

**TUGAS AKHIR**

**PENYISIHAN LOGAM BERAT Cd (II) DALAM AIR  
MENGUNAKAN LIMBAH KULIT BUAH NAGA  
MERAH (*HYLOCEREUS POLYRHIZUS*) DAN  
APLIKASI DI LIMBAH BATIK**

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



**M.ICHTIAR PRYADI**

**19513079**

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

**2023**

**TUGAS AKHIR**  
**PENYISIHAN LOGAM BERAT Cd (II) DALAM AIR**  
**MENGGUNAKAN LIMBAH KULIT BUAH NAGA**  
**MERAH (*HYLOCEREUS POLYRHIZUS*) DAN**  
**APLIKASI DI LIMBAH BATIK**

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



**M.ICHTIAR PRYADI**  
19513079

Disetujui,  
Dosen Pembimbing:

**Puji Lestari, S.Si., M.Sc., Ph.D.**  
NIK. 155130112  
Tanggal: 4/12/2023

**Eko Siswono, S.T., M.Sc.ES., Ph.D.**  
NIK. 025100406  
Tanggal: 4/12/2023

Mengetahui,  
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII

**Any Juliani, S.T., M.Sc. (Res.Eng), Ph.D.**  
NIK. 095130403  
Tanggal: 4/12/2023

HALAMAN PENGESAHAN

PENYISIHAN LOGAM BERAT Cd (II) DALAM AIR  
MENGUNAKAN LIMBAH KULIT BUAH NAGA  
MERAH (*HYLOCEREUS POLYRHIZUS*) DAN  
APLIKASI DI LIMBAH BATIK

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Jumat  
Tanggal : 17 November 2023

Disusun Oleh:

M.ICHTIAR PRYADI  
19513079

Tim Penguji :

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

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

Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., Ph.D.

() )  
() )  
() )

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

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

Yogyakarta, 4 Desember 2023

Yang membuat pernyataan,



**M.ICHTIAR PRYADI**

**19513079**

## PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya baik tentang kesehatan, keselamatan, kenikmatan dan kesejaterahan sehingga penulis dapat mengerjakan tugas akhir ini dengan selesai. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak Maret 2023 hingga Agustus 2023 ini ialah tentang adsorben dengan judul **Penyisihan Logam Berat Cd (II) Dalam Air Menggunakan Limbah Kulit Buah Naga Merah (*Hylocereus Polyrhizus*) Dan Aplikasi Di Limbah Batik**. Penyusunan laporan Tugas Akhir ini bertujuan untuk memenuhi syarat akademik dalam mendapatkan gelar Sarjana Strata Satu (S1) Teknik bagi mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Penulis menyadari bahwa dalam proses penyusunan laporan tugas akhir ini tentu tidak dapat terselesaikan dengan baik tanpa bantuan serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dengan segenap rasa hormat dan juga kerendahan hati, penulis ingin menyampaikan ucapan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah ikut membantu dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini. Untuk itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada :

1. Allah subhanahu wa ta'ala yang telah melimpahkan rahmat dan karunia, rezeki, nikmat kesehatan, ilmu pengetahuan serta kesempatan sehingga penulis mampu untuk menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
2. Ibu Puji Lestari, S.Si., M.Sc., PhD. selaku dosen pembimbing 1 dan Bapak Eko Siswoyo, S.T., M.Sc. ES., Ph.D. selaku dosen pembimbing yang selalu sabar dalam membimbing, menasehati, serta membantu dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
3. Kedua orang tua penulis, Bapak Hasbin M.Sidik (Alm) Ibu Misdah. S.Pd., dan kedua kakak penulis Miftah Apryani S.Pd dan Isnarani Apryani S.Pd yang selalu terus memberikan do'a, kasih sayang, dukungan dan kepercayaan sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini.

4. Ibu Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., Ph.D. selaku dosen penguji yang telah membimbing, memberi saran maupun arahan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Ibu Fina Binazir Maziya, ST, MT selaku dosen pembimbing akademik yang telah membimbing penulis dalam menyelesaikan studi Strata Satu (S1) Teknik Lingkungan.
6. Ibu Any Juliani, S.T., M.Sc. (Res.Eng). Ph.D. selaku ketua Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
7. Mas Ridwan, Mas Bagus, Mba Tika, Mba Nida, dan Mba Shinta selaku staff Laboratorium Kualitas Lingkungan yang telah membantu penulis untuk pembuatan sampel sampai pengujian sampel adsorben kulit buah naga.
8. Yuli, Sofy, Rangga, Shike, Ajeng, Ecak, selaku teman dan partner Tugas Akhir yang selalu membantu, dan mengajarkan penulis dalam mengerjakan tugas akhir.
9. Sahabat penulis, Indah Hardiyanti, Indra Kurniawan, Ersya Riga P., I Putu Aditya, Muhammad Dwi R, Imammul A., Irmanifatul I., Desti ceh, Surya Laksana yang selalu memberikan dukungan, nasehat serta semangat untuk penulis.
10. Kepada seluruh pihak yang penulis tidak dapat menyebutkan satu persatu yang telah membantu dalam menyelesaikan laporan ini.

Dalam penyusunan tugas akhir ini, penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan yang ada dan jauh dari kata sempurna pada penulisan laporan tugas akhir ini. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk kemajuan tugas akhir ini. Semoga laporan tugas akhir ini dapat berguna bagi penulis dan tentunya bagi pembaca.

Yogyakarta, 28 November 2023

*M.Ichtiar Pryadi*

## ABSTRAK

M.ICHTIAR PRYADI. “PENYISIHAN LOGAM BERAT Cd (II) DALAM AIR MENGGUNAKAN LIMBAH KULIT BUAH NAGA MERAH (HYLOCEREUS POLYRHIZUS) DAN APLIKASI DI LIMBAH BATIK”. Dibimbing oleh Puji Lestari, S.Si., M.Sc., Ph.D. dan Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D.

Kadmium (Cd) adalah logam berat yang keberadaannya begitu banyak di lingkungan terutama pada lingkungan perairan, kadmium juga memiliki efek yang sangat beracun bahkan di konsentrasi yang rendah. Metode adsorpsi adalah salah satu metode yang efektif dalam penyisihan logam berat pada air. Kulit buah naga mengandung pektin dengan kelompok fungsional seperti –OH dan –COOH yang berpotensi besar dalam mengikat polutan terutama kation. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan adsorben kulit buah naga yang teraktivasi KOH dan tidak teraktivasi dalam menurunkan konsentrasi logam berat kadmium. Proses adsorpsi dilakukan menggunakan sistem batch dengan variasi massa optimum, pH optimum, waktu kontak, konsentrasi dan uji kemampuan adsorben. Adsorben dianalisis menggunakan FTIR untuk mengidentifikasi gugus fungsi, dan SEM digunakan untuk melihat struktur morfologi dari adsorben dan setelah proses adsorpsi konsentrasi dalam larutan diukur menggunakan AAS. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa kemampuan daya serap optimum adsorben kulit buah naga teraktivasi pada massa 20 mg, pH larutan 5, dengan waktu kontak 120 menit dan konsentrasi optimum 30 mg/l. Penelitian menunjukkan bahwa kulit buah naga dapat digunakan sebagai adsorben dalam menyisihkan logam berat Cd dalam air.

Kata kunci: Adsorpsi, Kadmium, Kulit Buah Naga, Sistem Batch

## ABSTRACT

M.ICHTIAR PRYADI. “(Removal of Heavy Metal Cd(II) in Water Using Red Dragon Fruit Peel Waste (*Hylocereus Polyrhizus*)) And Application In Batik Waste”. Supervised by Puji Lestari, S.Si., M.Sc., Ph.D. dan Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D.

*Cadmium (Cd) is a heavy metal that exists so much in the environment, especially in aquatic environments, cadmium also has a very toxic effect even at low concentrations. Adsorption method is one of the effective methods in the removal of heavy metals in water. Dragon fruit peels contain pectin with functional groups such as -OH and -COOH which have great potential in binding pollutants, especially cations. This study aims to determine the ability of KOH activated and unactivated dragon fruit peel adsorbents in reducing the concentration of heavy metal cadmium. The adsorption process was carried out using a batch system with variations in optimum mass, optimum pH, contact time, concentration and adsorbent ability test. The adsorbent was analyzed using FTIR to identify functional groups, and SEM was used to see the morphological structure of the adsorbent and after the adsorption process the concentration in the solution was measured using AAS. The results showed that the optimum adsorption ability of activated dragon fruit peel adsorbent at a mass of 20 mg, solution pH 5, with a contact time of 120 minutes and an optimum concentration of 30 mg/l. The research shows that dragon fruit peel can be used as an adsorbent in removing heavy metal Cd in water.*

**Keywords:** *Adsorption, Batch System, Cadmium, Dragon fruit peels*

## DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR .....	i
PRAKATA .....	i
ABSTRAK.....	iii
DAFTAR ISI .....	ii
DAFTAR TABEL .....	v
DAFTAR GAMBAR.....	i
DAFTAR LAMPIRAN .....	i
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
1.5 Ruang Lingkup.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 Logam Berat Kadmium.....	5
2.2 Adsorpsi .....	6
2.3 Isotrem Adsorpsi .....	7
2.4 Kulit Buah Naga Merah .....	8
2.5 Aktivasi Adsorben .....	9
2.6 Metode Batch .....	10
2.7 Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) .....	10
2.8 SEM (Scanning Electron Microscope) .....	10
2.9 Penelitian Terdahulu .....	11
BAB III METODE PENELITIAN .....	13
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian .....	13
3.2 Alat dan Bahan.....	13
3.2.1 Alat:.....	13
3.2.1 Bahan.....	14

3.3	Variabel Penelitian .....	14
3.4	Prosedur Penelitian.....	15
3.5	Pelaksanaan Penelitian .....	16
3.5.1	Studi Literatur .....	16
3.5.2	Preparasi Adsorben Kulit Buah Naga ( <i>Hylocereus polyrhizus</i> ) .....	16
3.5.3	Aktivasi Adsorben .....	17
3.5.4	Karakterisasi Adsorben.....	17
3.5.5	Proses Adsorpsi.....	17
3.5.6	Penentuan Massa Optimum Adsorben Kulit Buah Naga .....	17
3.5.7	Penentuan pH Optimum.....	18
3.5.8	Penentuan Waktu Kontak Optimum .....	19
3.5.9	Penentuan Konsentrasi Larutan Optimum .....	20
3.5.10	Perbandingan Adsorben Aktivasi dan Non Aktivasi .....	21
3.5.11	Aplikasi Sampel Pada Limbah Batik .....	22
3.6	Prosedur Analisa Data .....	24
3.6.1	Efisiensi Penyisihan.....	25
3.6.2	Isoterm Adsorpsi.....	26
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>28</b>
4.1	Penjelasan Umum dan Preparasi Adsorben.....	28
4.2	Karakteristik Adsorben.....	29
4.2.1	Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) .....	29
4.2.2	Scanning Electron Microscope (SEM) .....	33
4.3	Hasil Uji Kemampuan Adsorpsi.....	35
4.3.1	Hasil Uji Variasi Massa .....	35
4.3.2	Hasil Uji Variasi pH Optimum .....	37
4.3.3	Hasil Uji Variasi Waktu Kontak Optimum.....	38
4.3.4	Kinetika Adsorpsi .....	40
4.3.5	Hasil Uji Variasi Konsentasi Optimum .....	42
4.3.6	Perbandingan Kapasitas Adsorben Aktivasi dan Non Aktivasi.....	43
4.4	Uji Adsorben Kulit Buah Naga Pada Limbah Cair Batik.....	44
4.5	Penentuan Model Isoterm Adsorpsi .....	44
<b>BAB V SIMPULAN DAN SARAN .....</b>		<b>48</b>

5.1	Simpulan .....	48
5.2	Saran .....	48
	DAFTAR PUSTAKA.....	50
	LAMPIRAN .....	55
	LAMPIRAN A.....	55
	LAMPIRAN B .....	56
	LAMPIRAN C .....	58
	LAMPIRAN D.....	60
	LAMPIRAN E .....	63
	RIWAYAT HIDUP .....	65

## DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Variabel Penelitian .....	14
Tabel 4.1 Hasil Uji FTIR Kulit Buah Naga Merah Sebelum Adsorpsi.....	30
Tabel 4.2 Hasil Uji FTIR Kulit Buah Naga Setelah Adsorpsi .....	31
Tabel 4.1 Data pengaruh variasi massa terhadap penyisihan logam kadmium.....	35
Tabel 4.2 Hasil Uji Variasi pH Larutan Optimum .....	37
Tabel 4.3 Hasil Uji Variasi Waktu Kontak Adsorben Optimum .....	39
Tabel 4.4 Hasil Analisis Kinetika Adsorpsi Cd <sup>2+</sup> .....	41
Tabel 4.5 Hasil Uji Variasi Konsentrasi Larutan Optimum .....	42
Tabel 4.6 Hasil Uji Kapasitas Adsorben Aktivasi dan Non Aktivasi .....	43
Tabel 4.7 Uji Adsorben Kulit Buah Naga Pada Limbah Cair Batik .....	44
Tabel 4.8 Perbandingan Nilai R <sup>2</sup> pada Model Isoterm Langmuir dan Freundlich.....	45

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kulit Buah Naga.....	8
Gambar 2.2 Sturktur Pektin.....	9
Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian.....	15
Gambar 3. 3 Langkah Pembuatan Adsorben Kulit Buah Naga.....	17
Gambar 3. 4 Diagram Alir Penentuan Massa Optimum .....	18
Gambar 3. 5 Diagram Alir Penentuan pH Optimum.....	19
Gambar 3.6 Diagram Alir Penentuan Waktu Kontak optimum .....	20
Gambar 3. 7 Penentuan Konsentrasi Optimum.....	21
Gambar 3. 8 Diagram Uji Perbandingan Adsorben Non aktivasi dan .....	22
Teraktivasi dengan KOH 0,1 M .....	22
Gambar 3. 9 Diagram Alir Preparasi Sampel Limbah Batik.....	23
Gambar 3. 10 Diagram alir uji efektivitas adsorben pada limbah cair batik.....	24
Gambar 4.1 Hasil Uji FTIR Adsorben Kulit Buah Naga Merah.....	30
Gambar 4.2 Grafik Hasil Uji FTIR Kulit Buah Naga Setelah Adsorpsi .....	32
Gambar 4.2 Hasil Uji SEM Adsorben Kulit Buah Naga Merah Non-aktivasi (kiri) dengan perbesaran 8000x dan Aktivasi (kanan) dengan perbesaran 4000x.....	34
Gambar 4.3 Grafik Hasil Uji Variasi Massa Adsorben Optimum .....	36
Gambar 4.4 Grafik Hasil Uji Variasi pH Larutan Optimum.....	38
(massa = 0,03 gram; Co= 30 ppm; V = 25 mL; t = 120 menit).....	38
Gambar 4.5 Grafik Hasil Uji Variasi Waktu Kontak Adsorben Optimum .....	39
Gambar 4.6 Model Kinetika Adsorpsi Orde Satu .....	40
Gambar 4.7 Model Kinetika Adsorpsi Orde Dua.....	41
Gambar 4.8 Grafik Hasil Uji Variasi Konsentrasi Larutan Optimum.....	42
Gambar 4.9 Grafik Model Isoterm Langmuir .....	46
Gambar 4. 10 Grafik Model Isoterm Freundlich.....	46

## DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A .....	55
LAMPIRAN B .....	56
LAMPIRAN C .....	58
LAMPIRAN D .....	60
LAMPIRAN E.....	63

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Pencemaran air yaitu masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi atau komponen lain ke dalam air akibat dari aktivitas manusia yang menurunkan kualitas air sampai ke tingkat tertentu yang membuat air tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya, dan pencemar yang masuk ke badan air adalah dari limbah domestik. Banyaknya industri dapat berdampak pada turunya kualitas air akibat dari limbah industri yang dibuang ke badan air. Kontaminan yang ada di air permukaan adalah kontaminan organik dan anorganik. Kontaminan yang bukan organik yang umumnya ditemui di badan air adalah logam kadmium (Cd).

Logam berat adalah suatu zat pencemar yang memiliki tingkat toksisitas yang tinggi terhadap lingkungan dan dapat menimbulkan pencemaran. Ada banyak sekali jenis logam berat yang dapat mencemari lingkungan salah satunya Kadmium (Cd). Kadmium (Cd) mempunyai ciri perak-putih seperti logam aluminium, tahan panas, dan tahan korosi. Cd(II) adalah logam berat berbahaya setelah merkuri. Unsur ini berisiko tinggi terhadap pembuluh darah, dan akumulasi kadmium dalam jangka panjang pada manusia dapat menyerang organ dalam terutama hati dan ginjal (Palar, 2004). Penggunaan Cd(II) dalam dunia industri juga luas, misalnya penggunaan kadmium dalam peralatan listrik, industri plastik, pelapisan logam, keramik dan oleh karena itu dapat meningkatkan tingkat pencemaran yang berdampak pada lingkungan dan juga manusia (Mudgal dkk, 2010).

Upaya untuk mengatasi polusi lingkungan telah banyak dilakukan sebelumnya. Metode-metode seperti pengendapan, oksidasi-reduksi, penukaran ion, filtrasi, penguapan, osmosis balik, dan pelarutan sering digunakan untuk menghilangkan berbagai ion logam dari air limbah. Namun metode-metode ini memiliki kelemahan seperti pengikatan logam yang tidak sempurna, penggunaan bahan kimia yang banyak dan kebutuhan akan energi yang tinggi. Pencemaran air oleh logam berat merupakan masalah yang cukup menantang, untuk itu biosorpsi

dapat dijadikan alternatif untuk mengatasi masalah ini (Viera dan Volesky, 2000). Biosorpsi adalah alternatif dalam pengelolaan limbah yang melibatkan penyisihan logam berat dari larutan menggunakan bahan biologi atau biosorben. Metode ini memiliki keunggulan seperti kompetitif dalam hal efisiensi, biaya yang lebih terjangkau, efektif dan mudah didapat (Volesky, 2001). Biosorben ada dalam jumlah yang melimpah secara alami atau sebagai produk sampingan atau limbah dari industri, mempunyai kapasitas adsorpsi yang tinggi, dan dapat diperbarui (Bailey dkk., 1999).

Berbagai jenis adsorben sudah banyak dikembangkan untuk menyerap logam berat, seperti menggunakan selulosa dan lignin. Selulosa dan lignin mempunyai gugus fungsional yang mampu berikatan dengan ion logam yang terdiri dari gugus karboksil dan hidroksil (Herwanto & Santoso, 2006).

Di Indonesia sendiri terbanyak jenis buah- buahan salah satunya adalah buah naga. Buah naga memiliki warna yang cantik dan rasanya yang manis ini mempunyai beragam manfaat, seperti pada penelitian (Oktaviani, 2014) yang menunjukkan pada buah naga merah baik untuk sistem peredaran darah, dan buah naga merah juga mengandung protein, serat, karoten, kalsium, fosfor, serta beragam vitamin seperti vitamin B dan C. Tidak hanya buahnya saja yang memiliki banyak manfaat akan tetapi kulit buah naga, Menurut Jaafar dkk (2009), kulit buah naga mengandung Vitamin B1, B2, B3, Vitamin C, Protein, Lemak, Karbohidrat, serat kasar, flavonoid, tiamin, asam nikotinat, piridoksin, cobalamin, glukosa, Fenol, betasianin, polifenol, karoten, fosfor, besi dan fitoalbumin dan beberapa di antaranya yaitu senyawa antioksidan. obat saja yang dimanfaatkan untuk penggunaan bahan baku herbal untuk kesehatan di bidang industri (Laurencia dan Tjandra, 2018). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kulit buah naga mengandung lignin, hemiselulosa, selulosa, karbohidrat, protein dan senyawa fenolik lainnya yang di dalamnya terdapat nitrogen, karbon, hidrogen, dan sulfur, dan senyawa ini mengandung hidroksil dan karboksil yang mudah untuk mengikat polutan seperti ion logam berat khususnya cadmium (Mallampati, 2013).

Limbah kulit buah naga umumnya ditemukan di limbah pertanian, gerai salad, gerai juice dan konsumsi sehari-hari, potensi pemanfaatan limbah kulit

buah naga dirasa cukup untuk digunakan sebagai biosorben dalam penyisihan logam berat di air limbah. Untuk itu, pada penelitian kali ini di fokuskan pada pemanfaatan limbah kulit buah naga merah yang teraktivasi kalium hidroksida 0,1 M yang digunakan sebagai adsorben untuk menyisihkan kandungan dari logam kadmium atau Cd (II) di dalam air.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang diatas, maka rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh kulit buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*) terhadap parameter massa adsorben, kondisi pH, waktu kontak, dan konsentrasi Cd(II) untuk penyisihan logam berat Cd (II) dalam air ?
2. Apakah penggunaan dari limbah kulit buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*) memiliki kemampuan yang efektif untuk menurunkan kadar Cd (II) pada air?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dilakukannya penelitian ialah sebagai berikut:

1. Untuk mengidentifikasi pengaruh kulit buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*) terhadap parameter massa adsorben, kondisi pH, waktu kontak optimum, dan konsentrasi awal Cd(II) untuk penyisihan logam berat Cd (II) dalam air
2. Untuk mengetahui efektivitas penggunaan limbah kulit buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*) dalam menurunkan kadar Cd (II) pada air

## **1.4 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dilakukannya penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagi institusi, hasil pembahasan dari penelitian ini dapat memberikan dan meningkatkan kontribusi tentang ilmu pengetahuan khususnya dibidang Teknik lingkungan.

2. Bagi mahasiswa, hasil pembahasan dari penelitian ini dapat dijadikan acuan referensi dan juga dapat mengembangkan untuk memanfaatkan limbah kulit buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*) sebagai adsorben Cd II dalam air.
3. Bagi Masyarakat, hasil pembahasan dari penelitian ini dapat memberikan solusi untuk menyisihkan logam berat Cd(II) dan meningkatkan segi kualitas air dengan bahan limbah yang dapat di temukan di masyarakat.

### **1.5 Ruang Lingkup**

Ruang lingkup dalam penelitian ini adalah:

1. Lokasi Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kualitas Air Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Kampus terpadu Universitas Islam Indonesia.
2. Variasi yang dilakukan untuk menentukan kondisi optimum penyisihan logam berat Kadmium (Cd II) ialah massa, pH, waktu kontak, dan konsentrasi larutan Cd (II)
3. Metode aktivasi dilakukan menggunakan Kalium hidroksida (KOH)
4. Metode yang digunakan dalam pengujian kadmium berdasarkan SNI 6989.84:2009 menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA).
5. Karakterisasi adsorben limbah kulit buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*) dianalisa menggunakan Fourier Transform Infrared (FTIR)
6. Pengujian gambaran permukaan adsorben menggunakan instrumen Scanning Electron Microscope (SEM)

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Logam Berat Kadmium**

Secara alami khususnya di air logam kadmium (Cd) membentuk ikatan dengan ligan baik organik maupun anorganik, yaitu  $Cd^{2+}$ ,  $Cd(OH)^+$ ,  $CdSO_4$ ,  $CdCl^+$ ,  $CdCO_3$ , dan Cd organik (Manahan, 2000). Kadmium (Cd) adalah logam berat yang keberadaannya begitu banyak di lingkungan, terutama pada lingkungan perairan, kadmium juga memiliki efek yang sangat beracun, bahkan di konsentrasi yang rendah (Almeida et al., 2009). Persebaran logam berat kadmium (Cd) begitu luas adanya di alam dan jika di lihat dari sifat fisiknya, kadmium (Cd) ini adalah logam lunak, dapat dibentuk, berwarna putih keperakan. Logam kadmium jika terkena udara lembab dan cepat akan dapat terdegradasi dan kehilangan kilaunya jika terkena uap amoniak ( $NH_3$ ) dan sulfur hidroksida ( $SO_2$ ) (Palar, 2004).

Kadmium (Cd) adalah logam berat yang memiliki ciri yaitu berwarna putih keperakan, lunak dan lembut, tak larut dalam basa, serta mengkilap, dengan nomor atom 48 dengan 12 unsur priode 5 titik didih  $767^{\circ}C$ , titik leleh  $321^{\circ}C$ , berat atom 112,4 dan jenis massa pada kadmium  $8,65 \text{ g/cm}^3$ . Kadmium cenderung cepat untuk bereaksi, panas jika teroksidasi, bersifat korosif, dan berwarna keperakan mirip dengan logam aluminium. Campuran logam Cadmium berasal dari seng dan timbal yang memiliki bentuk keperakan putih dan berkilap (Istarani et al. 2014). Ion Cadmium ( $Cd^{2+}$ ) memiliki sifat asam lemah dan membentuk ikatan kovalen serta mudah lepas. Keracunan berat yang disebabkan oleh logam berat kadmium adalah dapat terjadinya kerusakan di bagian tubuh, seperti pada ginjal, pernafasan atau paru-paru, darah, dan juga jantung. Keracunan kronis dapat merusak kelanjar reproduksi, penciuman, serta dapat menyebabkan rapuhnya tulang (Anggriana, 2011).

Merujuk pada Baku mutu kadmium berdasarkan PERDA DIY Nomor 7 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah yang terdapat pada baku mutu air limbah untuk kegiatan industri lainnya dengan batas konsentrasi maksimal yaitu  $0,05 \text{ mg/L}$ . Sedangkan pada peraturan menteri nomor 5 tahun 2014 tentang Baku

Mutu Limbah Cair untuk batas maksimum logam berat Cd dalam air adalah 0,05 mg/L.

## 2.2 Adsorpsi

Adsorpsi yaitu proses dimana penggumpalan substansi terlarut dalam larutan oleh permukaan zat penyerap yang menjadi tempat masuknya bahan dan mengumpul dalam suatu zat penyerap. Keduanya sering terjadi dalam waktu yang bersamaan maka di disebut sebagai sorpsi. Untuk Adsorpsi ada yang disebut sebagai Adsorben dan Adsorbat. Adsorben adalah zat penyerap, sedangkan adsorbat adalah zat yang diserap (Giyatmi, 2008). Metode adsorpsi memiliki keunggulan yakni biaya yang relatif rendah, mudah dalam pengoperasian dan ramah lingkungan.

Terdapat dua jenis adsorpsi, yaitu adsorpsi fisika dan adsorpsi kimia. Adsorpsi fisik terjadi ketika gaya antarmolekul lebih besar dari gaya tarik-menarik antarmolekul atau tarik-menarik yang relatif lemah di antara adsorbat dengan permukaan adsorben. Gaya ini disebut gaya van der Waals, memungkinkan adsorbat berpindah dari satu bagian permukaan ke bagian permukaan adsorben lainnya. Gaya antar molekul adalah gaya tarik-menarik antara molekul cair (fluida) dan permukaan padat sedangkan gaya antarmolekul adalah gaya tarik menarik antar molekul fluida itu sendiri (Sudirjo, 2005). Sedangkan Adsorpsi kimia terjadi sebagai akibat dari pertukaran atau distribusi elektron antara molekul adsorbat dan permukaan adsorben, sehingga terjadi reaksi kimia. Ikatan yang terbentuk antara adsorbat dan adsorben adalah ikatan kimia dan ikatan ini lebih kuat dari adsorpsi fisika (Bansal, and Goyal, 2005).

Ada beberapa faktor yang harus diperhatikan dalam proses adsorpsi seperti sifat untuk penggunaan fisik dan kimia yang nantinya dapat dijadikan sebagai adsorbat dan adsorben, pH, temperature, suhu, waktu kontak. Massa adsorben juga dapat mempengaruhi proses adsorpsi yang jika masa adsorbennya lebih besar, maka akan menyerap senyawa adsorbat yang lebih banyak.

### 2.3 Isotrem Adsorpsi

Isoterm adsorpsi adalah suatu model matematika yang menunjukkan hubungan antara adsorbat dengan adsorben. Isoterm adsorpsi dapat digambarkan dengan dua model yaitu isotherm Langmuir dan isoterm Freundlich.

Model Isoterm Langmuir memiliki kemampuan untuk menjelaskan banyak data yang terkait dengan proses adsorpsi. Prinsip dasar dari isoterm Langmuir adalah terbentuknya lapisan tunggal (monolayer) adsorbat di permukaan adsorben, di mana tidak ada proses adsorpsi lain yang terjadi pada permukaan adsorben tersebut. Persamaan yang merujuk pada isoterm Langmuir dapat diidentifikasi pada Persamaan 1. (Marella, 2019).

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{Q_0 b} + \frac{C_e}{Q_0} \quad (1)$$

Dimana :

- Ce : konsentrasi kesetimbangan larutan (mg/L)
- qe : jumlah zat yang diadsorpsi per gram adsorben (mg/g)
- Q0 : kapasitas adsorpsi (mg/g)
- b : interaksi adsorpsi (L/mg)

Isoterm Freundlich memiliki permukaan padat adsorben yang heterogen dan memiliki multilayer. Untuk persamaan isotherm Freundlich dapat dilihat pada persamaan 2

$$\log \frac{X_m}{m} = \log K + \frac{1}{n} \log C_e \quad (2)$$

Dimana :

- X : jumlah zat terlarut yang diserap (mg)
- M : gram adsorben yang digunakan (g)
- Ce : konsentrasi kesetimbangan larutan (mg/L)
- K : kapasitas adsorpsi (mg/g)
- N : intensitas adsorpsi (L/g)

## 2.4 Kulit Buah Naga Merah

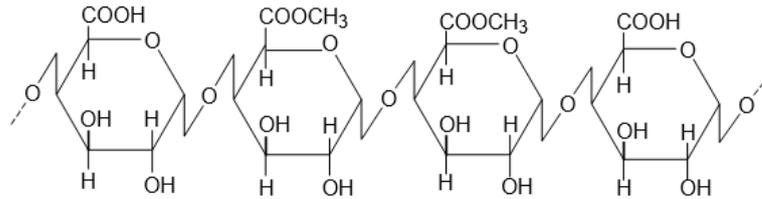
Hasil penelitian dari (Oktaviani, 2014) menunjukkan bahwa buah naga merah baik untuk sistem peredaran darah. Secara keseluruhan, buah naga merah memiliki kandungan protein, serat, karotene, kalsium dan fosferos dan beragam vitamin seperti vitamin B dan C. Total Serat Pangan (TSP) pada daging buah naga merah persentase jumlah kandungannya sama dengan kulitnya. Semakin nilai TSP tinggi maka akan tinggi juga terkait aktivitas antioksidan. Mengonsumsi 800-1000 gram buah naga dapat menambah antosianin dalam tubuh manusia.

Kandungan dari kulit buah naga adalah kaya akan polifenol. Untuk antioksidan pada kulit buah naga lebih besar dibandingkan aktivitas antioksidan pada daging buahnya, sehingga berpotensi untuk dikembangkan menjadi sumber antioksidan alami (Wu et al., (2006). Kulit buah naga banyak mengandung senyawa lignin, selulosa, karbohidrat, protein terutama pectin, beberapa penelitian telah diteliti untuk penggunaan pektin sebagai biosorben logam berat, seperti pada penggunaan pektin yang termodifikasi dari kulit durian untuk biosorpsi logam Pb(II), Cd(II), Cu(II), Zn(II) dan Ni(II) (Wong dkk, 2008). Semua senyawa yang disebutkan mengandung hidroksil dan karboksil yang dapat mengikat polutan yaitu ion logam, dapat dilihat pada gambar struktur selulosa dan lignin memiliki gugus hidroksil (-OH) yang berpotensi untuk mengikat ion logam (Mallampati, 2013) terutama logam kadmium. Menurut Jamilah dkk. (2011) kandungan dari kulit buah naga adalah pektin 10,8 %, pati 11,1 %, selulosa 9,25 %, lignin 37,2 %, dan serat pangan 69,3 %.



*Gambar 2.1 Kulit Buah Naga*

Kulit buah naga mengandung pektin sebagaimana pada gambar 2.2, dengan kelompok fungsional seperti -OH dan -COOH. Selain kelompok karboksil bebas, pektin juga mengandung ester alkohol dalam struktur rantai polimer tersebut. Kelompok fungsional ini menunjukkan potensi yang signifikan dalam hal penyerapan polutan, terutama polutan kationik (Mallampati, 2013).



*Gambar 2.2 Struktur Dari Pektin*

## **2.5 Aktivasi Adsorben**

Tujuan utama dari proses aktivasi adalah meningkatkan atau mengembangkan volume serta diameter pori yang telah terbentuk selama proses karbonisasi, dan juga menciptakan pori-pori baru (Seranno dkk., 1996). Interaksi antara bahan pengaktivasi dan struktur atom karbon hasil karbonisasi merupakan mekanisme dalam proses aktivasi. Dalam proses aktivasi, karbon mengalami pembakaran dalam lingkungan oksidasi, yang akan meningkatkan jumlah atau volume pori serta luas permukaan adsorben. Aktivasi pada adsorben dapat dilakukan dengan dua cara yaitu aktivasi fisika dan aktivasi kimia. Aktivasi fisika merupakan proses pemutusan rantai karbon senyawa organik dengan bantuan panas, uap dan karbondioksida (Mu'jijah, 2010). Metode aktivasi fisik meliputi penggunaan uap air, gas karbon dioksida, oksigen dan nitrogen, sedangkan aktivasi kimia adalah proses pemutusan rantai karbon senyawa organik dengan menggunakan bahan kimia, contohnya aktivasi dengan kalium hidroksida (KOH). Fungsi bahan aktif tersebut adalah untuk menguraikan atau menghidrasi molekul-molekul organik ketika proses karbonisasi berlangsung, membatasi pembentukan zat tar, membantu dalam dekomposisi senyawa organik saat tahap aktivasi berikutnya, menghilangkan kelebihan air yang terperangkap dalam struktur karbon, dan melapisi permukaan karbon untuk mengurangi risiko oksidasi (Mu'jijah, 2010).

## 2.6 Metode Batch

Metode adsorpsi dapat dilakukan dengan dua cara yaitu statis (batch) dan dinamis (kolom).

1. Metode statis melibatkan penempatan larutan yang mengandung komponen yang diinginkan ke dalam wadah yang berisi adsorben. Kemudian, larutan tersebut diaduk selama waktu tertentu. Setelah itu, pemisahan dilakukan dengan menggunakan filtrasi atau kertas saring. Komponen yang telah teradsorpsi dapat dilepaskan kembali dengan cara melarutkan sorben dalam pelarut tertentu yang memiliki volume lebih kecil daripada volume awal larutan (Aprliani, 2010).
2. Metode dinamis (kolom) melibatkan aliran larutan yang mengandung komponen tertentu melalui suatu kolom yang telah diisi dengan adsorben. Setelahnya, komponen yang telah teradsorpsi dapat dilepaskan kembali dengan mengalirkan pelarut (efluen) melalui kolom dengan volume yang lebih kecil (Aprliani, 2010).

## 2.7 Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)

Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) adalah suatu metode yang digunakan untuk menganalisis komposisi kimia dari berbagai jenis senyawa seperti senyawa organik, polimer, lapisan atau pelapisan (coating), bahan semikonduktor, sampel biologi, senyawa anorganik, dan mineral. Metode Spektroskopi infra merah diamati pada panjang gelombang 0,78 sampai 1000  $\mu\text{m}$  atau pada kisaran frekuensi 12800-10  $\text{cm}^{-1}$ . Metode spektroskopi infra merah bertujuan mengetahui gugus fungsi suatu senyawa, dan mengidentifikasi senyawa, menentukan struktur molekul, mengetahui kemurnian, serta mempelajari reaksi yang sedang berjalan (Fernandez, 2011).

## 2.8 SEM (Scanning Electron Microscope)

*Scanning Electron Microscope* (SEM) merupakan salah satu varian mikroskop elektron yang menggunakan aliran berkas elektron untuk memvisualisasikan struktur permukaan material yang sedang diuji menggunakan metode sinar-X. Dalam metode ini, data yang diperoleh menghasilkan gambar yang mirip dengan peta mengenai komposisi unsur yang ada di permukaan zat tersebut (Duran, 2012).

## 2.9 Penelitian Terdahulu

Referensi	Sumber	Resume Penelitian
Biosorpsi Ion Logam Cd(II) Oleh Kulit Buah Naga ( <i>Hylocereus polyrhizus</i> )	Anasthasia Maullyana Tanasal (2015)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Variasi adsorben 200 mg dengan konsentrasi 100 mg/L</li> <li>2. Variasi waktu 10; 15; 20; 30; 40; 50; 60; 70; 80 dan 90 menit</li> <li>3. Variasi pH 3, 4, 5, 6 dan 7</li> <li>4. Penentuan Kapasitas Biosorpsi dengan konsentrasi 50; 100; 150; 250; dan 400 mg/L</li> <li>5. Hasil Penelitian: Waktu kontak dan pH optimum biosorpsi ion Cd(II) oleh serbuk kulit buah naga adalah 20 menit dan pH 5. Biosorpsi kulit buah naga terhadap ion Cd(II) lebih sesuai dengan isothermal Langmuir dengan <math>Q_0</math> (kapasitas adsorpsi) sebesar 36,50 mg/g.</li> </ol>
Pemanfaatan Daun Matoa ( <i>Pometia Pinnata</i> ) Sebagai Adsorben Ion Logam Kadmium (Cd) Dalam Air Menggunakan Aktifator Asam Sitrat (C <sub>6</sub> H <sub>7</sub> O <sub>8</sub> ).	Mega Octaviani Dewi (2016)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Variasi massa adsorban 0,05gr, 0,1gr, 0,2gr, 0,3gr, dan 0,4gr.</li> <li>2. Variasi pH: 3, 4, 5, 6, 7, dan 8</li> <li>3. Variasi waktu kontak adsorban 15, 30, 60, 90, 120 menit</li> <li>4. Variasi konsentrasi larutan 50, 100, 150, 200, 250, dan 300 ppm</li> <li>5. Adsorpsi memakai model langmuir.</li> <li>6. Hasil penelitian:</li> <li>7. Serbuk daun matoa yang teraktivasi dan tanpa aktivasi tidak penambahan gugus fungsi baru, Massa optimum yang didapat dari</li> </ol>

		adsorben serbuk daun matoa yaitu pada massa 200 mg. Proses adsorpsi dapat berjalan dengan dengan maksimal pada pH 7, dengan waktu yang dibutuhkan dalam proses adsorpsi logam Cd bisa mencapai 120 menit.
Pengaruh Konsentrasi Aktivator Kalium Hidroksida (KOH) pada Karbon Aktif dan Waktu Kontak Terhadap Daya Adsorpsi Logam Pb dalam Sampel Air Kawasan Mangrove Wonorejo, Surabaya	Nurfitria N., dkk. Akta Kimia Indonesia (2019).	hasil penelitian ini adalah karbon aktif berbahan dasar tempurung kelapa dapat digunakan sebagai adsorben ion logam Pb <sup>2+</sup> dalam sampel air kawasan mangrove Wonorejo Surabaya. Hasil adsorpsi terbanyak didapatkan dari karbon aktif yang diaktivasi KOH 1 M dengan waktu kontak selama 1,5 jam. Jumlah ion logam Pb <sup>2+</sup> yang teradsorp yaitu sebesar 1,5645 ppm atau 86% dari konsentrasi awal.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, diketahui ada beberapa jenis adsorben yang telah digunakan untuk mengurangi kandungan logam berat dalam air seperti kulit buah naga. Namun pada penelitian sebelumnya tidak memakai aktivator KOH untuk mengaktivasi adsorben kulit buah naga. Oleh karena itu, tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui potensi kulit buah naga teraktivasi KOH sebagai adsorben dalam mengurangi kandungan logam berat kadmium dalam air.

## **BAB III METODE PENELITIAN**

### **3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian**

Lokasi penelitian di lakukan di Laboratorium Kualitas Air, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan (FTSP) Universitas Islam Indonesia selama 6 (enam) bulan dari bulan Maret 2023 sampai Agustus 2023 untuk mengamati prosesnya dan pengumpulan data sehingga hasil yang di dapat maksimal serta menjadi sumber penelitian.

### **3.2 Alat dan Bahan**

#### **3.2.1 Alat:**

Alat yang dipergunakan pada penelitian ini adalah :

1. Oven Listrik
2. Shaker
3. Neraca Analitik
4. Ayakan (100 mesh )
5. Labu Ukur
6. Gelas Beaker
7. Erlenmeyer
8. Kaca Arloji
9. Spatula
10. Karet Hisap
11. Corong Kaca
12. Grinder
13. Pipet Ukur
14. *Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)*
15. *Scanning Electron Microscope (SEM)*
16. Spektrofotometer FT-IR

### 3.2.1 Bahan

Bahan yang digunakan selama penelitian ini adalah :

1. Kulit buah naga (*Hylocereus polyrhizus*),
2. Cd (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.
3. Larutan HNO<sub>3</sub> pekat
4. Akuades
5. Kertas saring Whatman 42
6. Kertas ph universal,
7. Kertas label
8. Larutan NaOH 0,1N
9. Larutan HCL 0,1N
10. Kristal KOH 0,1 M

### 3.3 Variabel Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan beberapa variabel yang akan di analisis adalah massa adsorben, waktu kontak adsorben dengan larutan buatan dari Cd(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> dengan menggunakan kecepatan pengadukan 150 rpm. Penentuan dari berbagai variasi yang digunakan adalah untuk mengetahui kondisi optimum dari setiap variasi, seperti pada penggunaan variasi pH 3,5,7,9 karena pH dapat mempengaruhi kapasitas adsorpsi suatu adsorben terhadap senyawa tertentu dan pH 3,5,7,9 mewakili pH asam, netral dan basa yang bertujuan untuk mengetahui pH optimum untuk mencapai kapasitas adsorpsi. Penyerapan ion logam dari larutan akan meningkat ketika waktu kontak terjadi dalam waktu yang lama sampai mencapai titik keseimbangan (Zian dkk., 2016)

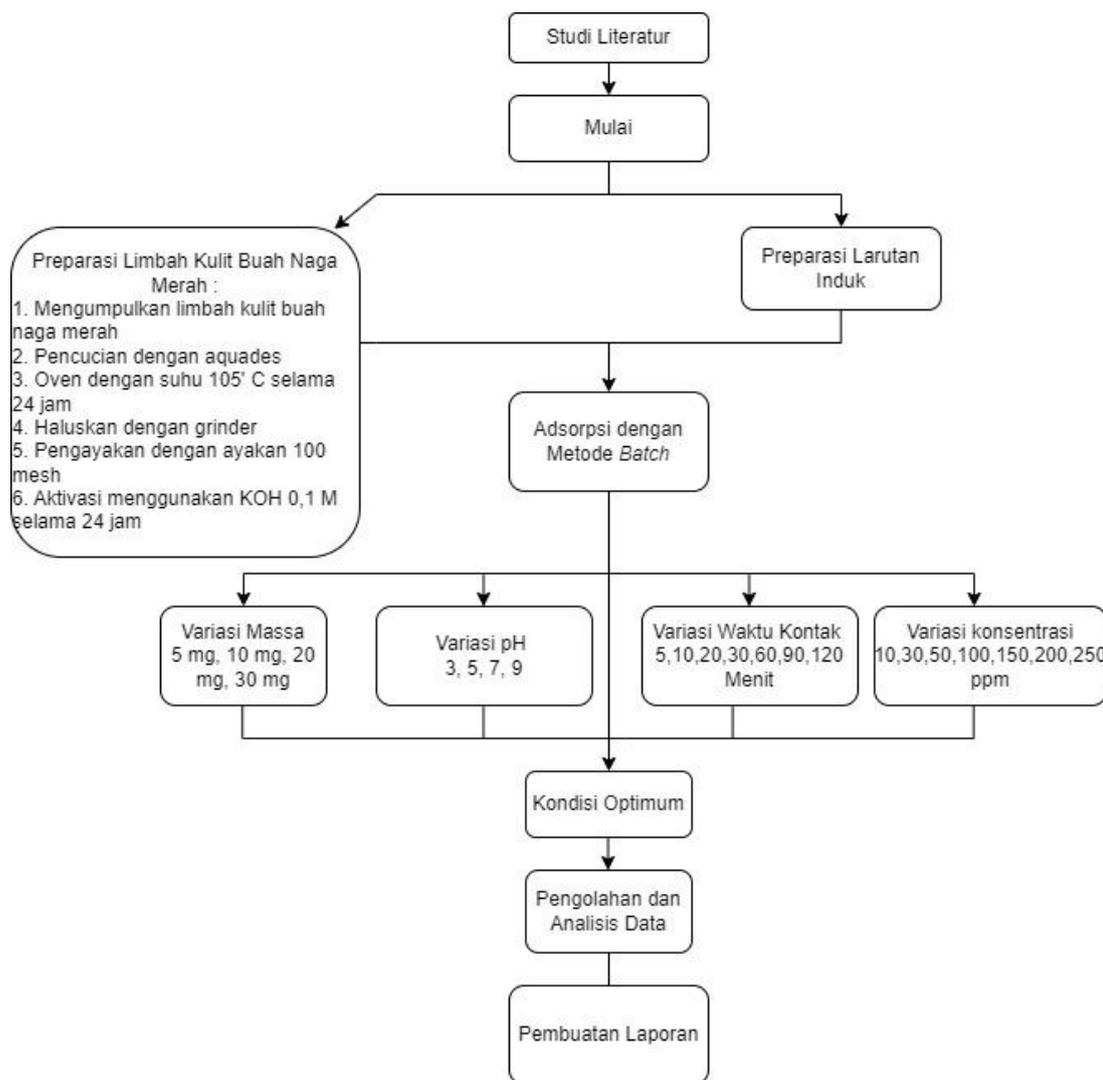
Variabel bebas yang akan diuji pada penelitian ini adalah dapat dilihat pada Tabel 3.1 dibawah ini.

Tabel 3. 1 Variabel Penelitian

Variasi	Satuan	Angka						
Massa Adsorben	Gram	0,005	0,01	0,02	0,03			
Waktu Interaksi	Menit	5	10	20	30	60	90	120
pH Larutan		3	5	7	9			
Konsentrasi Larutan Cd <sup>2+</sup> (mg/l)	ppm	10	30	50	100	150	200	250

### 3.4 Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam laboratorium dengan menggunakan metode eksperimen dan analisis dengan metode kuantitatif. Langkah penelitian mengenai modifikasi kulit buah naga merah sebagai adsorben dalam menyisihkan logam kadmium (Cd) dapat dilihat pada gambar 3.2 dibawah ini :



Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian

### 3.5 Pelaksanaan Penelitian

#### 3.5.1 Studi Literatur

Untuk studi literatur ini mengkaji tentang teori – teori yang berhubungan dengan limbah kulit buah naga merah yang akan dijadikan sebagai adsorben. Studi literatur ini bersumber pada buku dan jurnal penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan penelitian ini.

#### 3.5.2 Preparasi Adsorben Kulit Buah Naga (*Hylocereus polyrhizus*)

Limbah kulit buah naga dibawa kurang lebih 2kg yang berasal dari limbah pertanian, rumah tangga dan UMKM. Untuk langkah kerja preparasi adsorben dapat dilihat pada Gambar 3.3. dibawah ini :



*Gambar 3. 3 Langkah Pembuatan Adsorben Kulit Buah Naga*

### **3.5.3 Aktivasi Adsorben**

Serbuk kulit buah naga diaktivasi menggunakan larutan KOH 0,1 M dengan merendam serbuk kulit buah naga dengan larutan KOH 0,1 M, selanjutnya serbuk kulit buah naga dikeringkan kembali dalam oven dengan suhu 105°C selama 4-5 jam, sehingga didapatkan adsorben dari kulit buah naga yang telah teraktivasi dengan KOH.

### **3.5.4 Karakterisasi Adsorben**

Proses karakterisasi adsorben yang telah diaktivasi dengan KOH 0,1 M dan yang tidak diaktivasi menggunakan instrumen *Scanning Electron Microscopy* (SEM) untuk mengetahui struktur permukaan adsorben dan menggunakan instrumen *Fourier Transform Infra – Red* (FTIR) untuk mengetahui gugus fungsi adsorben.

### **3.5.5 Proses Adsorpsi**

Pada tahapan proses adsorpsi dimulai dengan beberapa langkah yaitu penimbangan massa adsorben, mengatur pH, pengenceran larutan, penyisihan adsorben dan pengujian adsorben menggunakan instrumen Spektrofotometri Serapan Atom (SSA).

### **3.5.6 Penentuan Massa Optimum Adsorben Kulit Buah Naga**

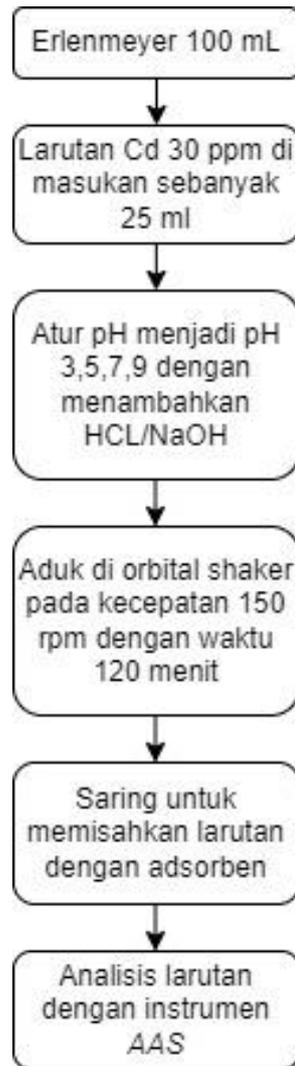
Penentuan dosis optimum massa adsorben kulit buah naga melalui penggunaan air limbah buatan yang terkontaminasi kadmium (Cd) dalam keadaan setimbang dengan waktu kontak selama 120 menit. Oleh karena itu, untuk mengetahui informasi tentang efektivitas massa adsorben dalam menghilangkan adsorbat dalam kondisi paling optimum dapat dilakukan dengan variasi massa. Proses langkah-langkah pengujian massa optimum akan dijelaskan dalam Gambar 3.4 dibawah ini :



*Gambar 3. 4 Diagram Alir Penentuan Massa Optimum*

### **3.5.7 Penentuan pH Optimum**

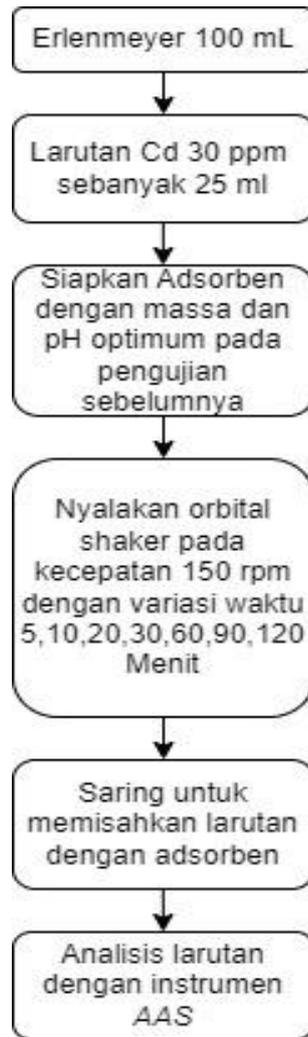
Tahapan untuk menentukan pH larutan Cd optimum adsorpsi terdapat pada Gambar 3.5 sebagai berikut.



*Gambar 3. 5 Diagram Alir Penentuan pH Optimum*

### **3.5.8 Penentuan Waktu Kontak Optimum**

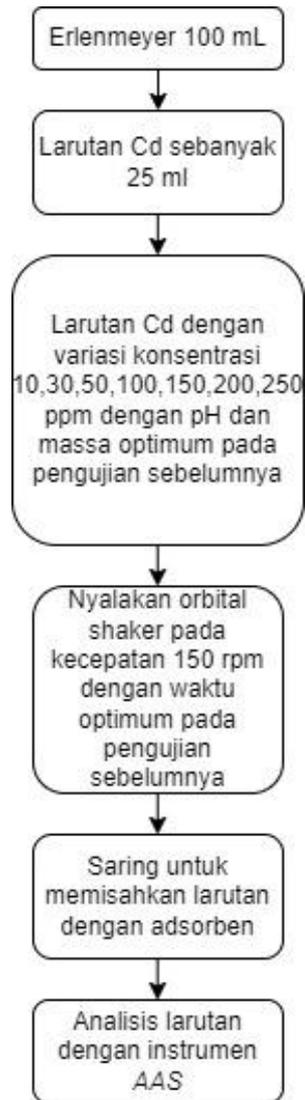
Setelah mendapatkan data massa dan pH larutan optimum, selanjutnya pengujian terhadap waktu kontak optimum. Pengujian waktu kontak optimum bertujuan mengetahui waktu pengadukan optimum yang diperlukan dalam proses adsorpsi. Tahapan penentuan waktu kontak optimum dapat dilihat pada Gambar 3.6. dibawah ini :



*Gambar 3.6 Diagram Alir Penentuan Waktu Kontak optimum*

### **3.5.9 Penentuan Konsentrasi Larutan Optimum**

Tahapan untuk menentukan konsentrasi optimum larutan Cd terdapat pada Gambar 3.7 dibawah ini :

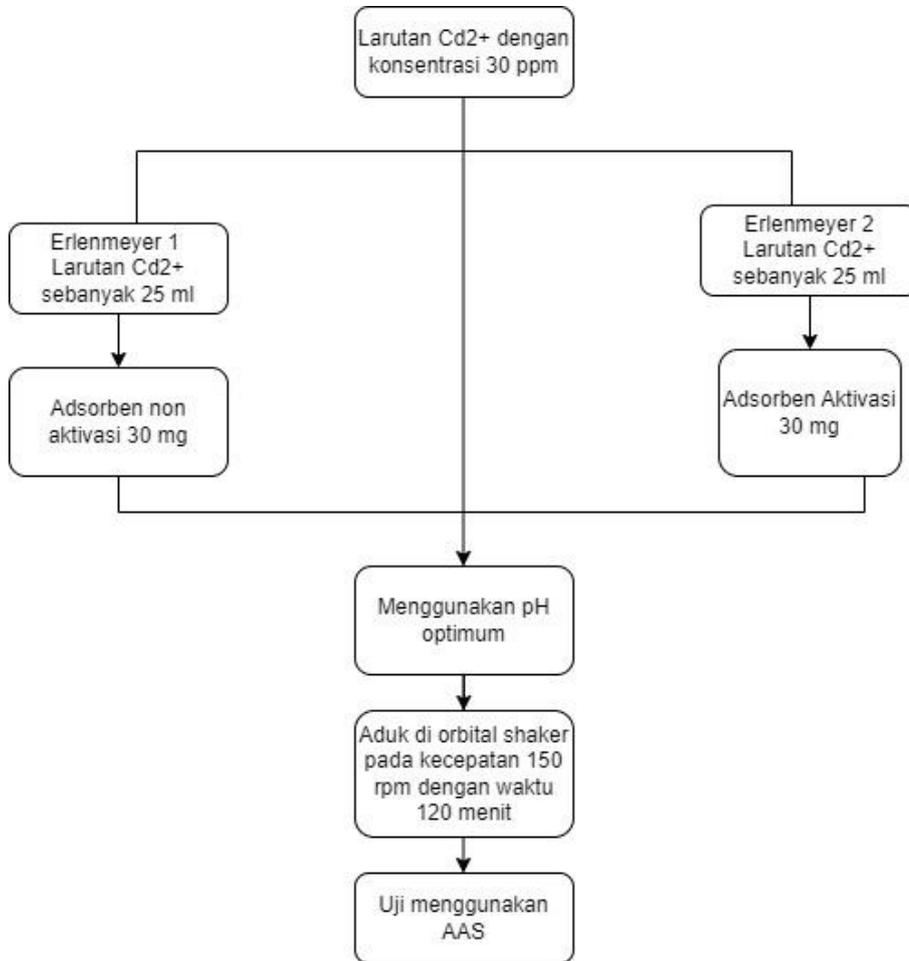


*Gambar 3. 7 Diagram Alir Penentuan Konsentrasi Optimum*

### **3.5.10 Perbandingan Adsorben Aktivasi dan Non Aktivasi**

Perbandingan antara adsorben yang mengalami aktivasi dan yang tidak diaktivasi bertujuan untuk mengamati efisiensi penyisihan antara kedua jenis adsorben ini. Adsorben yang tidak melalui proses aktivasi dibandingkan dengan adsorben yang telah diaktivasi dengan KOH 0,1 M dengan menggunakan data yang ada pada variasi massa, pH, waktu kontak, dan konsentrasi yang dilakukan pada adsorben yang telah diaktivasi. Tujuannya adalah untuk membandingkan persentase penyisihan adsorben yang tidak diaktivasi dengan menggunakan KOH.

Tahapan untuk menentukan perbandingan antara adsorben aktivasi dan aktivasi dapat dilihat pada Gambar 3.8 dibawah ini :

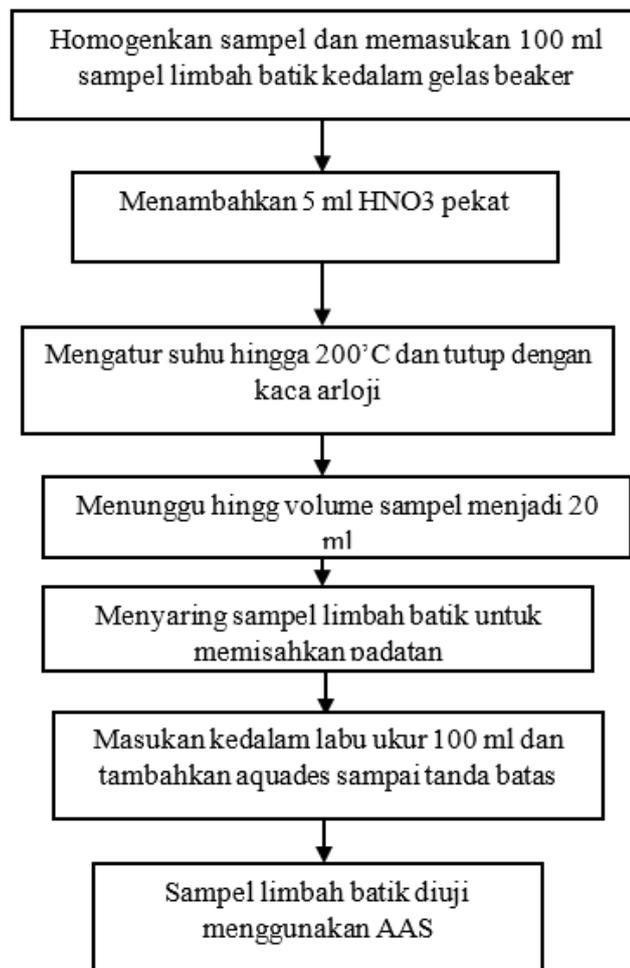


*Gambar 3. 8 Diagram Alir Uji Perbandingan Adsorben Non aktivasi dan Teraktivasi dengan KOH 0,1 M*

### **3.5.11. Aplikasi Sampel Pada Limbah Batik**

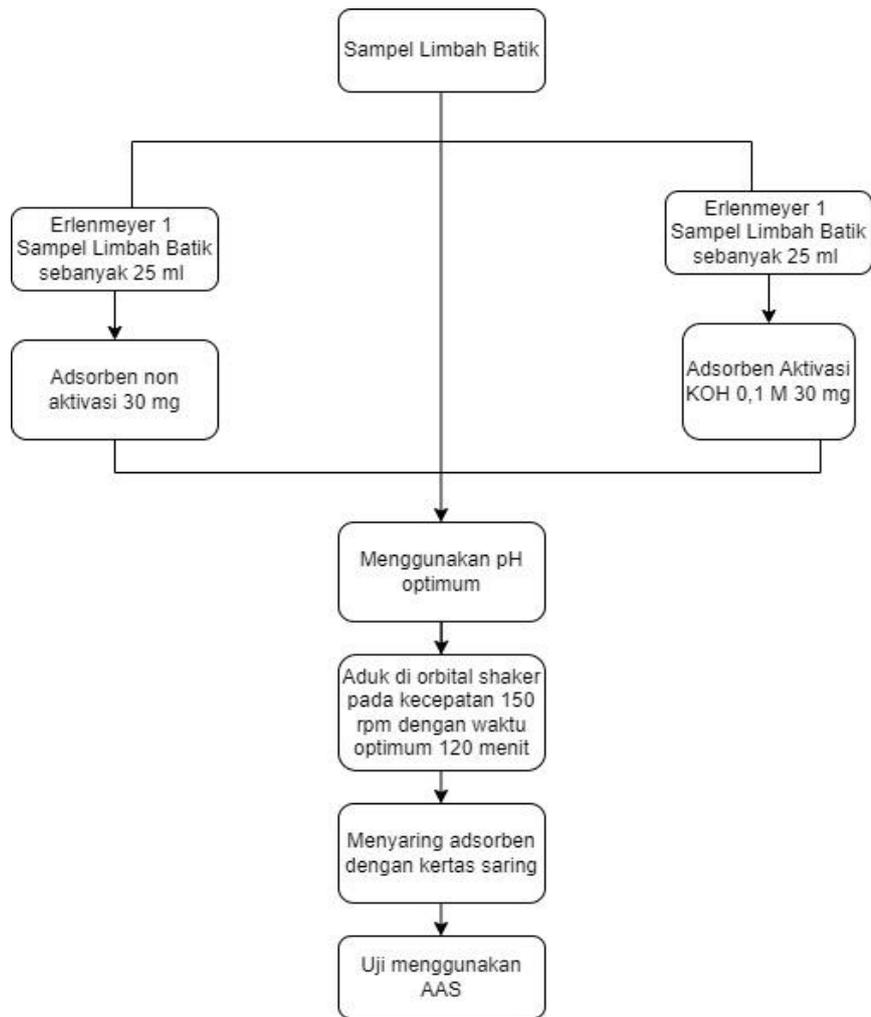
Setelah massa optimum, pH optimum, waktu optimum dan konsentrasi optimum yang didapat, serbuk kulit buah naga di aplikasikan pada sampel limbah cair industri batik untuk mengetahui efektivitas penyerapan adsorben.

Untuk tahapan preparasi sampel limbah batik dapat dilihat pada Gambar 3.9 dibawah ini :



*Gambar 3. 9 Diagram Alir Preparasi Sampel Limbah Batik*

Tahapan pengujian efektivitas adsorben pada limbah batik dapat dilihat pada Gambar 3.10 dibawah ini :



Gambar 3. 10 Diagram Alir Uji Efektivitas Adsorben Pada Limbah Cair Batik

### 3.6 Prosedur Analisa Data

Data yang dihasilkan setelah pengujian menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) yang diolah dan ditampilkan dalam bentuk grafik guna mengetahui trend penyisihan adsorben dari kulit buah naga merah terhadap logam kadmium (Cd).

Perhitungan efisiensi penyisihan logam  $Cd^{2+}$  pada limbah batik serta analisis kemampuan adsorben dalam menjerap logam  $Cd^{2+}$  pada larutan menggunakan persamaan (3) berikut.

$$\text{Efisiensi penyisihan (\%)} = \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100\% \dots (3)$$

Keterangan:

$C_0$  = konsentrasi  $Cd^{2+}$  sebelum adsorpsi (mg/l)

$C_e$  = konsentrasi  $Cd^{2+}$  setelah adsorpsi (mg/l)

Selanjutnya, perhitungan untuk menentukan tipe dari mekanisme adsorpsi yang terjadi pada adsorben dengan mengetahui kecepatan penyisihan adsorbat yang berkaitan dengan waktu kontak dari adsorben dilakukan menggunakan persamaan *pseudo-first-order model* (orde satu) dan *pseudo-second model* (orde dua), yang dinyatakan dalam persamaan (4) dan (5) berikut.

$$\frac{dq}{dt} = k_1(q_e - q_t) \dots (4)$$

Keterangan:

$q_e$  = jumlah ion yang terserap pada kesetimbangan (mg/g)

$q_t$  = jumlah ion yang terserap pada waktu t (mg/g)

$K_1$  = konstanta kecepatan adsorpsi ( $\text{menit}^{-1}$ )

$$\frac{t}{qt} = \frac{1}{K_2 q_e^2} + \frac{1}{q_e} t \dots (5)$$

Keterangan:

$q_e$  = jumlah ion yang terserap pada kesetimbangan (mg/g)

$q_t$  = jumlah ion yang terserap pada waktu t (mg/g)

$K_2$  = konstanta laju order dua ( $\text{g/mg} \cdot \text{menit}^{-1}$ )

Untuk analisa data isoterm adsorpsi yang bertujuan mengetahui proses distribusi ion logam berat menuju permukaan adsorben dengan menggunakan persamaan isoterm freundlich pada persamaan (1) dan isoterm langmuir pada persamaan (2).

### 3.6.1 Efisiensi Penyisihan

Melakukan perhitungan efisiensi penyisihan untuk mengetahui kemampuan penyerapan adsorben limbah kulit buah naga terhadap logam kadmium (Cd) menggunakan persamaan 3 sebagai berikut :

$$\text{Efisiensi penyisihan (\%)} = \frac{C_o - C_e}{C_a} \times 100\%$$

Keterangan:

$C_o$  : konsentrasi awal logam (mg/L)

$C_a$  : konsentrasi akhir logam (mg/L)

Untuk perhitungan ion logam yang teradsorpsi yang menggunakan satuan miligram per gram (mg/gr) yang adsorbennya dapat dihitung melalui persamaan sebagai berikut.

$$qe \left( \frac{mg}{g} \right) = \left( \frac{(C_o - C_e) \times V}{W} \right)$$

Dimana:

$q_e$  : jumlah ion logam yang teradsorpsi (mg/gr)

$C_o$  : konsentrasi larutan logam sebelum adsorpsi (mg/L)

$C_e$  : konsentrasi larutan logam setelah adsorpsi (mg/L)

$V$  : volume larutan ion logam (L)

$W$  : massa adsorben (gr)

### 3.6.2 Isoterm Adsorpsi

Pada proses adsorpsi ion logam berat kadmium (Cd) oleh adsorben dapat dianalisis melalui pendekatan model isotherm yang bertujuan untuk memahami keterkaitan antara jumlah ion logam yang terdapat pada permukaan adsorben dengan berbagai variasi konsentrasi. Penggunaan model isotherm ini bertujuan untuk mengetahui kapasitas penyerapan adsorben, sehingga mekanisme adsorpsi dapat dievaluasi.

Isoterm Langmuir menggambarkan bahwa kapasitas adsorpsi maksimum terjadi ketika lapisan adsorbat tunggal (monolayer) terbentuk di permukaan adsorben.

Dalam bentuk yang umum, persamaan isoterm langmuir adalah sebagai berikut:

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{Q_0 b} + \frac{C_e}{Q_0}$$

Dimana :

$C_e$  : konsentrasi kesetimbangan larutan (mg/L)

$q_e$  : jumlah zat yang diadsorpsi per gram adsorben (mg/gr)

- $Q_0$  : kapasitas adsorpsi (mg/gr)  
 $b$  : interaksi adsorpsi (L/mg)

Isoterm Freundlich memiliki permukaan padat adsorben yang heterogen dan memiliki multilayer. Persamaan pada isotherm Freundlich dapat dilihat pada persamaan berikut.

$$\log \frac{X_m}{m} = \log K + \frac{1}{n} \log C_e$$

Dimana :

- $X$  : jumlah zat terlarut yang diserap (mg)  
 $M$  : gram adsorben yang digunakan (g)  
 $C_e$  : konsentrasi kesetimbangan larutan (mg/L)  
 $K$  : kapasitas adsorpsi (mg/g)  
 $N$  : intensitas adsorpsi (L/g)

## **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **4.1 Penjelasan Umum dan Preparasi Adsorben**

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui kemampuan dari kulit buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*) apakah dapat digunakan sebagai adsorben alami untuk menurunkan kadar logam berat kadmium (Cd) buatan (sintetis) di dalam air, penelitian ini tidak menggunakan air limbah perairan atau air limbah industri karena air limbah industri di dalamnya terdapat berbagai macam logam berat lain selain Cd seperti Cu, Cr dan Pb. yang tentunya akan dapat mengurangi kemampuan adsorben kulit buah naga merah terhadap penyerapan logam Cd. Pada proses adsorpsi dimulai dengan variasi massa, pH, waktu kontak, dan terakhir konsentrasi larutan yang optimum. Metode yang digunakan pada penelitian kali ini menggunakan metode *Batch reactor*, metode Isoterm Langmuir serta Isoterm Freundlich. Penentuan karakteristik pada adsorben kulit buah naga menggunakan alat FTIR (*Spektrofotometer Fourier Transform Infra Red*) dengan tujuan untuk mengetahui gelombang gugus fungsi pada adsorben, *Scanning Electron Microscopy* (SEM) untuk mengetahui morfologi dari permukaan adsorben yang akan dilakukan penelitian dan *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS) untuk mengetahui hasil konsentrasi logam berat kadmium (Cd) pada suatu larutan.

Penelitian ini akan dimulai dari persiapan biosorben dari kulit buah naga (*hylocereus polyrhizus*), kulit buah naga yang berasal dari limbah konsumsi atau pertanian kemudian dicuci dengan air mengalir untuk menghilangkan kotoran, lalu dibilas dengan akuades, dan ditiriskan. Kulit buah naga dipanaskan di oven pada suhu 105°C selama 24 jam untuk menghilangkan kadar air, selanjutnya dihancurkan menggunakan crusher dan diayak dengan ukuran lolos saringan 100 mesh. Kemudian diaktivasi menggunakan KOH 0,1 M selama 24 jam pada temperature ruang, di saring dan di cuci dengan akuades dan dikeringkan pada temperature 105°C.

Pengujian adsorben kulit buah naga menggunakan larutan logam kadmium sebanyak 25 ml, kecepatan pengadukan 150 rpm, waktu kontak 120 menit, pH 5 dan pada suhu ruangan, proses pengadukan adsorben dengan larutan logam kadmium menggunakan alat *Orbital Shaker* untuk menentukan massa, pH, waktu kontak, dan konsentrasi berdasarkan variabel yang sebelumnya sudah ditentukan. Tahap akhir penelitian ini adalah hasil dari variasi massa, waktu kontak, pH, dan konsentrasi larutan yang optimum dari adsorben yang telah teraktivasi menggunakan KOH akan digunakan sebagai acuan untuk dilakukan perbandingan dengan adsorben yang tidak teraktivasi.

## **4.2 Karakteristik Adsorben**

Pada penelitian ini pengujian karakterisasi dilakukan dengan menggunakan alat berupa *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) yang bertujuan untuk mengidentifikasi senyawa, menentukan struktur molekul, menentukan kemurnian, serta mempelajari reaksi yang sedang berlangsung. Dan menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) yang bertujuan untuk menggambarkan bentuk permukaan bahan yang dianalisis.

### **4.2.1 Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)**

Tujuan penerapan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) adalah untuk mengenali dan mengidentifikasi gugus fungsi pada bahan adsorben kulit buah naga yang akan dipakai dalam penelitian. Dengan memperoleh pemahaman tentang gugus fungsi yang ada dalam komposisi selulosa di dalam bahan adsorben, akan diketahui sejauh mana perbedaan dalam adsorben yang akan diaktivasi dan tidak diaktivasi dengan KOH (Kalium hidroksida), kemudian membandingkan perbedaan tersebut untuk mengetahui gugus fungsi mana yang terlibat dalam proses adsorpsi atau penyerapan logam Cd.

Proses analisis data pembacaan FTIR dilaksanakan melalui identifikasi puncak-puncak spesifik pada panjang gelombang tertentu. Setiap puncak ini merepresentasikan jenis kelompok fungsi tertentu yang ada dalam senyawa

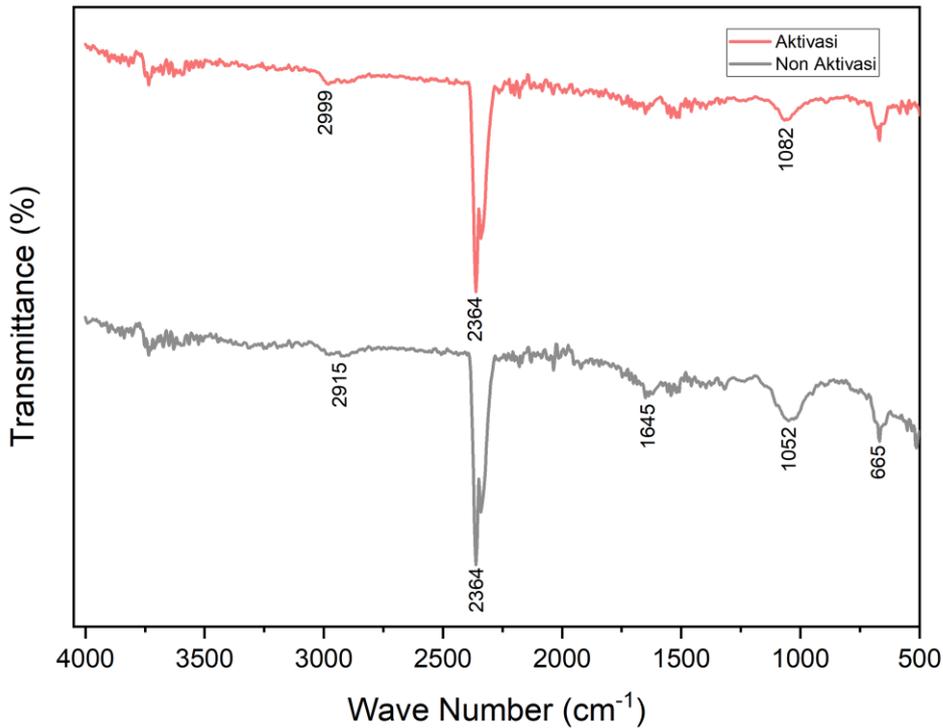
penyerap. Pengujian FTIR menghasilkan suatu grafik yang menghubungkan panjang gelombang (cm-1) pada sumbu x dan persentase (%) trnsmitan pada sumbu y.

a) Adsorben sebelum proses adsorpsi

Hasil pembacaan FTIR adsorben kulit buah naga merah sebelum adsorpsi dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan pada Gambar 4.1 dibawah ini :

Tabel 4.1 Hasil Uji FTIR Kulit Buah Naga Merah Sebelum Adsorpsi

Adsorben Kulit Buah Naga	Bilangan Gelombang (cm <sup>-1</sup> )		Gugus Fungsi	Intensitas Pita
	Teori	Hasil		
Non-Aktivasi	1800 - 2300	2364	C=O	Tajam
Aktivasi Asam Sitrat	1800 - 2300	2364	C=O	Tajam



Gambar 4.1 Hasil Uji FTIR Adsorben Kulit Buah Naga Merah

Hasil dari uji FTIR kulit buah naga non-aktivasi dan aktivasi kalium hidroksida sebelum proses adsorpsi menunjukkan bahwa adsorben sebelum aktivasi dan sesudah aktivasi memiliki puncak yang sama yaitu pada panjang

gelombang  $2364\text{ cm}^{-1}$ . Dari gambar diatas adsorben yang ter aktivasi dengan KOH sebelum proses adsorpsi tidak ada pergeseran gelombang pada adsorben kulit buah naga. Dan puncak pada panjang gelombang ini menjelaskan adanya ikatan tertentu pada senyawa adsorben yang memiliki interaksi dengan radiasi inframerah. Gugus fungsi yang memiliki puncak di dekat panjang gelombang ini adalah ikatan rangkap  $\text{C}=\text{C}$  atau  $\text{C}\equiv\text{C}$  (alkena atau alkuna) dan juga ikatan  $\text{C}=\text{O}$  (karbonil) (Tiwow et al., 2021). Dalam konteks ini, adsorben kulit buah naga dengan puncak panjang gelombang  $2364\text{ cm}^{-1}$  umumnya disebabkan oleh keberadaan ikatan rangkap atau karbonil dalam molekul. Jenis ikatan ini dapat ditemukan dalam berbagai senyawa organik seperti aldehida, keton, asam karboksilat, ester, amida, asil klorida, dan anhidrida asam.

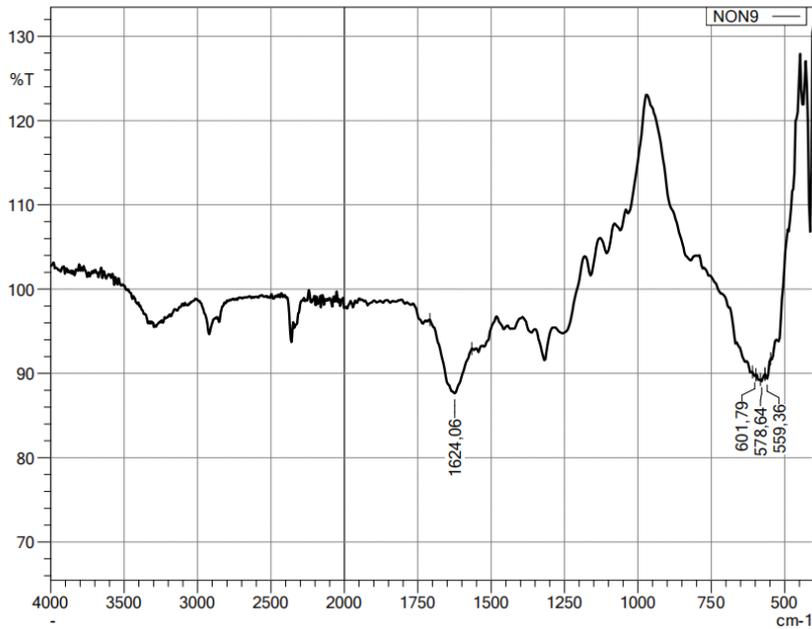
Asam karboksilat yang mengandung gugus fungsi  $-\text{COOH}$  termasuk dalam kategori senyawa organik yang ditandai dengan adanya gugus karbonil dan hidroksil, dan sering disebut sebagai gugus karboksil. Gugus  $\text{C}=\text{O}$  (karbonil) dalam senyawa organik diketahui memiliki oksigen yang dapat berperan sebagai donor pasangan elektron. Ion logam berat  $\text{Cd}^{2+}$  memiliki afinitas yang kuat terhadap pasangan elektron, terutama yang tersedia dalam gugus  $\text{C}=\text{O}$ . Proses ini dapat menjadi faktor penangkapan ion logam berat  $\text{Cd}^{2+}$  oleh adsorben kulit buah naga yang nantinya akan digunakan untuk mengurangi konsentrasi ion logam  $\text{Cd}^{2+}$  dalam limbah cair dari proses batik.

b) Adsorben setelah proses adsorpsi

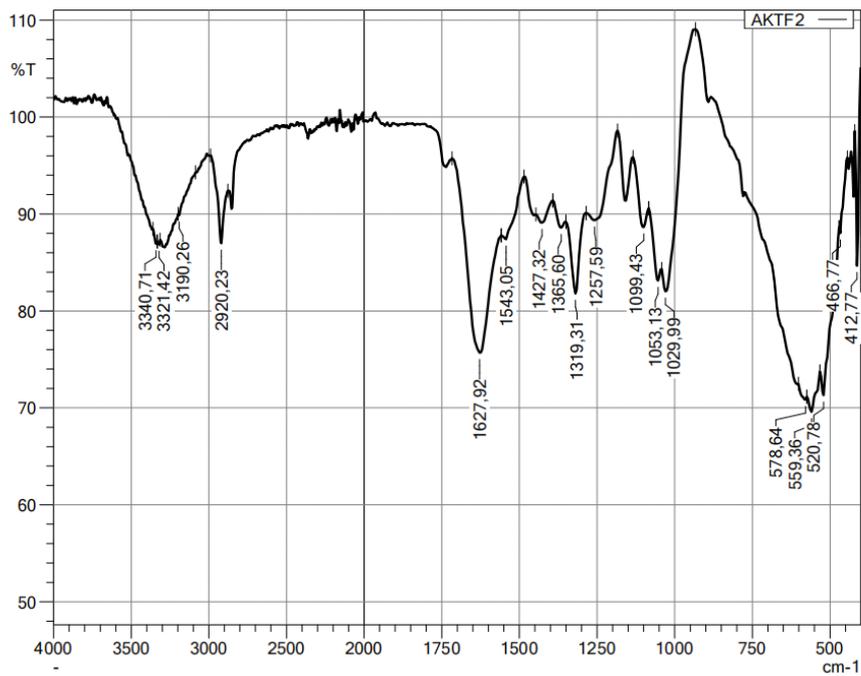
Hasil pembacaan FTIR adsorben kulit buah naga setelah adsorpsi dapat dilihat pada Tabel 4.2 dan Gambar 4.2 dibawah ini :

Tabel 4.2 Hasil Uji FTIR Kulit Buah Naga Setelah Adsorpsi

Adsorben Kulit Buah Naga	Bilangan Gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ )		Gugus Fungsi	Intensitas Pita
	Teori	Hasil		
Non-Aktivasi	1600 - 1680	1624,06	$\text{C}=\text{C}$	Tajam
Aktivasi Asam Sitrat	2500 - 3300	3340,71	O-H	Melebar
	2850 - 3000	2920,23	C-H alifatik	Tajam
	1600 - 1680	1627,92	$\text{C}=\text{C}$	Tajam
	1235 - 1300	1319,31	$-\text{OCH}_3$	Melebar
	1000 - 1300	1029,99	C - O	Tajam



### A. Sebelum Aktivasi



### B. Sesudah Aktivasi

Gambar 4.2 Grafik Hasil Uji FTIR Kulit Buah Naga Setelah Adsorpsi

Hasil uji FTIR adsorben kulit buah naga non-aktivasi dan aktivasi KOH setelah proses adsorpsi menunjukkan perbedaan yang signifikan pada adsorben yang non aktivasi dan teraktivasi, pada adsroben non aktivasi trend puncak gelombang yang terbaca hanya ada satu gelombang saja yaitu pada gelombang

1624,06 yang menandakan gugus fungsi C=C, sedangkan pada adsorben teraktivasi terdapat puncak pada panjang gelombang 3340,71  $\text{cm}^{-1}$  yang menandakan adanya gugus O-H yaitu ikatan hidrogen antara atom oksigen dan hidrogen dalam molekul. Puncak ini biasanya berkaitan dengan adanya ikatan hidrogen yang terbentuk dari air yang teradsorpsi atau oleh gugus hidroksil dalam senyawa organik. Hasil pengujian juga menunjukkan adanya puncak pada panjang gelombang 2920,23  $\text{cm}^{-1}$  yang menunjukkan keberadaan ikatan C-H yang merupakan ikatan antara atom karbon dan hidrogen dalam molekul. Puncak ini umumnya mewakili keberadaan gugus metil atau metilen dalam senyawa organik.

Pada puncak panjang gelombang 1627,92  $\text{cm}^{-1}$ . Hasil pada panjang gelombang ini umumnya mengindikasikan adanya ikatan rangkap dua C=C, yang merupakan ikatan karbonil dalam senyawa seperti keton atau aldehida. Gugus  $\text{OCH}_3$  juga berada pada puncak dengan panjang gelombang 1319,31  $\text{cm}^{-1}$ . Gugus  $\text{OCH}_3$  atau metoksi adalah gugus fungsional yang terdiri dari atom oksigen yang terikat dengan tiga atom hidrogen. Selanjutnya, puncak yang terlihat pada panjang gelombang 1029,99  $\text{cm}^{-1}$  adalah gugus C-O, yang terdiri dari ikatan antara atom karbon dan atom oksigen.

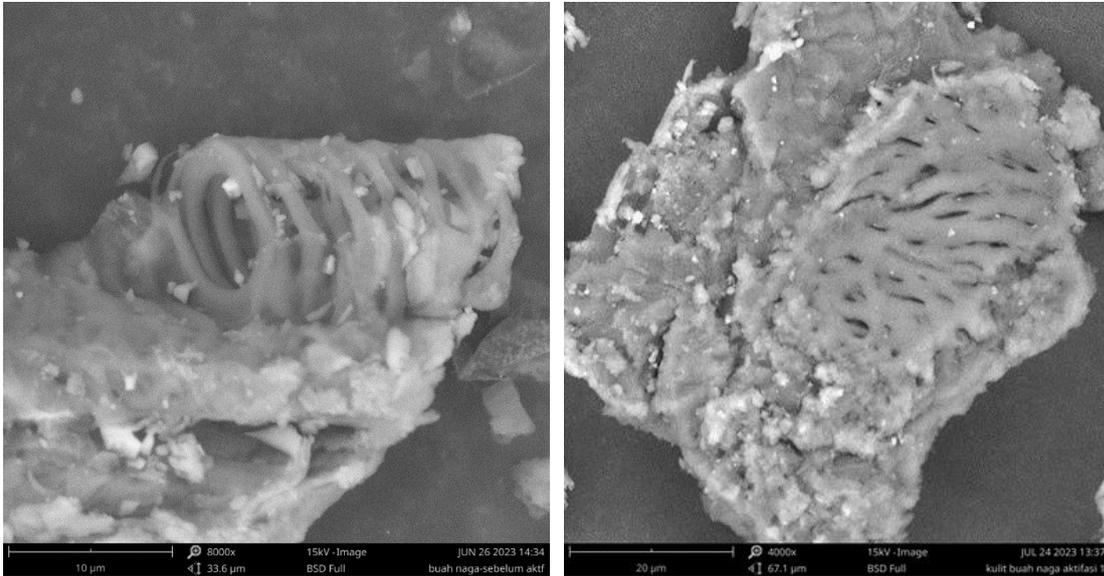
#### **4.2.2 Scanning Electron Microscope (SEM)**

Scanning Electron Microscope (SEM) merupakan salah satu jenis alat mikroskop yang menggunakan berkas elektron untuk menggambarkan profil permukaan objek. Berkas elektron pada SEM diarahkan ke permukaan objek dan melewati rangkaian lensa elektromagnetik, sehingga berkas elektron tersebut akan memantul kembali atau menghasilkan elektron sekunder dalam berbagai arah.

Sensor yang ada di dalam SEM akan mendeteksi elektron dan menunjukkan posisi objek pada layar. Semakin besar luas permukaan total, kapasitas penyerapan adsorben akan semakin meningkat karena lebih banyak ion logam yang dapat terikat pada permukaan adsorben. Proses pengujian SEM dilaksanakan untuk mengamati pola atau gambaran permukaan suatu sampel.

Pengujian SEM menampilkan hasil dengan pembesaran mulai dari 4000 hingga 8000 kali, dengan membandingkan antara adsorben kulit buah naga merah

yang tidak diaktivasi dan yang diaktivasi menggunakan kalium hidroksida (KOH). Hasil dari pengujian adsorben kulit buah naga merah dengan menggunakan SEM dapat dilihat pada gambar 4.2 berikut :



*Gambar 4.2 Hasil Uji SEM Adsorben Kulit Buah Naga Merah Non-aktivasi (kiri) dengan perbesaran 8000x dan Aktivasi (kanan) dengan perbesaran 4000x.*

Perbedaan antara adsorben yang tidak diaktivasi dan yang mengalami aktivasi dengan KOH dapat dilihat dalam gambar hasil pengujian 4.2. Saat diperbesar 4000 kali, menunjukkan bahwa adsorben aktivasi memiliki pori yang lebih banyak jika dibandingkan dengan adsorben tidak aktivasi. Adsorben belum diaktivasi terlihat memiliki pori yang lebih besar dan tidak terlalu banyak dan juga tidak terlalu bersih, sedangkan adsorben yang telah teraktivasi memiliki permukaan pori yang tampak lebih teratur dibandingkan dengan adsorben tidak aktivasi dan lebih bersih, dampak utama dari proses aktivasi kimia tidak hanya menghilangkan bahan non-karbon, melainkan juga membentuk pori-pori berukuran lebih kecil pada permukaan adsorben, sehingga meningkatkan efisiensi dalam menyerap logam kadmium, dan pori-pori berukuran kecil yang terbentuk akibat aktivasi kimia tampak lebih banyak dan teratur pada permukaan adsorben (Kurniawan, 2014). Dari penjelasan diatas dapat disimpulkan bahwa dengan adsorben kulit buah naga yang di aktivasi dengan kalium hidroksida (KOH) sudah

memberikan pengaruh pada adsorben kulit buah naga terutama pada pori-pori adsorben.

### 4.3 Hasil Uji Kemampuan Adsorpsi

Pengujian adsorben kulit buah naga merah akan dilakukan dengan menggunakan larutan Kadmium (Cd) buatan. Pengujian nilai konsentrasi akan menggunakan alat *Atomic Absorption Spectrophotometri* (AAS), dan pengujian dimulai dari variasi massa adsorben, variasi pH larutan, waktu kontak, dan variasi konsentrasi larutan uji.

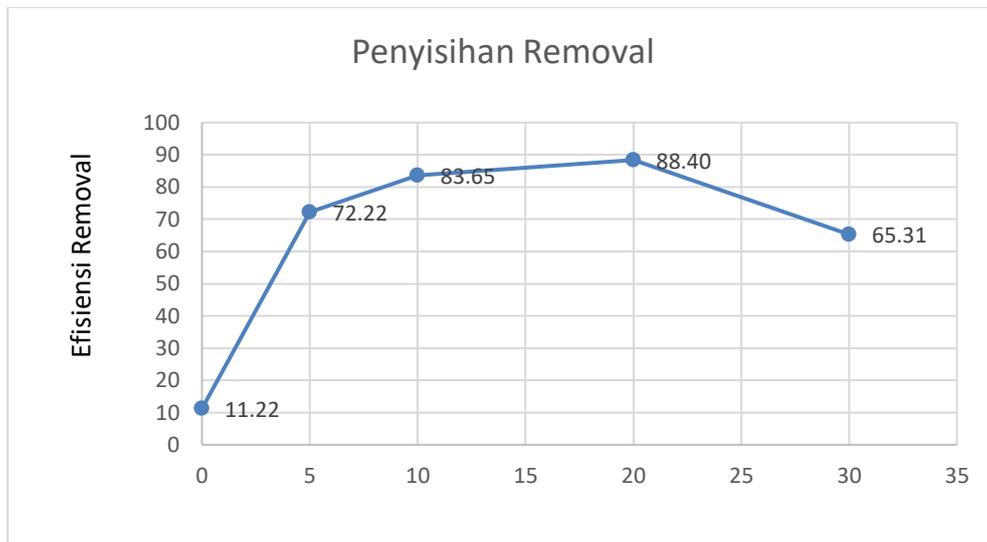
#### 4.3.1 Hasil Uji Variasi Massa

Pengujian variasi massa adsorben bertujuan untuk dapat mengetahui pengaruh massa terhadap penjerapan ion logam berat kadmium menggunakan adsorben kulit buah naga merah. Konsentrasi awal larutan logam  $Cd^{2+}$  30 ppm, dengan kondisi pH 5 sebanyak 25 ml. Penelitian ini menggunakan metode batch reactor, dimana waktu pengadukan dengan orbital shaker ini selama 120 menit. Setelah proses pengadukan adsorben selesai, kemudian akan disaring menggunakan kertas saring whatman 42, selanjutnya akan diuji menggunakan alat AAS. Hasil dari pembacaan AAS variasi massa terhadap adsorpsi logam berat kadmium (Cd) dengan adsorben kulit buah naga merah yang teraktivasi KOH dapat dilihat dibawah ini:

Tabel 4.1 Data pengaruh variasi massa terhadap penyisihan logam kadmium

Massa (mg)	Konsentrasi awal (Co) $Cd^{2+}$ (mg/l)	Konsentrasi Akhir (Ca) $Cd^{2+}$ (mg/l)	Efisiensi Penyisihan Logam $Cd^{2+}$ %
0	32.44	28.80	11.22
5	28.80	0.800	72.22
10	28.80	0.471	83.65
20	28.80	0.334	88.40
30	28.80	0.999	65.31

Efisiensi penyisihan logam kadmium pada kondisi optimum terhadap variasi pH dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Grafik Hasil Uji Variasi Massa Adsorben Optimum

Dari data grafik efisiensi removal terhadap variasi massa, terlihat bahwa terjadi peningkatan persentase penyerapan ion logam  $Cd^{2+}$  oleh adsorben kulit buah naga merah.

Peningkatan efisiensi penyerapan berbanding lurus dengan penambahan massa adsorben. Dengan kata lain, semakin banyak jumlah adsorben yang digunakan, semakin tinggi efisiensi penyerapan ion logam  $Cd^{2+}$ . Pada penggunaan 0,005 gram adsorben, efisiensi penyerapan mencapai 72.22%, kemudian efisiensi pengurangan logam  $Cd^{2+}$  pada massa adsorben 0,01 gram mengalami peningkatan efisiensi removal adalah 83.65%, dan massa adsorben 0,02 gram sebesar 88.40%, untuk massa adsorben 0,03 gram mengalami penurunan efisiensi removalnya yakni sebesar 65.31%.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Waseem et al. (2014), variasi massa adsorben dari 0,5 hingga 5 gram diaplikasikan dalam larutan logam sebanyak 50 mL. Hasil optimal dari proses adsorpsi didapat ketika adsorben digunakan sebanyak 2 gram, dengan persentase adsorpsi mencapai 75,96%. Setelah mencapai persentase adsorpsi maksimum tersebut, dan pada saat penambahan massa adsorben yang lebih besar mengakibatkan penurunan persentase adsorpsi. Peningkatan penyerapan awal terjadi saat dosis adsorben ditambahkan hingga

mencapai titik optimalnya. Namun, setelah titik optimum tercapai, penambahan massa adsorben lebih lanjut justru mengakibatkan penurunan ikatan ion kadmium. Hal ini disebabkan oleh kemungkinan terjadinya tumpang tindih atau agregasi pada permukaan adsorben yang mengakibatkan penurunan luas permukaan total biosorben (Anwar et al., 2010; Jasem, 2015).

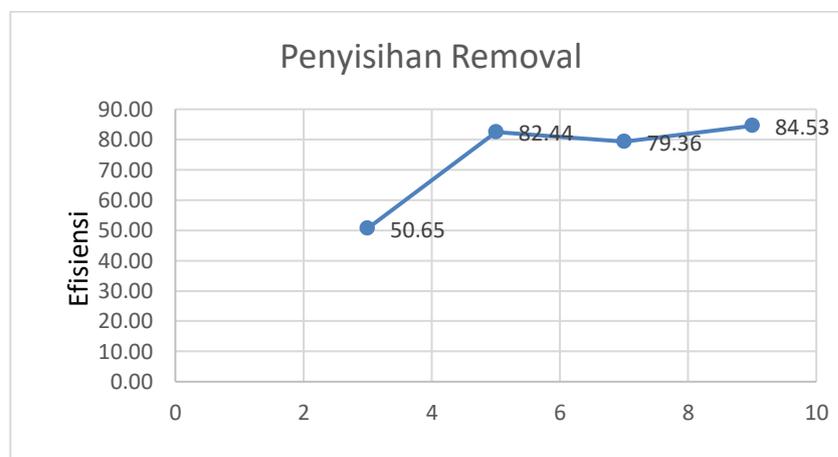
### 4.3.2 Hasil Uji Variasi pH Optimum

Proses adsorpsi pengujian pH adalah hal yang penting dilakukan yang dapat mempengaruhi proses terjadi penyerapan ion logam  $Cd^{2+}$  oleh adsorben kulit buah naga. Pada penelitian ini menggunakan variasi pH 3, 5, 7 dan 9 dengan konsentrasi larutan  $Cd^{2+}$  sebanyak 30 ppm. Hasil pengujian pH optimum dapat dilihat pada Tabel 4.2 dan Gambar 4.4 berikut :

Tabel 4.2 Hasil Uji Variasi pH Larutan Optimum

pH	$c_0$ $Cd^{2+}$ (mg/l)	$C_e$ $Cd^{2+}$ (mg/l)	Efisiensi Penyisihan Logam $Cd^{2+}$ (%)
3	3.244	1.601	50.65
5	2.773	0.487	82.44
7	1.628	0.336	79.36
9	0.976	0.151	84.53

Efisiensi penyisihan ion logam kadmium pada kondisi optimum terhadap variasi pH dapat dilihat pada gambar berikut :



*Gambar 4.4 Grafik Hasil Uji Variasi pH Larutan Optimum*

*(massa = 0,03 gram; Co= 30 ppm; V = 25 mL; t = 120 menit)*

Dari hasil analisa dan perhitungan yang terdapat dalam Tabel 4.2 dan grafik efisiensi penyisihan ion logam  $Cd^{2+}$  pada Gambar 4.4, dapat diamati bahwa pH optimal untuk penyerapan ion logam  $Cd^{2+}$  menggunakan limbah kulit buah naga merah yaitu pada pH 5, konsentrasi awal 27,73 ppm, pengadukan dilakukan pada kecepatan 150 rpm selama waktu kontak 120 menit, dan massa adsorben sebanyak 30 mg, dan didapat hasil efisiensi penyisihan ion logam sebesar 82.44%.

Pada Gambar 4.4 pH terendah adalah pH 3 dikarenakan penyerapan jumlah ion Cd(II) relatif kecil yaitu 50.65% dengan konsentrasi awal 32.44 ppm. Hal ini dapat terjadi karena di pH rendah ion  $H^+$  berkompetisi dengan kation logam  $Cd^{2+}$  dengan tujuan berikatan dengan gugus aktif di adsorben, sehingga ada beberapa bagian yang melepas ion  $H^+$  dan  $Cd^{2+}$ . Untuk pH 7 atau pH netral dengan konsentrasi awal 16,28 ppm, pada pH ini logam Cd(II) di efisiensi penyisihan logam berat kadmium adalah 79.36% dikarenakan pada pH ini kemampuan adsorpsi di logam kadmium relatif tinggi karena peningkatan pH akan mempengaruhi kemampuan adsorpsi. Pada pH 9 mendapatkan efisiensi removal yang tinggi, hal ini terjadi karena peryisihan logam Cd tersebut bukan karena proses adsorpsi yang terjadi akan tetapi adanya pengendapan pada logam kadmium karena endapan tertahan oleh kertas filter pada saat penyaringan dan terjadi pembentukan kompleks hidroksil yang dapat larut dari ion logam, sehingga mengakibatkan ion logam tidak mampu mengikat pada gugus aktif yang ada pada adsorben (Ahmad, dkk., 2009). Menurut penelitian dari Hawari dan Mulligan (2006) ion logam Cd(II) mengendap pada pH 8,5-9.

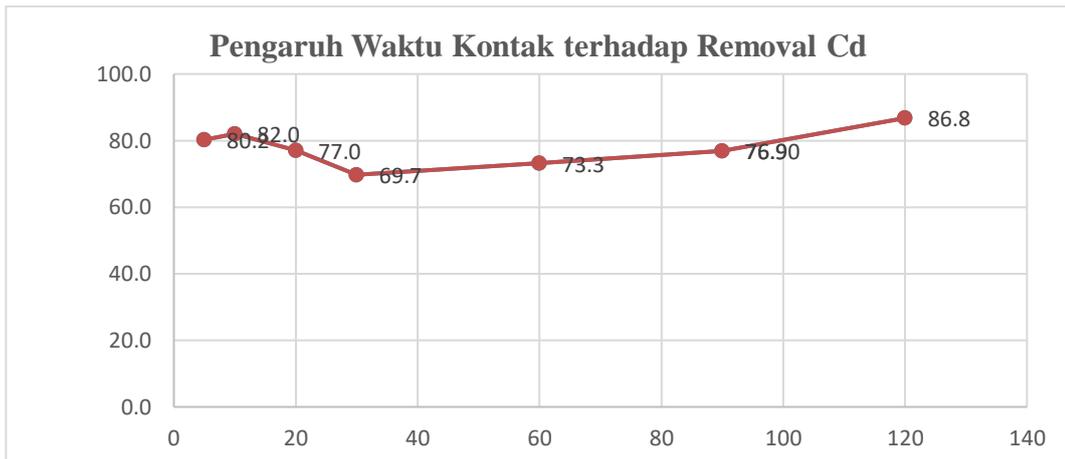
### **4.3.3 Hasil Uji Variasi Waktu Kontak Optimum**

Pengujian waktu kontak bertujuan untuk mengidentifikasi berapa lama waktu yang optimal dalam mereduksi kadar Cd hingga mencapai titik keseimbangan. Dosis adsorben yang digunakan yaitu 30 mg/L dan variasi pH yang digunakan adalah 5. Uji variasi waktu kontak menggunakan larutan kadmium 25 m/L dengan konsentasi 29.08 ppm, diaduk menggunakan orbital shaker kecepatan 150 rpm, dengan variasi waktu kontak

selama 5, 10, 20, 30, 60, 90, dan 120 menit. Untuk hasil uji variasi waktu kontak adsorben dapat dilihat pada berikut ini:

Tabel 4.3 Hasil Uji Variasi Waktu Kontak Adsorben Optimum

Waktu	Konsentrasi awal (Co) Cd <sup>2+</sup> (mg/l)	Konsentrasi Akhir (Ca) Cd <sup>2+</sup> (mg/l)	Efisiensi Penyisihan logam Cd <sup>2+</sup> (%)
5	26.6	5.270	80.2
10	26.6	4.795	82.0
20	26.6	6.115	77.0
30	26.6	8.050	69.7
60	26.6	7.115	73.3
90	26.6	6.145	76.9
120	26.6	3.520	86.8



Gambar 4.5 Grafik Hasil Uji Variasi Waktu Kontak Adsorben Optimum

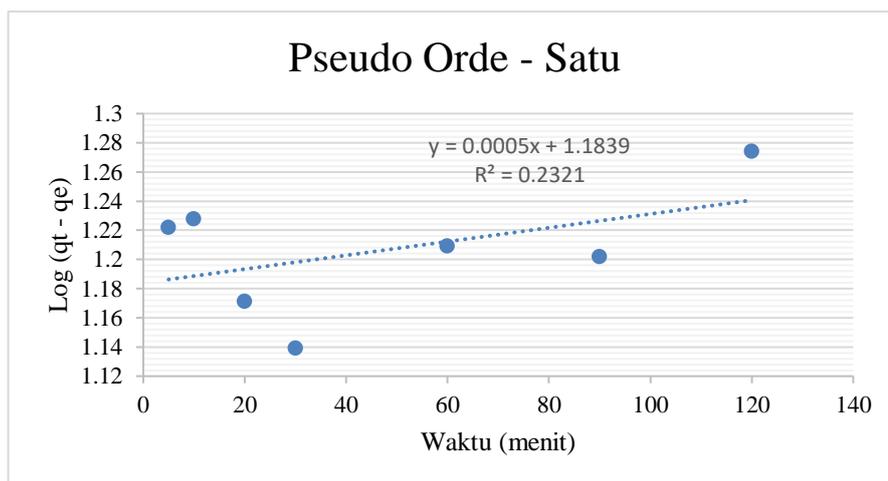
Dari penelitian pada variasi waktu kontak menunjukkan bahwa terjadi peningkatan efisiensi penyisihan logam Cd pada awal waktu kontak yaitu pada menit ke 5 dengan efisiensi penyisihan 80,2% dan menit ke 10 yaitu 82% dan kemudian terjadi penurunan dimulai pada menit ke 20 hingga ke menit 90 dan terjadi kenaikan pada menit ke 120 dengan efisiensi removal 86.8%. Penyerapan ion logam dari larutan akan meningkat ketika waktu kontak terjadi dalam waktu yang lama. Pada tahap awal waktu kontak, proses penyerapan terjadi dengan cepat karena frekuensi terjadinya ikatan dengan adsorben cukup tinggi. Saat waktu kontak ditambah, jumlah molekul adsorbat yang terikat pada permukaan adsorben akan bertambah sampai mencapai titik

keseimbangan (Zian dkk., 2016). Maka waktu kontak optimum yang digunakan untuk variasi selanjutnya adalah 120 menit.

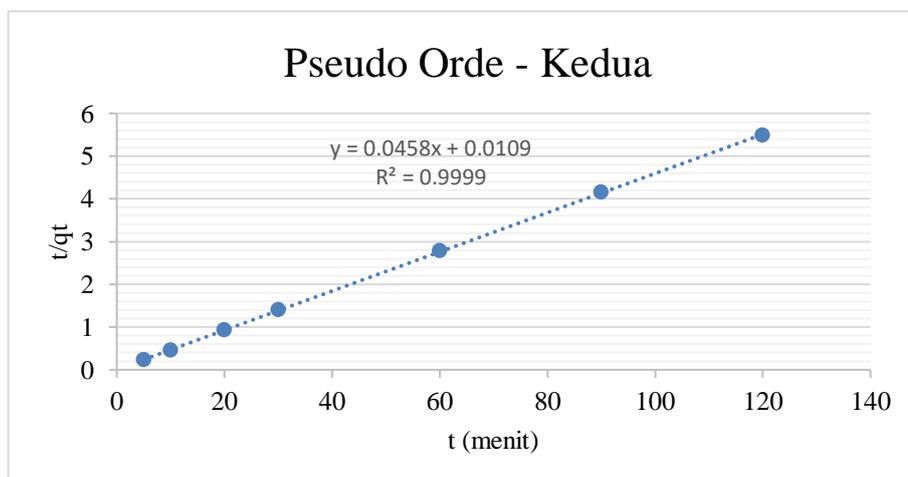
#### 4.3.4 Kinetika Adsorpsi

Kinetika adsorpsi adalah fungsi waktu yang dimana waktu kontak menjadi dasar awal untuk mengetahui kinetika adsorpsi ion logam  $Cd^{2+}$ . Kinetika adsorpsi digunakan untuk mengetahui bagaimana mekanisme penyerapan yang berlangsung pada adsorben kulit buah naga. Kinetika adsorpsi dapat diketahui menggunakan persamaan *pseudo-first order* dan *pseudo-second order*.

Hasil penentuan mekanisme adsorpsi logam  $Cd^{2+}$  menggunakan model *pseudo-first order* dan *pseudo-second order* dapat dilihat pada gambar 4.6 dan 4.7 dibawah ini:



Gambar 4.6 Grafik Model Kinetika Adsorpsi Orde Satu



Gambar 4.7 Grafik Model Kinetika Adsorpsi Orde Dua

Konstanta laju adsorpsi yang disebut  $K_1$  (dalam satuan  $\text{menit}^{-1}$ ), diperoleh dengan membandingkan persamaan linear yang dihasilkan dengan persamaan orde satu. Di sisi lain, nilai konstanta laju orde dua yang disebut juga  $K_2$  (dalam satuan  $\text{g/mg.menit}$ ) diperoleh dengan membandingkan hasil dengan persamaan orde dua (Febrianto dkk., 2009) (Wahyudianto, 2016). Grafik orde satu digambar dengan menginterpretasikan data percobaan yang menghubungkan  $\log(q_e - q_t)$  dengan waktu atau  $t$  (dalam satuan menit). Untuk grafik orde dua digunakan untuk menjelaskan hasil uji yang menghubungkan  $t/q_t$  dengan waktu. Hasil perhitungan dari setiap konstanta kinetika ini disajikan dalam Tabel 4.4 berikut ini.

Tabel 4.4 Hasil Analisis Kinetika Adsorpsi  $\text{Cd}^{2+}$

Co (mg/l)	Pseudo-first order			Pseudo-second order		
	qe	K1	R <sup>2</sup>	qe	K2	R <sup>2</sup>
26.60	3.2671	1.1839	0.2321	91.7431	0.0109	0,9999

Sumber : Data primer, 2023

Dari analisis kinetika adsorpsi yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan bahwa reaksi adsorpsi dalam larutan  $\text{Cd}^{2+}$  sesuai dengan model kinetika pseudo-orde satu dan pseudo-orde dua. Konstanta laju kinetika yang dihitung melalui regresi linear data adalah ( $K_1$ ) untuk model orde satu dan ( $K_2$ ) untuk model orde dua dan nilai koefisien determinasi atau  $R^2$  adalah 0,2321 untuk model orde satu dan 0,999 untuk model orde dua. Hasil ini menunjukkan bahwa model kinetika pseudo-orde dua dengan sangat baik yakni mendekati 1 yang menjelaskan hubungan antara perubahan konsentrasi dan waktu dalam proses adsorpsi. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa perubahan konsentrasi  $\text{Cd}^{2+}$  dalam proses adsorpsi dapat dijelaskan dengan sangat baik menggunakan model kinetika pseudo-orde kedua.

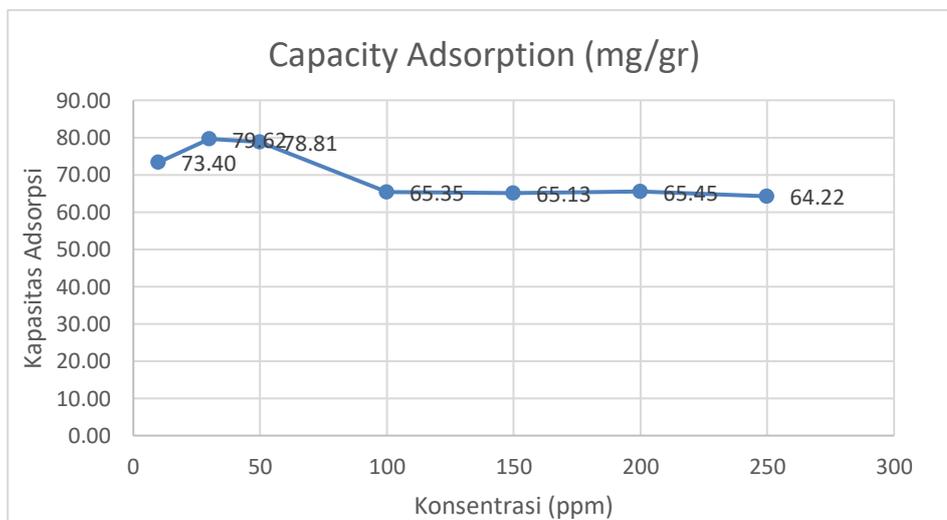
### 4.3.5 Hasil Uji Variasi Konsentasi Optimum

Uji variasi ini untuk mengetahui reaksi adsorpsi kulit buah naga pada logam Cd pada konsentrasi yang berbeda agar dapat diketahui kemampuan maksimal penyerapan logam Cd pada adsorben kulit buah naga. Variasi konsentrasi logam Cd yang digunakan adalah 10, 30, 50, 100, 150, 200, dan 250 ppm dan menggunakan adsorben kulit buah naga yang teraktivasi KOH. Pengujian ini menggunakan variasi massa adsorben 30 mg, pH 5, waktu kontak 120 menit, dan kecepatan pengadukan 150 rpm serta volume larutan 25 ml. Hasil Uji Variasi Konsentrasi Larutan Optimum dapat dilihat pada tabel 4.5 dibawah ini:

Tabel 4.5 Hasil Uji Variasi Konsentrasi Larutan Optimum

Konsentrasi Rencana	Konsentrasi awal (Co) Cd <sup>2+</sup> (mg/l)	Konsentrasi akhir (Ce) Cd <sup>2+</sup> (mg/l)	Efisiensi Removal Logam Cd <sup>2+</sup> %	Kapasitas Adsorpsi (qe)
10	15.79	4.200	73.40	5.80
30	26.60	5.420	79.62	10.59
50	47.52	10.070	78.81	18.73
100	109.69	38.010	65.35	35.84
150	164.69	57.432	65.13	53.63
200	193.16	66.732	65.45	63.21
250	244.65	87.528	64.22	78.56

Gambar 4.8 Grafik Hasil Uji Variasi Konsentrasi Larutan Optimum



Hasil penelitian pada uji variasi konsentrasi dapat dilihat pada tabel 4.5 dan grafik gambar 4.8 yang menunjukkan bahwa efisiensi penyisihan mengalami penurunan seiring bertambahnya konsentrasi pada larutan kadmium. Fenomena ini menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi ion kadmium, efisiensi penyerapan menjadi lebih rendah karena kemampuan penyerapan terhadap ion kadmium telah mencapai batas maksimal yaitu pada variasi konsentrasi di 30 mg, hal ini diperkuat oleh penelitian dari Isna dkk. bahwa adsorben yang telah mencapai batas optimum dalam penyerapan ion logam maka akan membuat ikatan antar partikel adsorben dan adsorbat terlepas (Isna S, Mayang A, & Hetty A. Kartini, 2011).

#### 4.3.6 Perbandingan Kapasitas Adsorben Aktivasi dan Non Aktivasi

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui perbandingan antara adsorben non aktivasi dengan adsorben yang teraktivasi dengan KOH dengan menggunakan kondisi optimum dari hasil variasi massa, pH, waktu dan konsentrasi terhadap larutan Cd. Pengujian perbandingan adsorben dapat dilihat pada tabel 4.5 sebagai berikut.

Tabel 4.6 Hasil Uji Kapasitas Adsorben Aktivasi dan Non Aktivasi

Sampel	Conc. (µg/mL) Cd <sup>2+</sup>	Konsentrasi awal (ppm)	Fp	Konsentrasi akhir Cd <sup>2+</sup> (ppm)	Efisiensi Removal Logam Cd <sup>2+</sup> (%)
Aktivasi	0.094	28.40	10	0.940	96.69
Non aktivasi	0.661			6.610	76.73

Hasil dari pengujian kapasitas adsorben kulit buah naga yang teraktivasi dan non aktivasi terhadap penyerapan logam Cd pada tabel diatas menunjukkan bahwa adsorben yang teraktivasi dengan KOH dengan konsentrasi awal 28.40 dan konsentrasi akhir 0.940 ppm dengan efisiensi removal sebesar 96.69%, sedangkan untuk adsorben non aktivasi dengan konsentrasi awal yang sama dan konsentrasi akhir 0.661 dengan efisiensi removal sebesar 76.73. Dapat disimpulkan bahwa adsorben teraktivasi dengan KOH lebih efektif dengan efisiensi removal 96.69%, dan

hasil ini dapat menjadi alternatif untuk menyisihkan logam kadmium di air limbah, contohnya pada air limbah batik.

#### 4.4 Uji Adsorben Kulit Buah Naga Pada Limbah Cair Batik

Pengujian logam Cd pada limbah cair dilakukan dengan kondisi optimum adsorben kulit buah naga yang sudah dilakukan pada variasi sebelumnya. Pengujian adsorben kulit buah naga dalam menyerap logam Cd pada limbah cair batik dapat dilihat pada Tabel 4.7 berikut:

Tabel 4.7 Tabel Hasil Uji Adsorben Kulit Buah Naga Pada Limbah Cair Batik

Sampel	Conc. ( $\mu\text{g/mL}$ ) Cd <sup>2+</sup>	Konsentrasi awal	Konsentrasi akhir Cd <sup>2+</sup>	Efisiensi Removal Logam Cd <sup>2+</sup> %
Aktivasi	0.004	0.65	0.004	99.38
Non aktivasi	0.078		0.078	88.00

Dari hasil uji adsorpsi kulit buah naga terhadap logam Cd yang terkandung dalam limbah cair batik yaitu pada adsorben yang teraktivasi dengan konsentrasi awal 1.91 dan konsentras akhir 0.004 didapatkan efisiensi removal sebesar 99.79% dan yang tidak diaktivasi dengan konsentrasi awal yang sama dan konsentrasi akhir 0.078 dengan efisiensi removal sebesar 95.79 %. Dapat disimpulkan bahwa adsorben kulit buah naga yang teraktivasi dengan KOH lebih efektif untuk menyisihkan logam Cd pada limbah batik dengan efisensi removal sebesar 99.79%.

#### 4.5 Penentuan Model Isoterm Adsorpsi

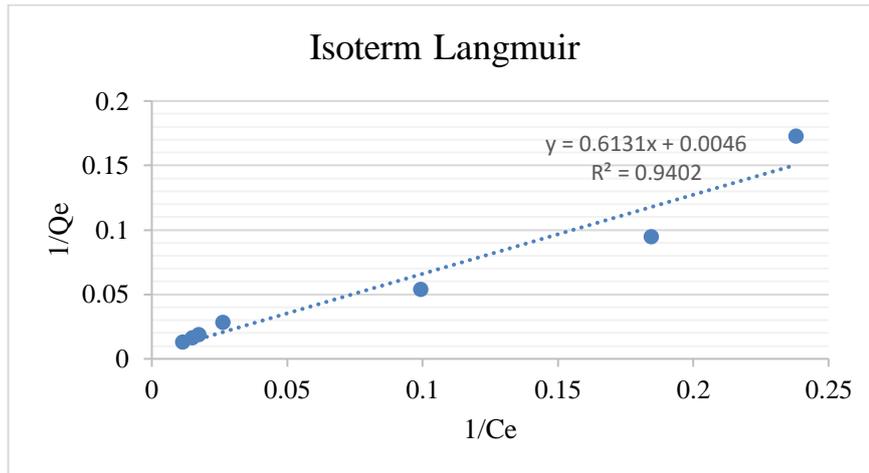
Pada proses adsorpsi ion logam berat kadmium (Cd) oleh adsorben dapat dianalisis melalui pendekatan model isotherm yang bertujuan untuk memahami keterkaitan antara jumlah ion logam yang terdapat pada permukaan adsorben dengan berbagai variasi konsentrasi. Penggunaan model isoterm ini bertujuan untuk mengetahui kapasitas penyerapan adsorben, sehingga mekanisme adsorpsi dapat dievaluasi.

Analisis kapasitas adsorpsi dapat dilakukan dengan membandingkan model Langmuir dan model Freundlich. Dalam penggunaan model Langmuir, perhitungan dilakukan terhadap  $1/Q_e$  dan dibandingkan dengan invers dari  $C_e$  ( $1/C_e$ ), sedangkan pada model Freundlich, perhitungan dilakukan terhadap  $\log Q_e$  yang kemudian dibandingkan dengan  $\log C_e$ . Selanjutnya, diperoleh nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) pada masing-masing model isoterma Langmuir dan Freundlich. Nilai  $R^2$  tertinggi adalah yang mendekati nilai 1, yang kemudian digunakan untuk menentukan slope dan intersep yang memiliki hubungan dengan kapasitas adsorpsi pada kulit buah naga. Perbandingan nilai slope, intersep, dan  $R^2$  pada masing-masing model dapat ditemukan dalam Tabel 4.8 berikut.

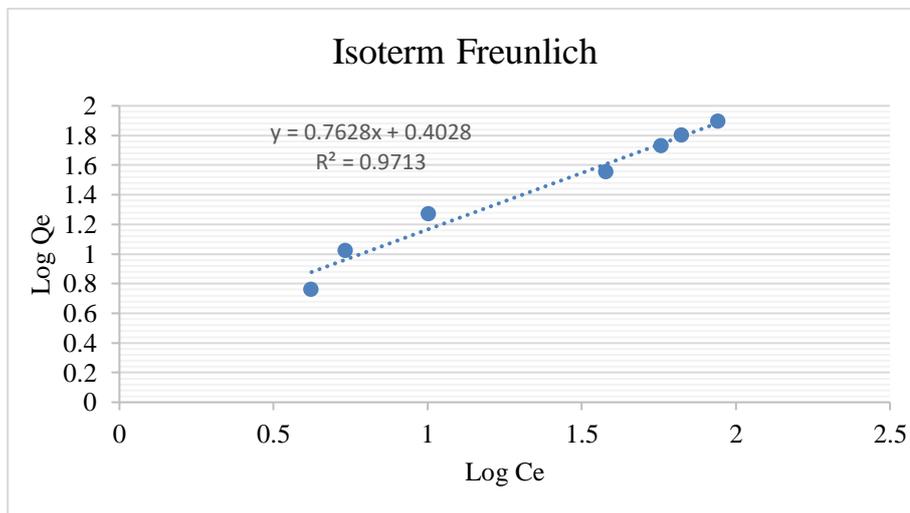
Tabel 4.8 Perbandingan Nilai  $R^2$  pada Model Isoterm Langmuir dan Freundlich

PERBANDINGAN		
Model Isoterm	Indikator	Nilai
Langmuir	Qo/slope	0.6131
	n/intersep	0.0046
	Qmax	217.391304
	KL	0.00750285
	RL	0.03225026
	R2	0.9402
Freunlich	slope	0.7628
	intersep	0.4028
	1/n	0.7628
	Kf	2.52813348
	R2	0.9713

Pada analisis kesetimbangan adsorpsi menggunakan model Langmuir didapatkan nilai  $R^2 = 0,9402$  dengan persamaan  $y = 0,6131x + 0,0046$ , sehingga dapat diperoleh kemampuan adsorben kulit buah naga dengan  $Q_{max}$  sebesar = 217.391304 mg/g. Grafik model isoterm Langmuir dan Freundlich dapat dilihat pada gambar 4.9 dan 4.10 dibawah ini:



Gambar 4.9 Grafik Model Isoterm Langmuir



Gambar 4. 10 Grafik Model Isoterm Freundlich

Dari hasil perbandingan kedua model isoterm, dapat disimpulkan bahwa isoterm Langmuir dan isoterm Freundlich dapat digunakan dalam mengidentifikasi kapasitas adsorpsi menggunakan serbuk kulit buah naga, pengujian persamaan adsorpsi Langmuir dan Freundlich dapat dilihat dengan grafik diatas yang baik dan mempunyai nilai koefisien determinasi  $R^2$  mendekati 1. Dari hasil data diatas dapat disimpulkan bahwa persamaan isoterm Freundlich yang menghasilkan nilai  $R^2$  lebih besar yaitu 0,9713, nilai slope pada isoterm Freundlich yaitu 0,7628 dan nilai intersep yaitu 0,4028 didapatkan nilai KF yaitu 2.52813 yang menunjukkan bahwa berada pada rentang 0 hingga 1. Hasil isoterm Freundlich dapat lebih

mendekati nilai 1 dibandingkan dengan Langmuir karena keduanya adalah model matematis yang menggambarkan adsorpsi molekul pada permukaan adsorben dengan cara yang berbeda. Perbedaan ini dapat terjadi karena sifat adsorpsi yang kemungkinan berbeda. Isoterm Freundlich juga adalah tipe eksperimental/empiris untuk mendeskripsikan proses adsorpsi non ideal pada permukaan yang heterogen contohnya karena perbedaan gugus fungsi pada permukaan suatu adsorben. Permukaan adsorben bersifat heterogen jika nilai  $1/nF$  mendekati nol.

## **BAB V SIMPULAN DAN SARAN**

### **5.1 Simpulan**

Berdasarkan hasil dari penelitian yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil kondisi optimum dengan menggunakan metode batch pada variasi massa adsorben 20 mg dengan pH 5, waktu kontak 120 menit dan konsentrasi logam Cd (II) sebesar 30 mg/l dengan volume larutan kadmium yang digunakan 25 ml dalam kecepatan pengadukan 150 rpm.
2. Limbah kulit buah naga merah efektif digunakan sebagai adsorben dalam penyisihan logam berat Cd (II) di dalam air, di mana adsorben yang terbuat dari limbah kulit buah naga merah yang teraktivasi dengan kalium hidroksida (KOH) menunjukkan kemampuan yang baik dalam proses adsorpsi pada ion logam kadmium dengan efisiensi removal adsorben sebesar 96.69%.

### **5.2 Saran**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, adapun saran yang dapat diberikan dari hasil penelitian ini adalah:

1. Untuk penelitian selanjutnya dapat melakukan variasi dengan penggunaan air limbah asli bukan sintetis atau buatan dan dapat diaplikasikan langsung pada pengujian air limbah hasil industri.
2. Untuk penelitian selanjutnya dapat mengeksplorasi potensi penggunaan adsorben kulit buah naga, seperti dalam pengolahan air minum yang terkontaminasi oleh logam berat.
3. Untuk penelitian selanjutnya dapat digunakan logam lain selain logam Cd (II) pada penelitian ini dengan tujuan untuk melihat sejauh mana adsorben kulit buah naga efektif dalam menyisihkan logam yang berbeda.

4. Untuk penelitian selanjutnya, saat pengujian di laboratorium perlu untuk memperhatikan ketelitian serta kebersihan alat yang akan digunakan pada waktu pengujian agar meminimalkan data yang tidak akurat dalam pembacaan sampel yang di uji.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, A., Rafatullal, M., Sulaiman, O., Ibrahim, M.H., Chii, Y.Y., and Siddique, B.M., 2009, Removal of Cu(II) and Pb(II) ions from aqueous solutions by adsorption on sawdust of Meranti wood, *Desalination*, 250: 300-310.
- Almeida, J. A., Barreto, R. E., Novelli, L. B., Castro, F. J., and Moron, S. E., 2009. Oxidative Stress Biomarkers and Aggressive Behavior in Fish Exposed to Aquatic Cadmium Contamination. *Neotropical Ichthyology*, Vol 7, pp. 103-108, 2009.
- Anasthasia Maullyana Tanasal, 2015. Biosorpsi Ion Logam Cd(II) Oleh Kulit Buah Naga (*Hylocereus polyrhizus*). Makassar: Jurusan Kimia Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin
- Anggriana, Dwi. 2011. Analisis Cemaran Logam Berat Timbal (Pb) dan Cadmium (Cd) pada Air Sumur di Kawasan PT. Kimia dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). Skripsi. Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.
- Anwar, J., Shafique,U., Waheed- uz -Zaman,Salman,M., Dar, A., & Anwar, S. (2010). Penghilangan Pb(II)dan Cd(II) dari air dengan adsorpsi pada kulit oFpisang. *Sumberdaya hayati Teknologi*, 101 (6), 1752 – 1755.<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.10.021>
- Apriliani, A., 2010. Pemanfaatan Arang Ampas Tebu Sebagai Adsorbent Ion Logam Cd, Cr, Cu, Pb dalam Air Limbah. Skripsi. Program Studi Kimia. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah, Jakarta.
- Bailey, S.E., Olin, T.J., Bricka, R.M., and Adrian, D.D., 1999, A Review of Potentially Low-Cost Sorbents for Heavy Metals, *Water Res.*, 33(11): 2469-2479.
- Bansal, R. C. and Goyal, M. (2005). Activated Carbon Adsorption. New York: CRC Press.

- Durán-Valle, C.J. 2012. Techniques Employed in the Physicochemical Characterization of Activated Carbon. Universidad de Extremadura, Spain.
- Febrianto, J., Kosasih, A.N., Sunarso, J., Ju, Y-H., Indraswati, N., dan Ismadji, S. 2009. Equilibrium and Kinetic Studies in Adsorption of Heavy Metals Using Biosorbent: A Summary Of Recent Studies. *J Hazard Mater.* 162(2–3). 616–645.
- Fernandez, R. Benny., 2011. Spektroskopi Infra Merah dan Sinar Tampak. Padang: Universitas Andalas.
- Giyatmi. 2008. Penurunan Kadar Cu, Cr dan Ag Dalam Limbah Cair Industri Perak di Kotagede Setelah Diadsorpsi Dengan Tanah Liat Dari Daerah Godean. Seminar Nasional SDM Teknologi Nuklir Yogyakarta, 25-26 Agustus. pp. 99-106.
- Hawari, A.H., and Mulligan, C.N., 2006, Biosorption of Lead(II), Cadmium(II), Copper(II), and Nickel(II) by Anaerobic Granular Biomass, *Bioresour. Technol.* 97: 692-700.
- Herwanto, B., & Santoso, E. (2006). Adsorpsi ion logam Pb(II) pada membran selulosakhitosan terikat silang. Paper presented at the Makalah pada seminar nasional kimia VIII, Surabaya.
- Isna S, Mayang A, & Hetty A. Kartini, 2011. Analisis Variasi Waktu Dan Kecepatan Pengaduk Pada Proses Adsorpsi Limbah Logam Berat Dengan Arang Aktif. *Info Teknik*, Volume 12 No. 1 : 14
- Istarani, F., Ellina,S., Pandabesie.2014.Studi Dampak Arsen (As) dan Cadmium (Cd) terhadap Penurunan Kualitas Lingkungan.*Jurnal Teknik POMITS* Vol 3 No,1.ISSN 2337-3539.
- Jaafar, A.R, dkk. (2009). Proximate Analysis of Dragon Fruit (*Hylocereus polyrhizus*). *American Journal of Applied Science*, 6, 1341-1346
- Jamilah, B., Shu, C.E., Kharidah, M., Dzhulkify, M.A., Noranizan, A., 2011, Physico- chemical characteristics of red pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) peel, *International Food Research Journal*, 2011, **18**(1): 279-286.

- Jasem, N.A, (2015). Pemindahan dari Tembaga(II) dan Ion Kadmium(II) dari Larutan Berair Menggunakan Kulit Pisang dan Tanah Liat Bentonit sebagai Adsorben. *Jurnal dari Rekayasa Dan Pengembangan*, 19 (4), 49 – 68
- Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah. Jakarta: Sekretariat Lingkungan Hidup
- Kurniawan R, Lutfi M, Nugroho WA. Karakterisasi Luas Permukaan Bet (Braunear, Emmelt, dan Teller) Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa dan Tanda Kosong Kelapa Sawit dengan Aktivasi Asam Phospat ( $H_3PO_4$ ). *Jurnal Keteknik Pertanian Tropis dan Biosistem*. 2014; 2(1): hal. 15-20.
- Laurencia, E. dan Tjandra, O. (2018). Identifikasi Senyawa Kimia Ekstrak Metanol Buah Naga Merah (*hylocereus polyrhiz* ) dengan Kromatografi Gas. 1(1): 67–73.
- Mallampati, R., 2013, *Biomimetic Synthesis Of Hybrid Materials For Potential Applications*, A Thesis unpublished, Department Of Chemistry National University Of Singapore, Singapore.
- Manahan, Stanley E. (2000). *Environmental Science, Technology and Chemistry*. Boca Raton: CRC Press LLC.
- Marella. S. D. 2019. "Artikel Review : Adsorpsi Zat Warna menggunakan Material Anorganik". Dep. Kim. Fak. Ilmu Alam, Inst. Teknol. Sepuluh Nop., no. August, pp. 1–8.
- Mega Octaviani Dewi, 2016. Pemanfaatan Daun Matoa (*Pometia Pinnata*) Sebagai Adsorben Ion Logam Kadmium (Cd) Dalam Air Menggunakan Aktifator Asam Sitrat ( $C_6H_7O_8$ ). Yogyakarta: Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta
- Mu'jizah, S. 2010. Pembuatan dan Karakteristik Karbon Aktif dari Biji Kelor (*Moringa leifera Lamk*) dengan NaCl sebagai Bahan Pengaktif. Malang. UIN Maulana Malik Ibrahim
- Mudgal, V., Madaan N., Mudgal A., Singh R.B. and S. Mishra. 2010. Effect Of

Toxic Metals On Human Health. 1876-3960/10 Bentham on Human Health.  
The Open Nutraceuticals Journal Volume 3: 94–99

Nurfitriani N., dkk. Akta Kimia Indonesia, 2019. Akta Kimindo Vol. 4(1), 2019:  
75-85

Oktaviani, E. P., E. Purwijatiningsih, dan F. S. Pranata. 2014. Kualitas dan  
Aktivitas Antioksidan Minuman Probiotik dengan Variasi Ekstrak Buah  
Naga Merah (*Hylotreces polyrhizus*). Jurnal Teknobiologi 1(1):1-15.

Oktiarni, D., Ratnawati, D., & Anggraini, D. Z. (2012). Pemanfaatan Ekstrak  
Kulit Buah Naga Merah (*Hylocereus polyrhizus* sp.) Sebagai Pewarna dan  
Pengawet Alami Mie Basah. GRADIEN, 8(2), 819-824.

Palar, H. 2004. Pencemaran Dan Toksikologi Logam Berat. Jakarta: Rineka Cipta  
Peraturan Daerah Istimewa Yogyakarta. Perda No 7 Tahun 2016 Tentang Baku  
Mutu Air Limbah. 2016

Gomez-Serrano, V., Pator-Villegas, J., Perez Florindo, A., Duran-Valle, C. &  
Valenzuela Calahorra, C. (1996). FT-IR Study of Rockrose and of Char  
and Activated Carbon. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. 3: 71-  
80.

Sudirjo, E. (2005). Penentuan Distribusi Benzen Toluene pada Kolom Adsorpsi  
Fixed Bed Carbon Active. Jakarta: Jurusan Teknik. Fakultas Teknik.  
Universitas Indonesia.

Teknologi, U., & Perlis, M. (2013). Adsorption Process of Heavy Metals by  
Low-Cost Adsorbent: A Review Department of Chemical and  
Environmental Engineering , Faculty of Engineering , Department of  
Chemistry , Faculty of Applied Science ,. 28(11), 1518–1530.  
<https://doi.org/10.5829/idosi.wasj.2013.28.11.1874>

Tiwow, V.A., Rampe, M.J., Rampe, H.L. dan Apita, A. 2021. Pola Inframerah  
Arang Tempurung Kelapa Hasil Pemurnian Menggunakan Asam.  
Chemistry Progress. 14(2). 116–123.

- Viera, B.H.S.F dan B. Volesky, 2000, Biosorption: Solution to Pollution, *Intenatl. Microbiol.*, 3, 17-24.
- Volesky, B., 2001, Detoxification of metal-bearing effluents. Biosorption for the next centry, *Hydrometallurgy*, 59(2): 203–216.
- Wahyudianto, F. E. 2016. Studi Pemanfaatan Limbah Cangkang Kerang Darah (Anadara Granosa) sebagai Adsorben Pb 2+ , Cu 2+ , Dan Zn 2+. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya
- Waseem, S., Din, M. I., Nasir, S., & Rasool, A. (2014). Evaluation of *Acacia nilotica* as a non conventional low cost biosorbent for the elimination of Pb(II) and Cd(II) ions from aqueous solutions. *Arabian Journal of Chemistry*, 7(6), 1091–1098. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2012.03.020>
- Wong, W.W., Abbas F.M.A., Liong, M.T., Azhar, M.E., 2008, Modification of Durian Rind Pectin for Improving Biosorbent Ability, *International Food Research Journal* 15(3), 363-365
- Wu, L. C., Hsu, H. W., Chen, Y., Chiu, C. C., and Ho, Y. I., 2006, Antioxidant and Antiproliferative Activities of Red Pitaya, *Food Chemistry Volume*, 95 : 319-327
- Zian, Ulfin I, & Harmami. 2016. Pengaruh Waktu Kontak pada Adsorpsi Remazol Violet 5R Menggunakan Adsorben Nata de Coco. Surabaya: InstitutTeknologi Surabaya

# LAMPIRAN

## LAMPIRAN A

### ALAT DAN BAHAN

#### A.1 Alat

1. *Anatomic Adsorption Spectroscopy (AAS)*
2. *Frouier Transform Infa – Red (FTIR)*
3. *Scanning Electron Microscopy (SEM)*
4. Ayakan 100 mesh
5. Oven
6. Furnace
7. Shaker
8. *Magnetic stirrer plate*
9. Neraca analitik
10. Alat – alat gelas
11. Wadah
12. Mortar
13. Kertas saring
14. Cawan porselen
15. pH universal

#### A.2 Bahan

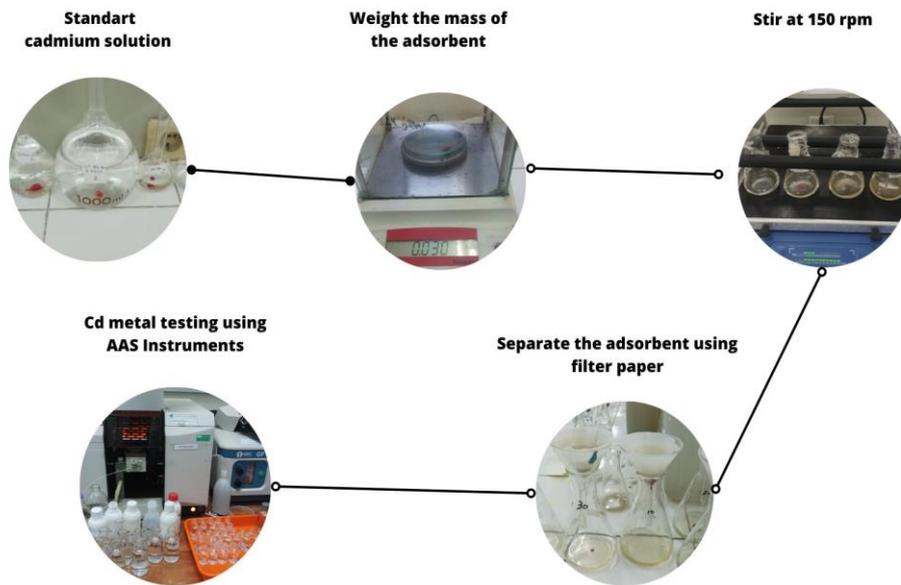
1. Kulit Buah Naga
2. Larutan  $\text{HNO}_3$
3. KOH 0,1 M
4. Larutan NaOH
5. Larutan HCl
6. Larutan  $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$
7. Akudes

## LAMPIRAN B

### PREPARASI ADSORBEN



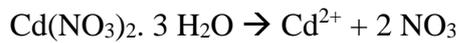
## PROSES ADSORPSI



## LAMPIRAN C

### PEMBUATAN LARUTAN

#### C.1 Pembuatan larutan induk konsentrasi 100 ppm



$$\text{Mr Cd} = 241,6$$

$$\begin{aligned} \text{mol} &= \frac{m}{mr} \\ &= 0,0157 \end{aligned}$$

$$\text{Ar Cd} = 112$$

$$\begin{aligned} \text{Massa} &= \text{mol} \times \text{Ar} \\ &= 0,0157 \times 112 \\ &= \frac{1,76 \text{ gram}}{1000 \text{ mL}} \\ &= 1,760 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 250 \text{ ppm} &= 2,232 \text{ mmol/L} \\ &= 539,285 \text{ mg} \\ &= 0,539 \text{ gram} \end{aligned}$$

#### Pengenceran ke 200 ppm

$$\begin{aligned} V_1 \times M_1 &= V_2 \times M_2 \\ V_1 \times 250 \text{ ppm} &= 100 \text{ mL} \times 200 \text{ ppm} \\ &= 80 \text{ mL} \end{aligned}$$

#### Pengenceran ke 150 ppm

$$\begin{aligned} V_1 \times M_1 &= V_2 \times M_2 \\ V_1 \times 250 \text{ ppm} &= 100 \text{ mL} \times 150 \text{ ppm} \\ &= 60 \text{ mL} \end{aligned}$$

#### Pengenceran ke 100 ppm

$$\begin{aligned} V_1 \times M_1 &= V_2 \times M_2 \\ V_1 \times 250 \text{ ppm} &= 100 \text{ mL} \times 100 \text{ ppm} \\ &= 40 \text{ mL} \end{aligned}$$

#### Pengenceran ke 50 ppm

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

$$\begin{aligned}V_1 \times 250 \text{ ppm} &= 100 \text{ mL} \times 50 \text{ ppm} \\ &= 20 \text{ mL}\end{aligned}$$

**Pengenceran ke 30 ppm**

$$\begin{aligned}V_1 \times M_1 &= V_2 \times M_2 \\ V_1 \times 250 \text{ ppm} &= 1000 \text{ mL} \times 30 \text{ ppm} \\ &= 120 \text{ mL}\end{aligned}$$

**Pengenceran ke 100 ppm**

$$\begin{aligned}V_1 \times M_1 &= V_2 \times M_2 \\ V_1 \times 250 \text{ ppm} &= 100 \text{ mL} \times 10 \text{ ppm} \\ &= 4 \text{ mL}\end{aligned}$$

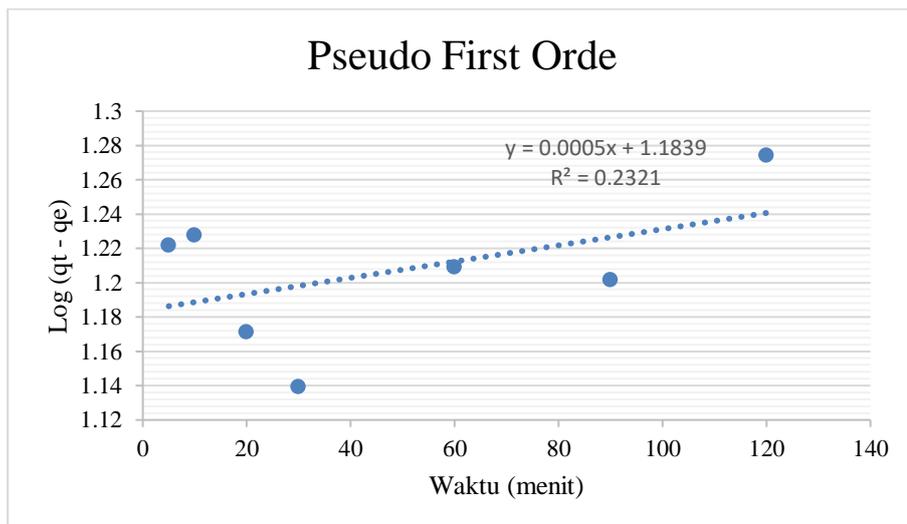
## LAMPIRAN D

### KINETIKA ADSORPSI

Lampiran 6 Perhitungan Kinetika Adsorpsi *Pseudo* Orde – Satu dan *Pseudo* Orde – Dua.

Kinetika Pseudo Orde - Satu						
t (menit)	massa (gr)	C0 (ppm)	V (L)	Ce (ppm)	Qe (mg/g)	
120	0.03	26.60	0.025	0.247	21.96083	
t (menit)	C0 (ppm)	Ce (ppm)	V (L)	qt (mg/g)	Log qt	Log (qt - qe)
5	26.60	5.090	0.025	17.925	1.253459	1.221975741
10	26.60	4.810	0.025	18.15833	1.259076	1.22786762
20	26.60	7.350	0.025	16.04167	1.205249	1.171329037
30	26.60	8.650	0.025	14.95833	1.174883	1.139357939
60	26.60	5.680	0.025	17.43333	1.24138	1.209299232
90	26.60	6.020	0.025	17.15	1.234264	1.201826723
120	26.60	2.470	0.025	20.10833	1.303376	1.274272351

Untuk perhitungan kinetika *pseudo* orde – satu, dilakukan plot waktu (t) terhadap log (qt – qe), sehingga didapatkan persamaan  $y = 0,0005x + 1.1839$  dengan nilai  $R^2 = 0,2321$

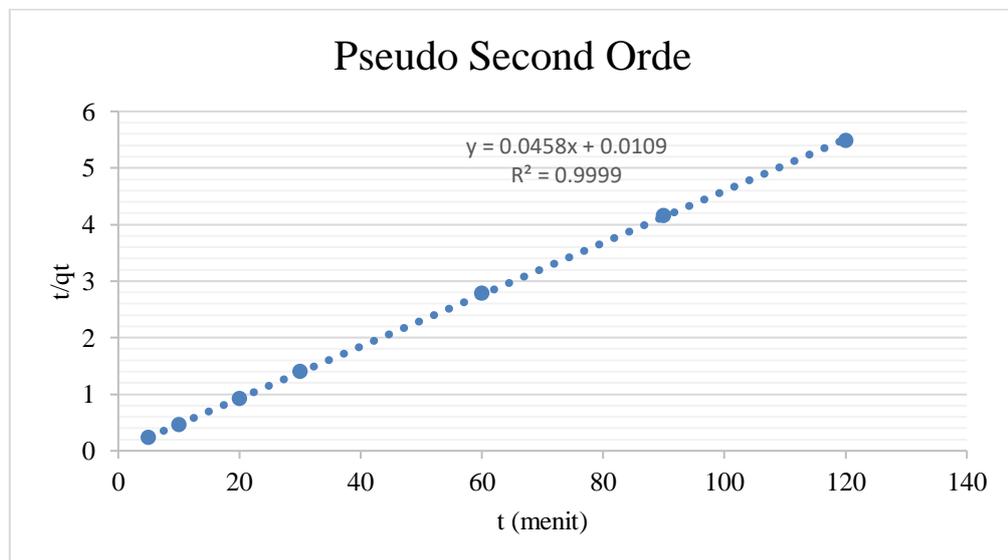


Slope	0.0005
intersep	1.1839
qe	3.2671
Log qe	0.5142
R2	0.2321

### Kinetika Pseudo Orde - Dua

t (menit)	massa (gr)	C0 (ppm)	Ce (ppm)	V (L)	qt (mg/g)	t/qt
5	0.03	26.60	0.527	0.025	21.7275	0.230123116
10	0.03	26.60	0.480	0.025	21.76708	0.459409276
20	0.03	26.60	0.612	0.025	21.65708	0.923485388
30	0.03	26.60	0.805	0.025	21.49583	1.395619306
60	0.03	26.60	0.712	0.025	21.57375	2.781157657
90	0.03	26.60	0.615	0.025	21.65458	4.156164015
120	0.03	26.60	0.352	0.025	21.87333	5.486132277

Perhitungan kinetika *pseudo* orde – dua, dilakukan plot waktu (t) terhadap t/qt, sehingga didapatkan persamaan  $y = 0,0458x + 0,0109$  dengan nilai  $R^2 = 0,9999$



$$\text{Slope} = 0,0458$$

$$\text{Intersep} = 0,0109$$

$$q_e = \frac{1}{0,0109}$$

$$\begin{aligned} &= 91.7431\text{mg/g} \\ qe^2 &= 8416.7999 \text{ mg/g} \\ k_2 &= \frac{1}{8416.79990} \\ R^2 &= 0.9999 \end{aligned}$$

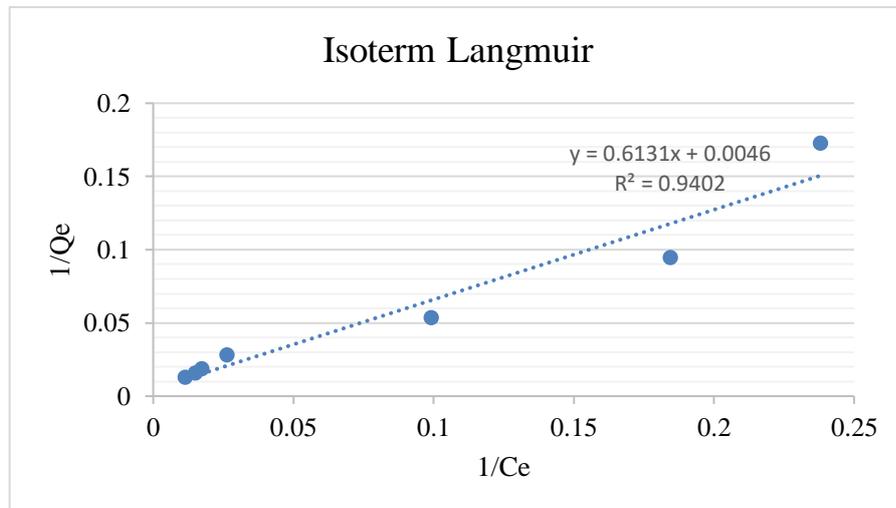
## LAMPIRAN E

### ISOTERM ADSORPSI

#### Lampiran Perhitungan Isoterm Langmuir dan Freunlich

Konsentrasi akhir	Qe (mg/g)	log Qe	C0 (ppm)	Ce (ppm)	Log Ce	Ln Ce	Ce/Qe	1/Qe	1/Ce
4.200	5.795	0.763	15.790	4.200	0.623	1.435	0.725	0.173	0.238
5.420	10.590	1.025	26.600	5.420	0.734	1.690	0.512	0.094	0.185
10.070	18.725	1.272	47.520	10.070	1.003	2.310	0.538	0.053	0.099
38.010	35.840	1.554	109.690	38.010	1.580	3.638	1.061	0.028	0.026
57.432	53.629	1.729	164.690	57.432	1.759	4.051	1.071	0.019	0.017
66.732	63.214	1.801	193.160	66.732	1.824	4.201	1.056	0.016	0.015
87.528	78.561	1.895	244.650	87.528	1.942	4.472	1.114	0.013	0.011

Pehitungan isoterm Langmuir, dilakukan plot 1/Qe terhadap 1/Ce dan didapatkan persamaan  $y = 0,6131x + 0,0046$  dengan nilai  $R_2 = 0,9402$



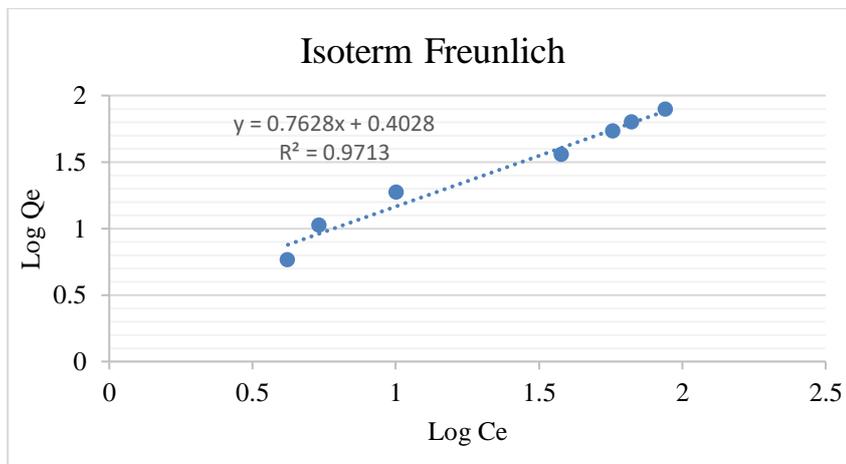
$$\begin{aligned}
 q_{max} &= \frac{1}{\text{intersep}} \\
 q_{max} &= \frac{1}{0,0046} \\
 &= 217.39130 \text{ mg/g} \\
 KL &= \frac{1}{0,6131 \times 217.39130} \\
 KL &= 0.00750
 \end{aligned}$$

$$RL = \frac{1}{1 + C_i + KL}$$

$$RL = 0.032250259$$

LANGMUIR					
Qo/slope	n/intercept	Qmax(mg/g)	KL	RL	R2
0.6131	0.0046	217.39130	0.00750	0.0322503	0.9402

Pehitungan isoterm Freunlich, dilakukan plot log Qe terhadap log Ce dan didapatkan persamaan  $y = 0,4828x + 0,9115$  dengan nilai  $R_2 = 0,9693$



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

$$\frac{1}{n} = \text{slope}$$

$$\frac{1}{n} = 0,7628$$

$$K_f = \text{antilog intercept}$$

$$= 10^{\text{intercept}}$$

$$K_f = 10^{0,502}$$

$$K_f = 2.52813348$$

FREUNLICH				
Slope	intercept	1/n	Kf	R2
0.7628	0.4028	0.76280	2.52813	0.9713

## RIWAYAT HIDUP

Nama penulis adalah M.Ichtiar Pryadi, yang kerab disapa tiar atau @pryaditiar. Lahir dan besar di Dompu, Nusa Tenggara Barat pada tanggal 23 April 2001, yang merupakan putera ketiga dari Bapak Hasbin M.Sidik (Alm) dan Ibu Misdah S.Pd. Mat. Penulis menempuh pendidikan sekolah dasar SDN NO.1 Dompu, kemudian sekolah menengah pertama di SMPN NO.1 Dompu, dan sekolah menengah atas di SMAN 1 Dompu. Di tahun 2019 penulis memulai pendidikan strata 1satu di Universtas Islam Indonesia mengambil program studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Penulis juga aktif dalam organisasi, kepanitian serta UKM yang ada di kampus, seperti menjadi Wali Jamaah pada ospek Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan pada tahun 2020, menjadi staff *research* dalam UKM Zero Waste FTSP UII periode September – Desember 2020 dan berbagai kepanitian lain yang ada di Teknik Lingkungan UII.