{aligned}\%R &= \frac{(0.1335 - 0.254) \text{ ppm}}{0.1335 \text{ ppm}} \times 100\% \\ &= -89,963\%\end{aligned}$$

b) pH 5

$$\begin{aligned}\%R &= \frac{(0.1335 - 0.179) \text{ ppm}}{0.1335 \text{ ppm}} \times 100\% \\ &= -33,933\%\end{aligned}$$

c) pH 6

$$\begin{aligned}\%R &= \frac{(0.1335 - 0.144) \text{ ppm}}{0.1335 \text{ ppm}} \times 100\% \\ &= -8,165\%\end{aligned}$$

d) pH 7

$$\begin{aligned}\%R &= \frac{(0.1335 - 0.109) \text{ ppm}}{0.1335 \text{ ppm}} \times 100\% \\ &= 18,052\%\end{aligned}$$

e) pH 8

$$\begin{aligned}\%R &= \frac{(0.1335-0.092)ppm}{0.1335ppm} \times 100\% \\ &= 31,236\%\end{aligned}$$

f) pH 9

$$\begin{aligned}\%R &= \frac{(0.1335-0.072)ppm}{0.1335ppm} \times 100\% \\ &= 46,067\%\end{aligned}$$

g) pH 10

$$\begin{aligned}\%R &= \frac{(0.1335-0.075)ppm}{0.1335ppm} \times 100\% \\ &= 43,670\%\end{aligned}$$

2. Variasi waktu

a) Waktu kontak 20 menit

$$\begin{aligned}\%R &= \frac{(0.1839-0.0944)ppm}{0.1839ppm} \times 100\% \\ &= 48,668\%\end{aligned}$$

b) Waktu kontak 40 menit

$$\begin{aligned}\%R &= \frac{(0.1839-0.0561)ppm}{0.1839ppm} \times 100\% \\ &= 69,494\%\end{aligned}$$

c) Waktu kontak 60 menit

$$\begin{aligned}\%R &= \frac{(0.1839-0.0565)ppm}{0.1839ppm} \times 100\% \\ &= 69,277\%\end{aligned}$$

d) Waktu kontak 80 menit

$$\begin{aligned}\%R &= \frac{(0,1839-0,0786)ppm}{0,1839ppm} \times 100\% \\ &= 57,260\%\end{aligned}$$

e) Waktu kontak 100 menit

$$\begin{aligned}\%R &= \frac{(0,1839-0,1399)ppm}{0,1839ppm} \times 100\% \\ &= 27,733\%\end{aligned}$$

3. Variasi konsentrasi

a) Konsentrasi 10 ppm

$$\begin{aligned}\%R &= \frac{(0,5326-0,3495)ppm}{0,5326ppm} \times 100\% \\ &= 34,379\%\end{aligned}$$

b) Konsentrasi 20 ppm

$$\begin{aligned}\%R &= \frac{(0,5687-0,023)ppm}{0,5687 ppm} \times 100\% \\ &= 95,956\%\end{aligned}$$

c) Konsentrasi 30 ppm

$$\begin{aligned}\%R &= \frac{(0,1779-0,0222)ppm}{0,1779ppm} \times 100\% \\ &= 87,521\%\end{aligned}$$

d) Konsentrasi 40 ppm

$$\%R = \frac{(0,1751-0,0334)ppm}{0,1751ppm} \times 100\%$$

$$=80,925\%$$

e) Konsentrasi 50 ppm

$$\%R = \frac{(0,4667-0,1318)ppm}{0,1318ppm} \times 100\%$$

$$= 71,759\%$$

d. Perhitungan kapasitas adsorpsi (Q_e)

$$\text{Rumus: } Q_e = \frac{(C_1 - C_2)}{m} \times V$$

Keterangan:

C_1 = Konsentrasi awal (mg/L)

C_2 = Konsentrasi akhir (mg/L)

m = Massa adsorben (g)

V = Volume (L)

1. Kapasitas adsorpsi variasi pH

a) pH 4

$$Q_e = \frac{(0,1335-0,254)ppm}{0,1 \text{ gram}} \times 0,05 \text{ L}$$

$$= -0,06005 \text{ mg/g}$$

b) pH 5

$$Q_e = \frac{(0,1335-0,179)ppm}{0,1 \text{ gram}} \times 0,05 \text{ L}$$

$$= -0,02265 \text{ mg/g}$$

c) pH 6

$$Q_e = \frac{(0,1335-0,144)ppm}{0,1 \text{ gram}} \times 0,05 \text{ L}$$

$$= -0,00545 \text{ mg/g}$$

d) pH 7

$$Q_e = \frac{(0,1335-0,109)ppm}{0,1 \text{ gram}} \times 0,05 \text{ L}$$

$$= 0,01205 \text{ mg/g}$$

e) pH 8

$$Q_e = \frac{(0,1335-0,092)ppm}{0,1 \text{ gram}} \times 0,05 \text{ L}$$

$$= 0,02085 \text{ mg/g}$$

f) pH 9

$$Q_e = \frac{(0,1335-0,072)ppm}{0,1 \text{ gram}} \times 0,05 \text{ L}$$

$$= 0,03075 \text{ mg/g}$$

g) pH 10

$$Q_e = \frac{(0,1335-0,075)ppm}{0,1 \text{ gram}} \times 0,05 \text{ L}$$

$$= 0,02915 \text{ mg/g}$$

2. Kapasitas adsorpsi variasi waktu

a) Waktu kontak 20 menit

$$Q_e = \frac{(0,1839-0,0944)ppm}{0,1 \text{ gram}} \times 0,05 \text{ L}$$

$$= 0,04475 \text{ mg/g}$$

b) Waktukontak 40 menit

$$Q_e = \frac{(0,1839-0,0561)ppm}{0,1 \text{ gram}} \times 0,05 \text{ L}$$

$$= 0,0639 \text{ mg/g}$$

c) Waktu kontak 60 menit

$$Q_e = \frac{(0,1839-0,0565)ppm}{0,1 \text{ gram}} \times 0,05 \text{ L}$$

$$= 0,0637 \text{ mg/g}$$

d) Waktu kontak 80 menit

$$Q_e = \frac{(0,1839-0,0786)ppm}{0,1 \text{ gram}} \times 0,05 \text{ L}$$

$$= 0,05265 \text{ mg/g}$$

e) Waktu kontak 100 menit

$$Q_e = \frac{(0,1839-0,1329)ppm}{0,1 \text{ gram}} \times 0,05 \text{ L}$$

$$= 0,0255 \text{ mg/g}$$

3. Kapasitas adsorpsi variasi konsentrasi

a) Konsentrasi 10 ppm

$$Q_e = \frac{(0,5326-0,3495)ppm}{0,01 \text{ gram}} \times 0,02 \text{ L}$$

$$= 0,3662 \text{ mg/g}$$

b) Konsentrasi 20 ppm

$$Q_e = \frac{(0,5687-0,0230)ppm}{0,01 \text{ gram}} \times 0,02 \text{ L}$$

$$= 1,0914 \text{ mg/g}$$

c) Konsentrasi 30 ppm

$$Q_e = \frac{(0,1779-0,0222)ppm}{0,01 \text{ gram}} \times 0,02 \text{ L}$$

$$= 0,3114 \text{ mg/g}$$

d) Konsentrasi 40 ppm

$$Q_e = \frac{(0,1751-0,0334)ppm}{0,01 \text{ gram}} \times 0,02 \text{ L}$$

$$= 0,2834 \text{ mg/g}$$

e) Konsentrasi 50 ppm

$$Q_e = \frac{(0,4667-0,1318)ppm}{0,01 \text{ gram}} \times 0,02 \text{ L}$$

$$= 0,6698 \text{ mg/g}$$

e. Perhitungan Isotherm Adsorpsi

1. Isoterm Langmuir

Co	Ce	Qe	Ce/Qe
0.5326	0.3495	0.3662	0.9544
0.5687	0.023	1.0914	0.02107
0.1779	0.0222	0.3114	0.07129
0.1751	0.0334	0.2834	0.11785
0.4667	0.1318	0.6698	0.19678

Berdasarkan tabel diatas dapat dituliskan persamaan kurva permasaan linearnya yaitu antara Ce dan Ce/Qe. Diketahui isoterm langmuir memiliki persamaan garis $y = 2,6982x - 0,0299$, untuk menghitung nilai K_L $Q_{\max}$ dengan cara sebagai berikut:

$$y=ax+b$$

$$y= 2,6982x - 0,0299$$

$$R^2= 0,9608$$

$$\frac{1}{Q_{msx}} = b$$

$$\frac{1}{b} = Q_{max}$$

$$\frac{1}{-0,0299} = Q_{max}$$

$$-33,4448 = Q_{max}$$

$$\frac{1}{Q_{max.Kl}} = a$$

$$\frac{1}{-33,4448 \cdot Kl} = 2,6982$$

$$Kl = \frac{1}{-33,4448 \cdot 2,6982}$$

$$= -0,01108$$

2. Isoterm Freundlich

Co	Ce	Qe	log Ce	log Qe
0.5326	0.3495	0.3662	-0.4566	-0.4363
0.5687	0.023	1.0914	-1.6383	0.03798
0.1779	0.0222	0.3114	-1.6536	-0.5067
0.1751	0.0334	0.2834	-1.4763	-0.5476
0.4667	0.1318	0.6698	-0.8801	-0.1741

Berdasarkan tabel diatas dapat dituliskan persamaan kurva permasaan linearnya yaitu antara log Ce dan log Qe. Diketahui persamaan garis isoterm Freundlich yaitu $y = -0.0441x - 0.3791$ Untuk mencari nilai Kf dan n, dapat menggunakan

rumus :

$$y = ax + b$$

$$y = -0.0441x - 0.3791$$

$$R^2 = 0.0088$$

$$\log Q_e = \log K_f + \frac{1}{n} \log C_e$$

$$\log K_f = b$$

$$K_f = 10^b$$

$$= 10^{-0.3791}$$

$$= 0.4177$$

$$\frac{1}{n} = a$$

$$\frac{1}{-0.0441} = n$$

$$n = -22.6757$$

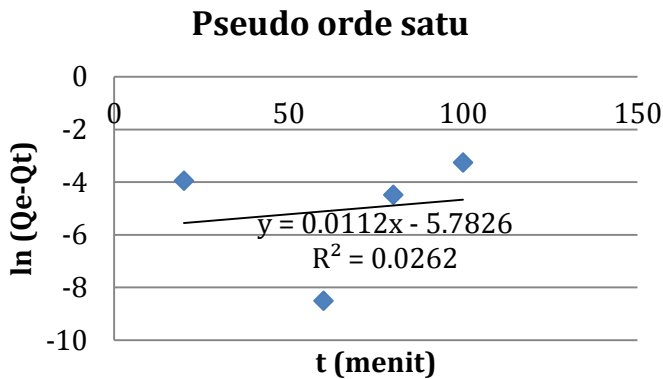
f. Perhitungan Kinetika Adsorpsi

1. Pseudo orde satu

Tabel L3.1 Data penentuan Pseudo Orde dua

t (menit)	Ce (mg/L)	Qt (mg/g)	Qe-Qt	Ln (Qe-Qt)
20	0.0944	0.04475	0.01915	-3.95545
40	0.0561	0.0639	0	0
60	0.0565	0.0637	0.0002	-8.51719
80	0.0786	0.05265	0.01125	-4.48739
100	0.1329	0.0255	0.0384	-3.2597

Berdasarkan data kinetika adsorpsi pseudo orde satu pada Tabel L3.1 maka dapat ditulis kurva persamaan linearnya yaitu antara waktu (t) sebagai sumbu x dan $\ln (Q_e - Q_t)$ sebagai sumbu y seperti Gambar L3.1.



Gambar L3.1 kurva adsorpsi pseudo orde satu

Berdasarkan persamaan linear $y = 0,0112x - 5,7826$ maka dapat dihitung untuk nilai k_1 dan q_m sebagai berikut:

$$y = ax + b$$

$$y = 0,0112x - 5,7826$$

$$\frac{k_1}{2,303} = a$$

$$\frac{k_1}{2,303} = 0,0112$$

$$k_1 = 0,0258$$

$$\log Q_e = b$$

$$\log Q_e = -5,7826$$

$$Q_e = 10^{-5,7826}$$

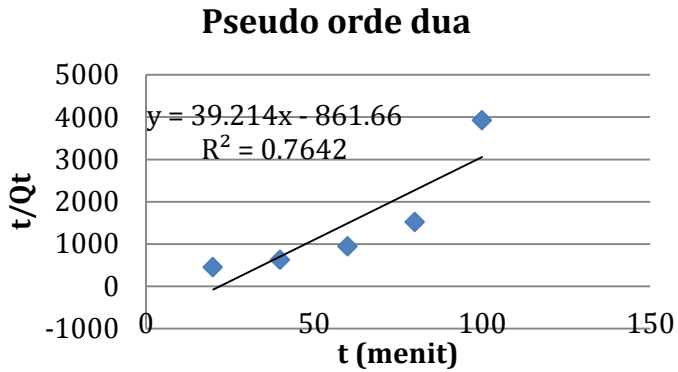
$$= 1,6497 \times 10^{-6}$$

2. Pseudo Orde Dua

Tabel L3.2 Data Penentuan Pseudo Orde Dua

t (menit)	Ce (mg/L)	Qt (mg/g)	t/qt
20	0.0944	0.04475	446.9274
40	0.0561	0.0639	625.9781
60	0.0565	0.0637	941.9152
80	0.0786	0.05265	1519.468
100	0.1329	0.0255	3921.569

Berdasarkan data kinetika adsorpsi pseudo orde satu pada Tabel L3.2 dapat ditulis kurva persamaan linearnya yaitu antara waktu (t) sebagai sumbu x dan t/Qt sebagai sumbu y seperti Gambar L3.2.



Gambar L3.2 kurva adsorpsi pseudo orde dua

Berdasarkan persamaan linear $y = 39,214x - 861,66$ maka dapat dihitung untuk nilai k_1 dan q_m sebagai berikut:

$$y = ax + b$$

$$y = 39,214 x - 861,66$$

$$\frac{1}{Q_e} = a$$

$$\frac{1}{Q_e} = 39,214$$

$$Q_e = \frac{1}{39,214}$$

$$= 0,0255011$$

$$\frac{1}{k_2 \cdot Q_e^2} = b$$

$$\frac{1}{k_2 \cdot 0,0255011^2} = -861,66$$

$$k_2 = \frac{1}{-861,66 \times 0,0255011^2}$$

$$k_2 = -1,78462$$

Lampiran 4 Dokumentasi penelitian



Kulit buah matoa
yang telah
dikeringkan



Kulit buah matoa
yang telah direndam
NaOH 6%



Arang teraktivasi
dihaluskan



Arang diayak
dengan ayakan 80
mesh



Penetrulan arang
setelah diaktivasi



Arang teraktivasi
dikeringkan dalam
oven

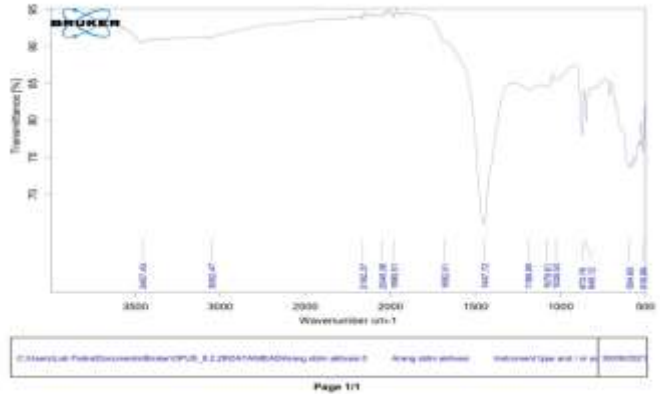


Pembuatan larutan
 HNO_3 untuk
mengaktivasi

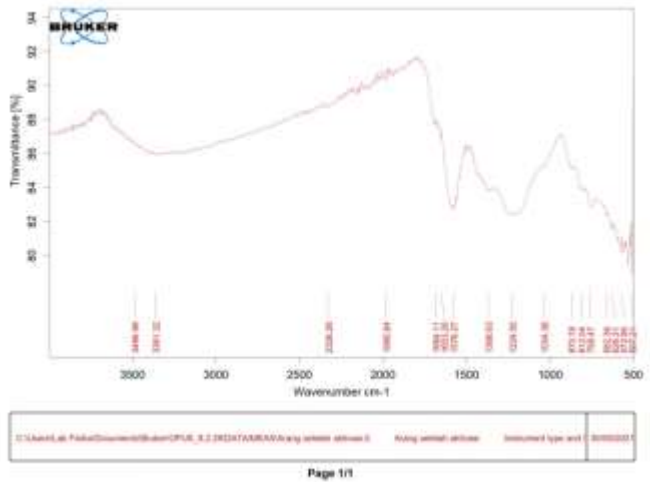
Lampiran 5 Hasil Karakterisasi dan Pengujian

1. Hasil Karakterisasi FTIR

a) Arang sebelum aktivasi



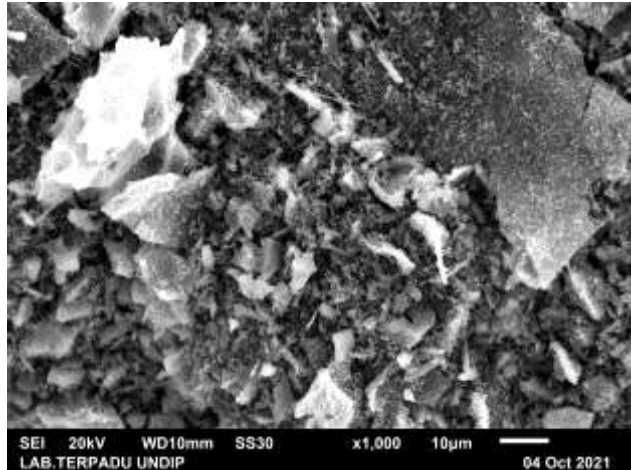
b) Arang setelah aktivasi



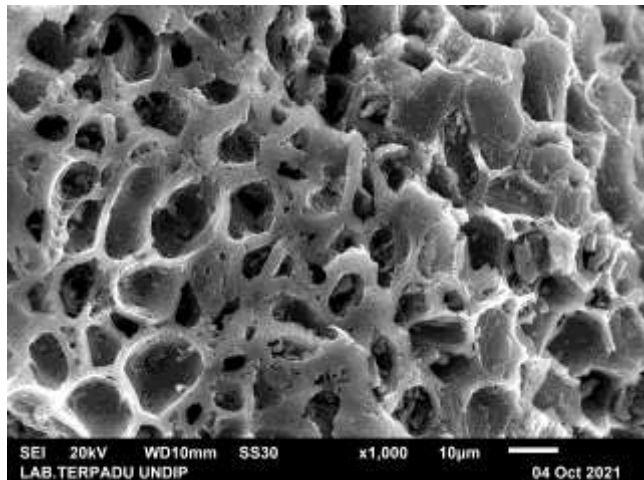
2. Hasil Karakterisasi SEM-EDX

1) Hasil SEM

a. Arang sebelum aktivasi



b. Arang setelah aktivasi



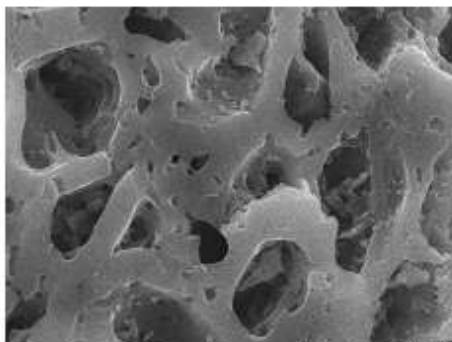
a. Sebelum aktivasi



b. Setelah aktivasi

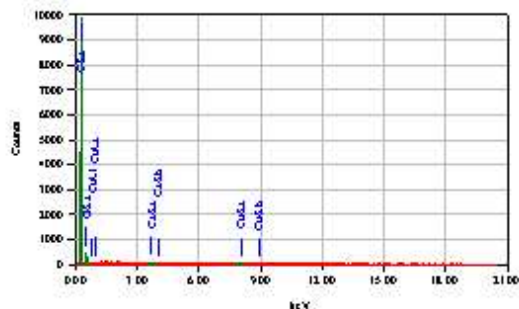
View000

SEM



```

title      : m02
-
instrument : ESI0 (ia)
volt      : 20.00 kv
mag       : x 3.000
date      : 2021/10/04
time1     : 31.3 x 3.34
    
```



```

acquisition parameters
instrument : ESI0 (ia)
Acc. voltage : 20.0 kv
probe current : 1.00000 nA
vac mode    : hi
scan time   : 30.71 sec
live time    : 30.00 sec
dead time    : 1.9
Counting rate : 343 cps
energy range : 0 - 20 keV
    
```

```

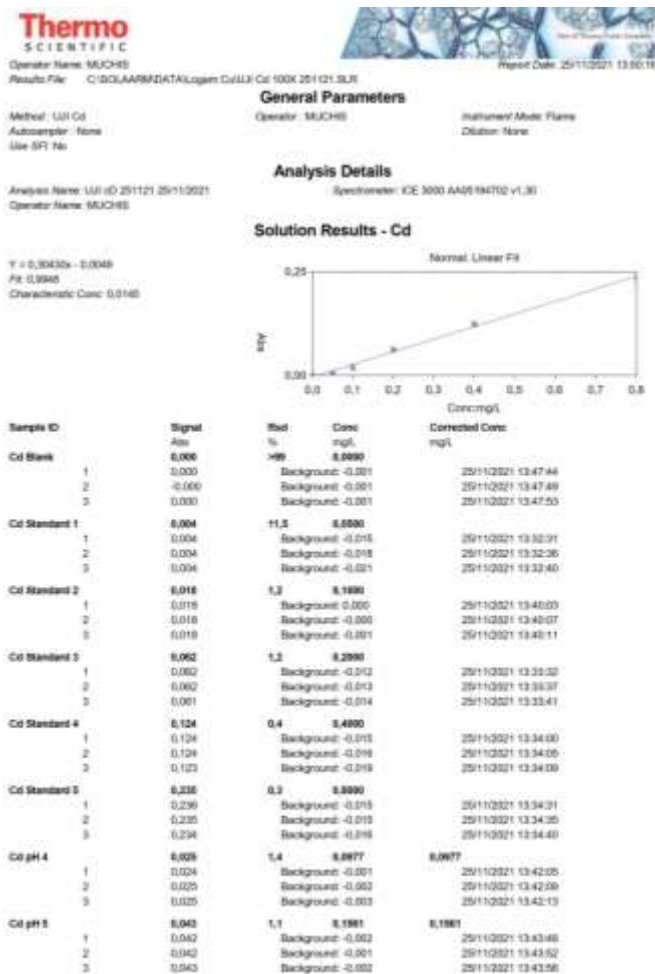
unweighted Standardless Quantitative Analysis
fitting Coefficient : 0.9322
element      (Ref) mass%  Sigma  atom%  Compound  mass%  Cation  Z
Cu  K        0.277  85.48  0.22  85.07  Compound  mass%  Cation  Z
O   K        0.328  13.87  0.30  13.83  Compound  mass%  Cation  Z
C   K        0.040  0.13  0.01  0.08  Compound  mass%  Cation  Z
total      100.00  100.00
    
```

JEOL-2300 Analyzing SEM

JEOL

3. Hasil karakterisasi AAS

a) Variasi pH



SOLAAR AA Report

Operator Name: MUCHIS

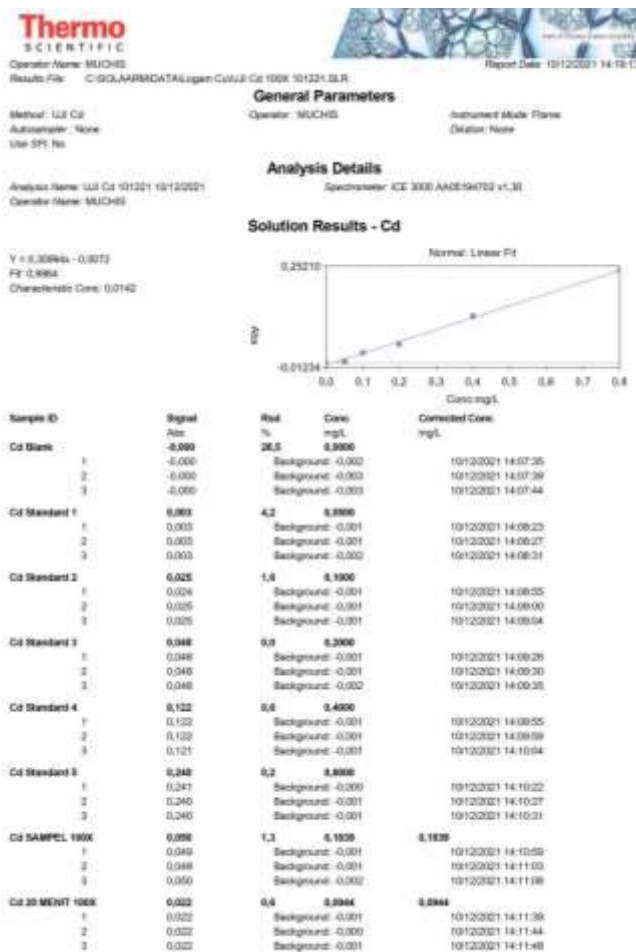
Report Date: 25/11/2021 13:50:16

Results File: C:\SOLAAR\DATA\Lugan-Culul Cd 100X 251121 36.R

Solution Results - Cd

Sample ID	Signal	Rel. Conc.	Corrected Conc.
	Abs.	%	mg/L
Cd pH 6	0.027	1.4	0.1028
1	0.027	Background -0.018	25/11/2021 13:36:24
2	0.027	Background -0.020	25/11/2021 13:36:29
3	0.028	Background -0.022	25/11/2021 13:36:33
Cd pH 7	0.022	1.4	0.0804
1	0.022	Background -0.020	25/11/2021 13:36:53
2	0.022	Background -0.020	25/11/2021 13:36:57
3	0.022	Background -0.021	25/11/2021 13:37:01
Cd pH 8	0.018	1.8	0.0758
1	0.018	Background -0.020	25/11/2021 13:37:22
2	0.018	Background -0.020	25/11/2021 13:37:27
3	0.018	Background -0.020	25/11/2021 13:37:31
Cd pH 9	0.016	2.7	0.0664
1	0.016	Background -0.022	25/11/2021 13:37:57
2	0.015	Background -0.025	25/11/2021 13:38:01
3	0.016	Background -0.026	25/11/2021 13:38:05
Cd pH 10	0.001	18.1	0.0167
1	0.001	Background -0.001	25/11/2021 13:49:24
2	0.001	Background -0.001	25/11/2021 13:49:28
3	0.001	Background -0.001	25/11/2021 13:49:33

b) Variasi waktu



SOLAAR AA Report

Operator Name: MCHS

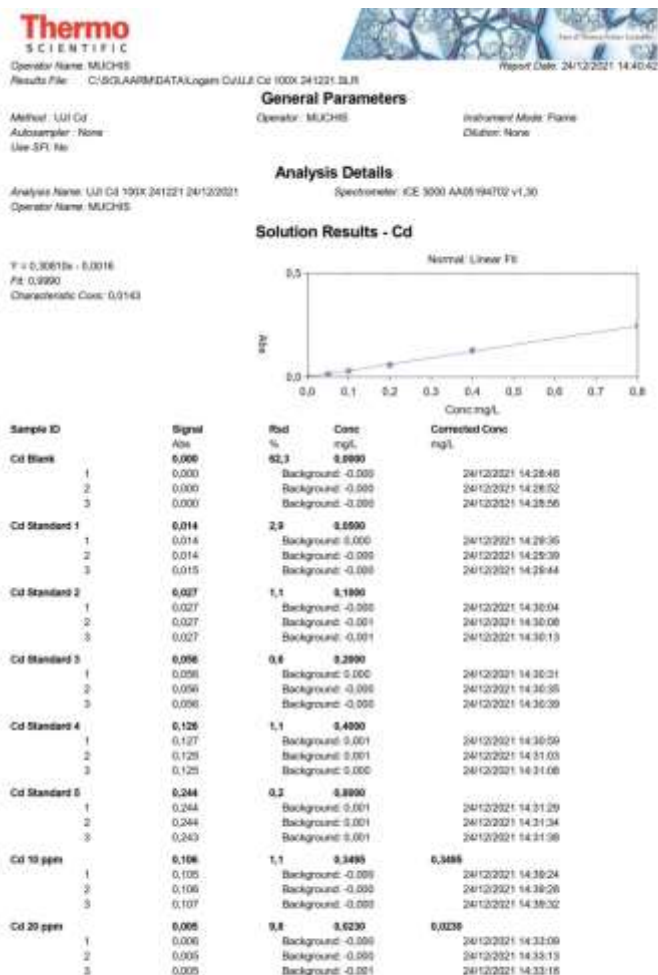
Results File: C:\SOLAAR\DATA\Lugan Calla-Cr 100L 101221 SLR

Report Date: 10/12/2021 14:19:13

Solution Results - Cd

Sample ID	Signal	Std	Conc	Corrected Conc
	Abs	%	ng/L	ng/L
Cd 40 MENIT 100X	0.010	1.3	0.009	0.009
1	0.010	Background: -0.000		10/12/2021 14:19:27
2	0.010	Background: -0.000		10/12/2021 14:18:32
3	0.010	Background: -0.000		10/12/2021 14:18:36
Cd 60 MENIT 100X	0.010	2.6	0.006	0.006
1	0.010	Background: 0.000		10/12/2021 14:17:56
2	0.010	Background: -0.000		10/12/2021 14:18:01
3	0.010	Background: -0.001		10/12/2021 14:18:05
Cd 80 MENIT 100X	0.017	1.4	0.076	0.076
1	0.017	Background: -0.002		10/12/2021 14:13:25
2	0.017	Background: -0.003		10/12/2021 14:13:32
3	0.017	Background: -0.003		10/12/2021 14:13:37
Cd 100 MENIT 100X	0.006	0.4	0.109	0.109
1	0.006	Background: -0.003		10/12/2021 14:12:58
2	0.006	Background: -0.002		10/12/2021 14:14:02
3	0.006	Background: -0.003		10/12/2021 14:14:06

c) Variasi konsentrasi



SOLAAR AA Report

Operator Name: MUCHE

Report Date: 24/12/2021 14:40:42

Results File: C:\SOLAAR\DATA\Lagan Cullu Cd 100X 341221.BLR

Solution Results - Cd

Sample ID	Signal Atc	Std %	Conc ng/L	Corrected Conc ng/L	
Cd 30 ppm	0.005	1.5	0.0222	0.0222	
1	0.005	Background -0.000			24/12/2021 14:33:40
2	0.005	Background -0.001			24/12/2021 14:33:49
3	0.005	Background -0.001			24/12/2021 14:33:53
Cd 40 ppm	0.009	1.2	0.0334	0.0334	
1	0.009	Background -0.000			24/12/2021 14:34:19
2	0.009	Background -0.000			24/12/2021 14:34:24
3	0.009	Background -0.001			24/12/2021 14:34:29
Cd 50 ppm	0.039	0.6	0.1318	0.1318	
1	0.039	Background -0.000			24/12/2021 14:34:51
2	0.039	Background -0.000			24/12/2021 14:34:56
3	0.039	Background -0.000			24/12/2021 14:35:00
Cd SAMPLE 10 ppm	0.162	0.8	0.5326	0.5326	
1	0.161	Background 0.000			24/12/2021 14:35:29
2	0.163	Background 0.000			24/12/2021 14:35:33
3	0.163	Background 0.000			24/12/2021 14:35:38
Cd SAMPLE 20 ppm	0.178	0.4	0.5687	0.5687	
1	0.179	Background 0.000			24/12/2021 14:35:59
2	0.173	Background 0.000			24/12/2021 14:36:03
3	0.174	Background -0.000			24/12/2021 14:36:08
Cd SAMPLE 30 ppm	0.063	0.6	0.1779	0.1779	
1	0.064	Background -0.000			24/12/2021 14:36:36
2	0.063	Background -0.001			24/12/2021 14:36:40
3	0.063	Background -0.001			24/12/2021 14:36:45
Cd SAMPLE 40 ppm	0.082	2.9	0.1761	0.1761	
1	0.081	Background -0.000			24/12/2021 14:37:07
2	0.082	Background -0.001			24/12/2021 14:37:12
3	0.084	Background -0.001			24/12/2021 14:37:16
Cd SAMPLE 50 ppm	0.142	1.0	0.4667	0.4667	
1	0.144	Background 0.000			24/12/2021 14:37:36
2	0.142	Background -0.000			24/12/2021 14:37:40
3	0.141	Background -0.000			24/12/2021 14:37:45

RIWAYAT HIDUP

A. Identitas Diri

1. Nama Lengkap : Naila Lajja Zulfa Faza
2. Tempat, Tgl. Lahir : Semarang, 15 September 1999
3. Alamat Rumah : Jl. Palapasari V blok R5 RT. 07
RW. 04 Bandungrejo, Mranggen, Demak.
4. HP : 08972633778
5. E-mail : naila.lajja@gmail.com

B. Riwayat Pendidikan

1. Pendidikan Formal:
 - a. SDIT Permata Bunda 2005-2011
 - b. SMPIT Harapan Bunda 2011-2014
 - c. MAN 1 Semarang 2014-2017
 - d. Kimia UIN Walisongo Semarang 2017-2021