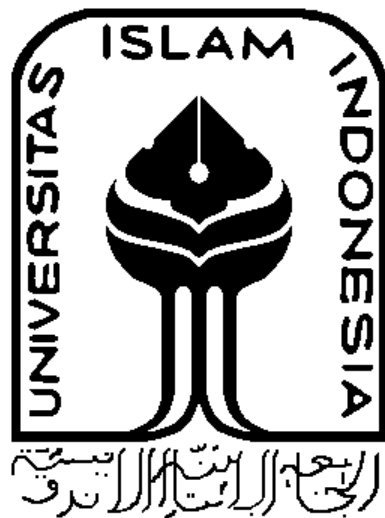


**TUGAS AKHIR**  
**PEMANFAATAN KULIT JERUK MANIS**  
**UNTUK PENYERAPAN KANDUNGAN LOGAM**  
**BERAT Cr (VI) DALAM LARUTAN**

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



**RANGGA PUTRADI AHDIM**  
**19513249**

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**  
**YOGYAKARTA**  
**2023**

**TUGAS AKHIR**  
**PEMANFAATAN KULIT JERUK MANIS**  
**UNTUK PENYERAPAN KANDUNGAN LOGAM**  
**BERAT Cr (VI) DALAM LARUTAN**

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



**RANGGA PUTRADI AHDIM**  
**19513249**

Disetujui,  
Dosen Pembimbing:

**Puji Lestari, S.Si., M.Sc., Ph.D.**  
**NIK. 155130112**  
Tanggal: 17/10/2023

**Ir. Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D.**  
**NIK. 025100406**  
Tanggal: 18/10/2023



Mengetahui,

Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII

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

Tanggal: 21/10/23

**HALAMAN PENGESAHAN**  
**PEMANFAATAN KULIT JERUK MANIS**  
**UNTUK PENYERAPAN KANDUNGAN LOGAM**  
**BERAT Cr (VI) DALAM LARUTAN**

**Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji**


Hari : Kamis  
Tanggal : 19 Oktober 2023

**Disusun Oleh:**

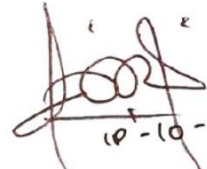
**RANGGA PUTRADI AHDIM**  
**19513249**

**Tim Penguji :**


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

(  )  
( 17-10-2023 )

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

(  )  
( 10-10-2023 )

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

(  )  
( 21-10-23 )

## 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. 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, 17 Oktober 2023

Yang membuat pernyataan,



**Rangga Putradi Ahdim**

NIM: 19513249

## PRAKATA

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur kami panjatkan kahadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, dan inayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir dengan judul “**Pemanfaatan Kulit Jeruk Manis Untuk Penyerapan Kandungan Logam Berat Cr (VI) Dalam Larutan**”, dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Perkenankanlah penulis mengucapkan terimakasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Allah SWT, yang selalu ada dalam setiap langkahku, atas karunia hidayah akal serta fikiran dan atas segala kemudahannya.
2. Bapak **Rudi Purtono** dan Ibu **Normayati** sebagai ayah dan ibu penulis yang selalu memberikan segalanya untuk penulis.
3. Ibu **Puji Lestari, S.Si., M.Sc., Ph.D.** selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan arahan, masukan, dan nasehat yang sangat bermanfaat bagi penulis.
4. Bapak **Ir. Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D.** selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan masukan, dan saran yang sangat bermanfaat bagi penulis.
5. Ibu **Any Juliani, S.T., M.Sc. (Res.Eng.), Ph.D.** selaku dosen penguji Tugas Akhir yang telah membimbing serta memberi saran dan arahan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
6. **Aqilah Putri Sariningtyas** yang selalu memberi dukungan, membantu secara langsung, dan berada di sisi penulis dari awal penelitian hingga selesai.
7. Rekan-rekan Teknik Lingkungan angkatan 2019 yang tidak dapat penulis sebutkan satu-satu yang sedang sama-sama berjuang memperoleh gelar sarjana.

Semoga segala bantuan, bimbingan dan pengajaran yang telah diberikan kepada penulis mendapatkan imbalan dari Allah SWT. Penulis sepenuhnya menyadari keterbatasan kemampuan dan dengan demikian, penulis sangat mengharapkan kritik serta saran yang membangun demi menyempurnakan laporan tugas akhir ini.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 17 Oktober 2023

Rangga Putradi Ahdim

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## ABSTRAK

RANGGA PUTRADI AHDIM. “Pemanfaatan Kulit Jeruk Manis Untuk Penyerapan Kandungan Logam Berat Cr (VI) Dalam Larutan”. Dibimbing oleh Puji Lestari, S.Si., M.Sc., Ph.D. dan Ir. Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D.

Kromium (Cr) adalah salah satu logam berat yang dapat mengkontaminasi air. Kehadiran kromium dalam sumber air dapat mengakibatkan penurunan kualitas air dan potensi kerusakan terhadap lingkungan serta makhluk hidup di dalamnya. Logam berat kromium heksavalen (Cr(VI)) adalah jenis kromium yang bersifat toksik. Salah satu alternatif dalam pengolahan logam berat adalah biosorpsi, yang dimana menunjukkan kemampuan sejumlah biomassa untuk mengikat ion logam berat dari dalam larutan. Kulit jeruk manis (*Citrus sinensis*) mengandung pektin yang dapat dimanfaatkan sebagai penyerap ion logam berat dengan kantung-kantung di dalam larutan membentuk kompleks kation logam. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa kemampuan biosorben kulit jeruk manis dalam menurunkan konsentrasi logam berat Cr(VI). Penelitian ini diawali dengan melakukan penggerusan dan pengayakan kulit jeruk manis menjadi seukuran 100 mesh, kemudian dilakukan aktivasi menggunakan asam sitrat ( $C_6H_8O_7$ ) 1 M. Selanjutnya, adsorben yang telah dibuat dianalisis menggunakan FTIR guna mengidentifikasi gugus fungsi, dan SEM digunakan untuk melihat struktur morfologi adsorben. Kemampuan adsorben kulit jeruk manis diuji dengan larutan sampel yang mengandung Cr(VI) dan juga air limbah. Percobaan adsorpsi dilakukan dengan variasi pH larutan, waktu kontak, dan konsentrasi optimum serta uji kemampuan adsorben. Setelah proses adsorpsi, tingkat konsentrasi dalam larutan diukur menggunakan Spektrofotometer Uv-Vis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kemampuan daya serap optimum adsorben kulit jeruk teraktivasi adalah pada pH larutan 2 dengan waktu kontak 30 menit dan konsentrasi optimum 50 mg/l. Kapasitas adsorpsi maksimum kulit jeruk manis teraktivasi asam sitrat sebesar 15,27 mg/g.

Kata kunci: Adsorpsi, Cr(VI), Kulit Jeruk Manis



## **ABSTRACT**

RANGGA PUTRADI AHDIM. “*Utilization of Sweet Orange Peel for Adsorption of Heavy Metal Cr (VI) in Solution*”. Supervised by Puji Lestari, S.Si., M.Sc., Ph.D. and Ir. Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D.

*Chromium (Cr) is one of the heavy metals that can contaminate water. The presence of chromium in water sources can lead to a decrease in water quality and potential damage to the environment and living things in it. Hexavalent chromium heavy metal (Cr(VI)) is a type of chromium that is toxic. One alternative for heavy metal treatment is biosorption, which demonstrates the ability of certain biomass to bind heavy metal ions from solution. Sweet orange peels (Citrus sinensis) contain pectin that can be utilized as an absorber for heavy metal ions, forming metal cation complexes within the solution pockets. This study aims to analyze the ability of sweet orange peel biosorbent in reducing the concentration of Cr(VI) heavy metal. The research begins with the grinding and sieving of sweet orange peels to a size of 100 mesh, followed by activation using 1 M citric acid (C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>7</sub>). Subsequently, the created adsorbent is analyzed using FTIR to identify functional groups, and SEM is employed to observe the morphological structure of the adsorbent. The adsorption capacity of sweet orange peel adsorbent is tested using samples containing Cr(VI) and batik wastewater. Adsorption experiments are conducted by varying the solution's pH, contact time, optimum concentration, and adsorbent capacity test. After the adsorption process, the concentration level in the solution is measured using UV-Vis Spectrophotometry. The results indicate that the optimal adsorption capacity of activated sweet orange peel adsorbent is at a solution pH of 2, with a contact time of 30 minutes and an optimum concentration of 50 mg/l. The maximum adsorption capacity of activated sweet orange peel with citric acid is 15.27 mg/g.*

*Keywords: Adsorption, Cr(VI), Sweet Orange Peel*

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	
HALAMAN PENGESAHAN.....	
PERNYATAAN.....	i
PRAKATA.....	ii
ABSTRAK.....	v
<i>ABSTRACT</i> .....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Ruang Lingkup.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Logam Kromium Heksavalen (Cr(VI)).....	5
2.2 Jeruk Manis ( <i>Citrus sinensis</i> ).....	6
2.3 Adsorpsi.....	7
2.4 Penelitian Terdahulu.....	9
BAB III METODE PENELITIAN.....	12
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian.....	12
3.2 Alat dan Bahan.....	12
3.3 Prosedur Analisis Data.....	13
3.3.1 Studi Literatur.....	13
3.3.2 Persiapan Penelitian.....	14
3.3.3 Preparasi Material.....	14
3.3.4 Pelaksanaan Penelitian.....	15
3.3.5 Analisis Data.....	19
3.3.6 Penyusunan Laporan.....	20
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	22

4.1	Penjelasan Umum.....	22
4.2	Karakteristik Adsorben.....	23
4.2.1	Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) .....	23
4.2.2	Scanning Electron Microscope (SEM).....	26
4.3	Pengujian Kemampuan Adsorpsi .....	28
4.3.1	Pengujian Variasi pH .....	28
4.3.2	Pengujian Variasi Waktu Kontak.....	30
4.3.3	Pengujian Variasi Konsentrasi .....	32
4.4	Kinetika Adsorpsi.....	34
4.5	Isoterm Adsorpsi.....	36
4.5.1	Isoterm Langmuir .....	36
4.5.2	Isoterm Freundlich .....	38
4.6	Perbandingan Kemampuan Adsorben Aktivasi Dan Tanpa Aktivasi ....	40
4.7	Uji Adsorben Kulit Jeruk Manis Pada Limbah Cair Batik.....	41
BAB V SIMPULAN DAN SARAN .....		43
4.8	Simpulan.....	43
4.9	Saran .....	43
DAFTAR PUSTAKA .....		45
LAMPIRAN .....		49
Lampiran 1. Kurva Kalibrasi Standar .....		49
Lampiran 2. Perhitungan Kinetika Adsorpsi.....		50
Lampiran 3. Isoterm Adsorpsi.....		52
RIWAYAT HIDUP.....		55

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu .....	9
Tabel 4.1 Hasil Uji FTIR Kulit Jeruk Manis Sebelum Adsorpsi .....	23
Tabel 4.2 Hasil Uji FTIR Kulit Jeruk Manis Setelah Adsorpsi .....	25
Tabel 4.3 Hasil Uji Variasi pH Larutan Optimum .....	28
Tabel 4.4 Hasil Uji Variasi Waktu Kontak Adsorben Optimum .....	31
Tabel 4.5 Hasil Uji Variasi Konsentrasi Larutan Optimum.....	33
Tabel 4.6 Hasil Analisis Kinetika Adsorpsi Cr(VI) .....	36
Tabel 4.7 Perhitungan Nilai Adsorpsi Oleh Model Langmuir .....	37
Tabel 4.8 Perhitungan Nilai Adsorpsi Oleh Model Freundlich .....	38
Tabel 4.9 Nilai Konstanta Freundlich .....	39
Tabel 4.10 Perbandingan Kemampuan Adsorben Non-aktivasi dan Aktivasi.....	40
Tabel 4.11 Uji Adsorben Kulit Jeruk Manis Pada Limbah Cair Batik .....	41

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur Kimia Senyawa Pektin .....	7
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	13
Gambar 3.2 Diagram Alir Pembuatan Adsorben .....	14
Gambar 3.3 Tahapan Penentuan pH Larutan Cr Optimum .....	16
Gambar 3.4 Tahapan Penentuan Waktu Kontak Adsorben Optimum .....	17
Gambar 3.5 Tahapan Penentuan Konsentrasi Larutan Optimum.....	18
Gambar 3.6 Tahapan Perbandingan Adsorben Aktivasi dan Non-aktivasi.....	19
Gambar 4.1 Grafik Hasil Uji FTIR Kulit Jeruk Manis Sebelum Adsorpsi .....	24
Gambar 4.2 Grafik Hasil Uji FTIR Kulit Jeruk Manis Setelah Adsorpsi .....	25
Gambar 4.3 Hasil Uji SEM Adsorben Kulit Jeruk Manis Non-aktivasi (kiri) dan Aktivasi (kanan) .....	27
Gambar 4.4 Grafik Hasil Uji Variasi pH Larutan Optimum.....	29
Gambar 4.5 Grafik Hasil Uji Variasi Waktu Kontak Adsorben Optimum .....	31
Gambar 4.6 Grafik Hasil Uji Variasi Konsentrasi Larutan Optimum.....	33
Gambar 4.7 Model Kinetika Adsorpsi Orde Satu .....	35
Gambar 4.8 Model Kinetika Adsorpsi Orde Dua.....	35
Gambar 4.9 Persamaan Isoterm Langmuir.....	37
Gambar 4.10 Persamaan Isoterm Freundlich .....	39

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Kromium (Cr) adalah salah satu logam berat yang dapat mengkontaminasi air. Kehadiran kromium dalam sumber air dapat mengakibatkan penurunan kualitas air dan potensi kerusakan terhadap lingkungan serta makhluk hidup di dalamnya. Dampak negatif yang dapat timbul pada makhluk hidup di perairan termasuk gangguan pada proses metabolisme tubuh akibat penghambatan kerja enzim dalam proses fisiologis. Kromium dapat menumpuk dalam tubuh makhluk hidup dan berpotensi menjadi kronis, akhirnya menyebabkan kematian pada makhluk hidup di perairan. Logam berat kromium heksavalen (Cr (VI)) adalah jenis kromium yang bersifat toksik. Toksisitas yang dimilikinya dapat menyebabkan keracunan akut dan kronis. Di dalam tubuh manusia, paparan kromium heksavalen juga berhubungan dengan risiko terjadinya kanker paru-paru, kerusakan hati, dan ginjal. Oleh karena itu, tindakan pengolahan limbah cair seperti dari industri batik, sebelum dibuang ke dalam sistem perairan sangat penting untuk mengurangi tingkat pencemaran air dan menjaga keamanan lingkungan [1].

Proses eliminasi logam berat memiliki beberapa kekurangan, termasuk pembentukan lumpur beracun yang sulit diolah dan dibuang, serta memerlukan biaya tinggi. Selain itu, metode ini kurang efektif ketika diterapkan pada limbah dengan konsentrasi rendah [2]. Salah satu alternatif lain dalam penanganan logam berat melibatkan pemanfaatan bahan-bahan hayati sebagai adsorben. Proses ini dikenal sebagai biosorpsi, di mana biosorpsi menunjukkan kemampuan sejumlah biomassa untuk menangkap logam berat dari larutan. Penggunaan metode ini memiliki keuntungan, termasuk biaya yang relatif rendah, efisiensi yang tinggi pada larutan encer, pengurangan pembentukan lumpur, dan kemudahan dalam proses regenerasi. Bahan baku hayati yang digunakan disebut sebagai biosorben [3].

Sisa-sisa dari tanaman pertanian sering kali diaplikasikan sebagai biosorben. Pemanfaatan dan penggunaan sisa-sisa tanaman pertanian sebagai bahan dasar biosorben dapat membantu pada pengurangan volume limbah serta potensi



peningkatan nilai ekonomis dari limbah tersebut. Beberapa jenis limbah pertanian yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar biosorben termasuk jerami padi, kulit kentang, kulit buah-buahan, serta daun dan ranting dari jenis tumbuhan tertentu [4].

Pektin yang telah dimodifikasi dari kulit durian dan jeruk dapat digunakan sebagai bahan untuk menyerap logam berat seperti Kromium melalui proses biosorpsi. Pada proses ini, pektin citrus termodifikasi menunjukkan efektivitas paling tinggi dalam menyerap logam berat dibandingkan dengan pektin durian termodifikasi. Pektin berfungsi sebagai agen penyerap logam dengan memiliki kantong-kantong dalam larutan yang mampu membentuk kompleks dengan kation logam [5]. Setiap kantong memiliki muatan negatif yang memberikan daya tarik kuat terhadap muatan positif dari kation logam. Interaksi antara pektin dan logam terjadi karena pektin memiliki gugus-gugus yang dapat berinteraksi dengan elektron bebas dari kation logam, seperti gugus karboksilat dan hidroksil yang terdapat pada struktur polimer pektin. Hasilnya, kation logam tertarik dan membentuk ikatan kompleks dengan pektin [6].

Salah satu jenis buah yang mengandung pektin adalah keluarga jeruk. Jeruk manis (*Citrus sinensis*) menjadi favorit masyarakat karena rasanya yang manis alami, tanpa perlu penambahan gula. Buah jeruk manis memiliki sekitar 30% dari total bagian buah yang terdiri dari kulit. Sayangnya, selama ini kulit buah jeruk ini tidak dimanfaatkan dan sering kali dibuang begitu saja yang akhirnya hanya berakhir sebagai sampah [7].

Berdasarkan pada hal tersebut, diperlukan alternatif yang lebih sederhana dan ekonomis dalam mengolah air limbah yang mengandung Cr(VI). Pektin yang terkandung dalam limbah kulit jeruk manis dianggap sebagai senyawa aktif yang dapat digunakan. Penelitian ini dilaksanakan dengan tujuan untuk mengetahui kemampuan biosorben yang dihasilkan dari kulit jeruk manis dalam mengurangi konsentrasi logam Cr(VI) dalam larutan.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Dari uraian latar belakang dapat ditarik rumusan masalah yaitu bagaimana kemampuan biosorben kulit jeruk manis (*Citrus sinensis*) dalam menurunkan konsentrasi logam Cr(VI) dalam air limbah.

## **1.3 Tujuan**

Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisa kemampuan biosorben kulit jeruk manis (*Citrus sinensis*) dalam menurunkan konsentrasi logam Cr(VI) dalam air limbah.

## **1.4 Manfaat Penelitian**

Diharapkan bahwa penelitian ini dapat memberikan wawasan dan pengetahuan bahwa limbah kulit jeruk manis (*Citrus sinensis*) memiliki potensi sebagai alternatif biosorben untuk ion logam Cr(VI) serta dapat dijadikan sebagai referensi bagi penelitian selanjutnya dalam bidang ini.

## **1.5 Ruang Lingkup**

Ruang lingkup penelitian ini adalah:

1. Pengujian sampel dilakukan di Laboratorium Kualitas Lingkungan Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia.
2. Lingkup materi dalam penelitian ini adalah berkaitan dengan bagaimana pengaruh limbah kulit jeruk manis (*Citrus sinensis*) dalam menurunkan konsentrasi logam berat Cr(VI) dalam air limbah.
3. Waktu penelitian ini berlangsung pada bulan April hingga bulan Agustus tahun 2023.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Logam Kromium Heksavalen (Cr(VI))**

Logam berat secara alami ditemukan dalam batuan dan mineral serta menjadi komponen normal dalam tanah, sedimen, air, serta makhluk hidup. Namun, jika konsentrasinya melampaui batas normal, logam berat dapat menyebabkan pencemaran [8]. Salah satu contohnya adalah Kromium, memiliki nomor atom 24, massa atom 51,996, titik didih 2665°C, dan massa jenis 7,19 gr/cm<sup>3</sup> [9]. Kromium memiliki sifat keras, tahan panas, bersifat elektropositif, dan dapat menghantarkan panas dengan baik. Di alam, unsur Kromium jarang ditemukan dalam bentuk logam murni, dan sumber alaminya sangat terbatas, terutama berasal dari mineral batuan *chromite* dan oksida *chromic* [10].

Limbah dari industri yang mengandung logam berat memiliki potensi untuk mengakibatkan pencemaran dan mempengaruhi ekosistem secara luas serta dampaknya terhadap kesehatan manusia dapat terjadi langsung maupun melalui jaringan makanan [11]. Kromium hadir dalam berbagai bentuk oksidasi, mulai dari Cr(II) hingga Cr(VI), namun hanya Kromium dengan valensi (III) dan (VI) yang memiliki sifat biologis yang serupa. Kromium valensi (III) merupakan zat esensial yang memiliki toksisitas lebih rendah dibandingkan dengan Kromium valensi (VI) yang bersifat oksidatif tinggi [12]. Cr(VI) dianggap paling toksik karena lebih mudah diserap oleh tubuh dibandingkan Cr(III).

Logam berat Kromium dapat masuk ke lingkungan melalui berbagai media termasuk perairan, tanah, dan atmosfer. Di atmosfer, Kromium terdapat dalam bentuk partikel debu, sementara di perairan masuknya Kromium dapat terjadi melalui jalur alami maupun aktivitas manusia. Jalur alami melibatkan faktor fisik seperti erosi mineral batuan, sementara masuknya Kromium secara tidak alami lebih sering terkait dengan aktivitas manusia terutama industri [13].

Sifat toksik dari bahan aktif Kromium bekerja sebagai penghambat bagi enzim dalam proses fisiologi atau metabolisme tubuh, mengganggu rangkaian reaksi metabolik. Dalam metabolisme tubuh, Kromium dapat menghambat aktivitas

enzim, menghasilkan perubahan dalam pertumbuhan sel yang dapat mengakibatkan proliferasi sel tak terkendali yang dikenal sebagai kanker. Ini merupakan dasar bagi penggolongan Kromium valensi (VI) ke dalam kelompok logam karsinogenik [13].

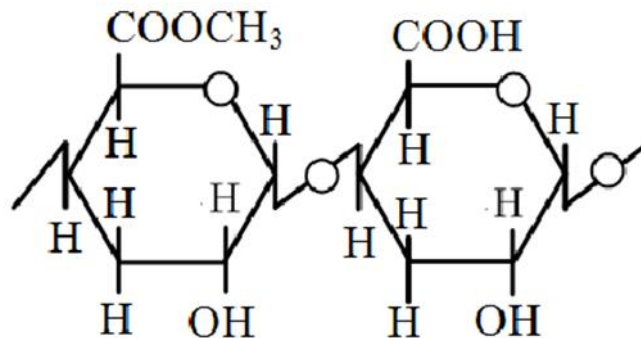
## **2.2 Jeruk Manis (*Citrus sinensis*)**

Jeruk manis (*Citrus sinensis*) merupakan tanaman perdu yang memiliki karakteristik tinggi antara 3 hingga 10 meter, dengan cabang-cabang yang berduri, yang ditandai dengan duri-duri pendek yang menyerupai paku. Daun-daunnya tumbuh dengan tangkai yang mencapai 0,5 hingga 3,5 cm, dengan bentuk helaian daun berbentuk bulat telur, elips, atau memanjang, memiliki ujung yang bisa tumpul atau sedikit meruncing. Bunga-bunga pada tanaman ini memiliki mahkota berwarna putih atau kuning keputihan. Buah jeruk manis memiliki bentuk bulat atau sedikit datar seperti bola, dengan warna yang dapat bervariasi antara kuning, oranye, atau hijau yang kemudian berubah menjadi kuning. Daging buahnya memiliki warna kuning muda, oranye kekuningan, atau merah-merahan, dan ditandai oleh gelembung-gelembung yang menyatu satu sama lain [14].

Bagian utama dari buah jeruk dari luar hingga ke bagian dalam, melibatkan beberapa bagian yakni kulit (terdiri dari flavedo, kelenjar minyak, albedo, dan jaringan pembuluh), segmen-segmen (melibatkan dinding segmen, ruang cairan, dan biji), serta inti (bagian tengah yang terdiri dari jaringan pembuluh dan parenkim). Kulit jeruk dapat secara fisik dibagi menjadi dua bagian utama yaitu flavedo dan albedo (lapisan dalam yang terdiri dari jaringan berbentuk busa). Flavedo ditandai oleh variasi warna seperti hijau, kuning, atau oranye. Pigmen yang terdapat dalam flavedo melibatkan kloroplas dan karotenoid [15].

Albedo adalah struktur berwarna putih yang menyerupai spons dan terhubung dengan bagian tengah buah jeruk. Fungsi albedo adalah untuk mengirimkan air dan nutrisi dari pohon untuk pertumbuhan dan perkembangan buah. Tidak seperti flavedo, albedo tidak mengandung kloroplas atau kromoplas sehingga memiliki warna putih. Bagian albedo ini kaya akan komponen seperti selulosa, hemiselulosa, lignin, senyawa pektat, dan fenol. Di dalam albedo terdapat senyawa flavon hesperidoides, seperti hesperitin dan naringin, serta senyawa limonin

yang lebih banyak dibandingkan dengan flavedo dan membran buah. Senyawa-senyawa ini menyebabkan rasa pahit yang muncul dalam minuman jus jeruk. Senyawa pektin dan enzim-enzim yang berperan dalam penguraian pektin, seperti enzim oksidase dan peroksidase, sebagian besar terdapat pada lapisan kulit bagian dalam [15]. Struktur kimia dari senyawa pektin dapat digambarkan pada Gambar 2.1 sebagai berikut.



Gambar 2.1 Struktur Kimia Senyawa Pektin

### 2.3 Adsorpsi

Adsorpsi merupakan proses pemisahan yang dapat mendukung penyisihan dari polutan berkonsentrasi rendah dari volume besar, air limbah serta air. Proses adsorpsi dapat berupa antara gas dengan cair, cair dengan cair, padat dengan cair dan gas dengan padat [16].

Pada adsorpsi terdapat zat yang teradsorpsi pada permukaan ini disebut sebagai adsorbat, sedangkan untuk zat yang berperan sebagai penyerap atau mengadsorpsi ini disebut adsorben. Metode adsorpsi merupakan salah satu dari cara yang efektif dalam potensi penyisihan logam berat pada air limbah. Adsorpsi menjadi metode efektif karena adsorben mudah regenerasi, jumlah dari lumpur kimia/biologi yang sedikit, sifat fleksibel serta desain yang sederhana dan akan tetap berjalan walau konsentrasi adsorbat rendah [17].

Isoterm adsorpsi adalah model matematika yang digunakan untuk mengetahui bagaimana proses distribusi adsorbat di antara larutan dan adsorben. Isoterm adsorpsi juga merupakan fungsi model matematika konsentrasi zat terlarut yang telah diserap pada zat padat terhadap konsentrasi dari larutan. Adsorpsi pada

suatu adsorbat ini dalam keadaan setimbang dinyatakan dengan persamaan empiris Freundlich, Langmuir serta BET [18]. Namun untuk persamaan isotherm Langmuir dan Freundlich ini dapat menghubungkan antar serapan logam per satuan berat pada kesetimbangan konsentrasi adsorbat dengan jumlah yang besar dan berfase fluida [19].

Pada model isotherm Freundlich merupakan persamaan empiris dengan pendekatan penjerapan zat terlarut dari air limbah menuju permukaan adsorben atau zat padat [18]. Asumsi yang digunakan pada model ini yaitu tidak terdapat asosiasi dan disosiasi, memakai mekanisme secara fisis, permukaan zat padat yang bersifat heterogen. Model Persamaan Freundlich yaitu pada persamaan (1).

$$\log \frac{X_m}{m} = \log k + \frac{1}{n} \log C_e \dots (1)$$

Keterangan:

x = jumlah zat terlarut yang diserap (mg)

m = gram adsorben yang digunakan (g)

C<sub>e</sub> = konsentrasi kesetimbangan larutan (mg/l)

k = kapasitas adsorpsi (mg/g)

n = intensitas adsorpsi (l/g)

Untuk model isotherm Langmuir ini menggunakan pendekatan dari parameter kinetika proses dari kesetimbangan terjadi saat kecepatan adsorpsi sama dengan desorpsi. Persamaan ini menggunakan asumsi yaitu lapisan yang monolayer, menggunakan mekanisme *chemisorption*, tidak ada interaksi antar adsorbat, permukaan yang homogen, afinitas lokasi molekul sama, bersifat irreversible [18]. Model persamaan Langmuir pada persamaan (2).

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{Q_0 b} + \frac{C_e}{Q_0} \dots (2)$$

Keterangan :

C<sub>e</sub> = konsentrasi kesetimbangan larutan (mg/l)

q<sub>e</sub> = jumlah zat yang diadsorpsi per gram adsorben (mg/g)

Q<sub>0</sub> = kapasitas adsorpsi (mg/g)

b = intensitas adsorpsi (l/mg)

## 2.4 Penelitian Terdahulu

Berikut ini merupakan beberapa hasil dari penelitian terdahulu yang menjadi acuan peneliti mengenai kemampuan kulit jeruk manis dalam menyerap kandungan logam berat Cr(VI) pada air limbah.

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

Judul	Hasil	Sumber
Kemampuan Pektin Jeruk Manis ( <i>Citrus Sinensis</i> ) Sebagai Biosorben Logam Berat Krom (VI)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kulit jeruk manis pacitan (<i>Citrus sinensis</i>) memiliki kemampuan dalam penyerapan logam berat hingga 51%.</li> <li>2. Penyerapan logam berat yang optimal dengan menambahkan pektin sebanyak 1 gram dan lama waktu remediasi 2 jam dalam menyerap logam berat Cr (VI).</li> <li>3. Pengaruh berat pektin yang diberikan dan lama waktu remediasi terhadap penurunan kadar logam berat Cr (VI) memiliki hubungan yang negatif.</li> </ol>	Natalia Widya Yuda Suryaningtyas (2014)
Pemanfaatan Limbah Cangkang Siput Gonggong ( <i>Strombus Turturella</i> ) Sebagai Adsorben Untuk Menyerap Logam Kromium (Cr) Pada Limbah Cair Batik	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kapasitas adsorpsi maksimum adsorben aktivasi dan non-aktivasi adalah 200 gram.</li> <li>2. Nilai pH optimum untuk proses adsorpsi ion logam Kromium (Cr) adalah 4.</li> <li>3. Waktu kontak optimum adsorben limbah cangkang kulit kayu untuk menyerap logam kromium (Cr) adalah 120 menit.</li> <li>4. Model isoterm Langmuir adalah model yang sesuai untuk adsorben.</li> </ol>	Herdina Rizki Damayanti (2016)
Pemanfaatan Media Bambu Sebagai Adsorbent Penyerap Logam Kadmium (Cd) dengan Perbandingan Tanpa Aktivasi dan Aktivasi dengan Asam Sitrat	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Adsorbent yang diaktivasi dengan asam sitrat memiliki daya serap yang lebih baik dibandingkan dengan adsorbent yang alami tanpa aktivasi.</li> <li>2. Daya adsorpsi terbesar adsorben adalah pada massa 100 gram karena mencapai persentase penyisihan hingga 78,57 % untuk aktivasi dan 80,52% untuk tanpa aktivasi.</li> <li>3. Waktu yang dibutuhkan dalam proses adsorpsi untuk bisa mencapai batas maksimum adalah 120 menit.</li> </ol>	Hendra Fardiansyah (2017)



<p>Kemampuan Batu Apung <i>Fe-Coated</i> Sebagai Adsorben Penyisihan Logam Berat Cr (VI) Pada Air</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kondisi yang optimum untuk melaksanakan proses adsorpsi menggunakan batu apung <i>Fe-Coated</i> adalah menggunakan massa adsorben sebanyak 100 mg, pada pH adsorbat 2, dengan periode waktu kontak adsorben selama 180 menit.</li> <li>2. Hasil aktivasi pada batu apung menunjukkan perbedaan dalam presentase pengurangan yang tidak begitu terlihat dibandingkan dengan batu apung tanpa aktivasi. Namun meskipun demikian, kemampuan adsorpsi dari batu apung yang telah mengalami aktivasi masih lebih unggul jika dibandingkan dengan batu apung yang tidak mengalami aktivasi.</li> </ol>	<p>Rizqia Vionita Indira Putri (2021)</p>
---	--	---

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

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

Waktu penelitian dilaksanakan pada bulan April hingga bulan Agustus tahun 2023. Pengujian sampel dilakukan pada Laboratorium Kualitas Lingkungan Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia.

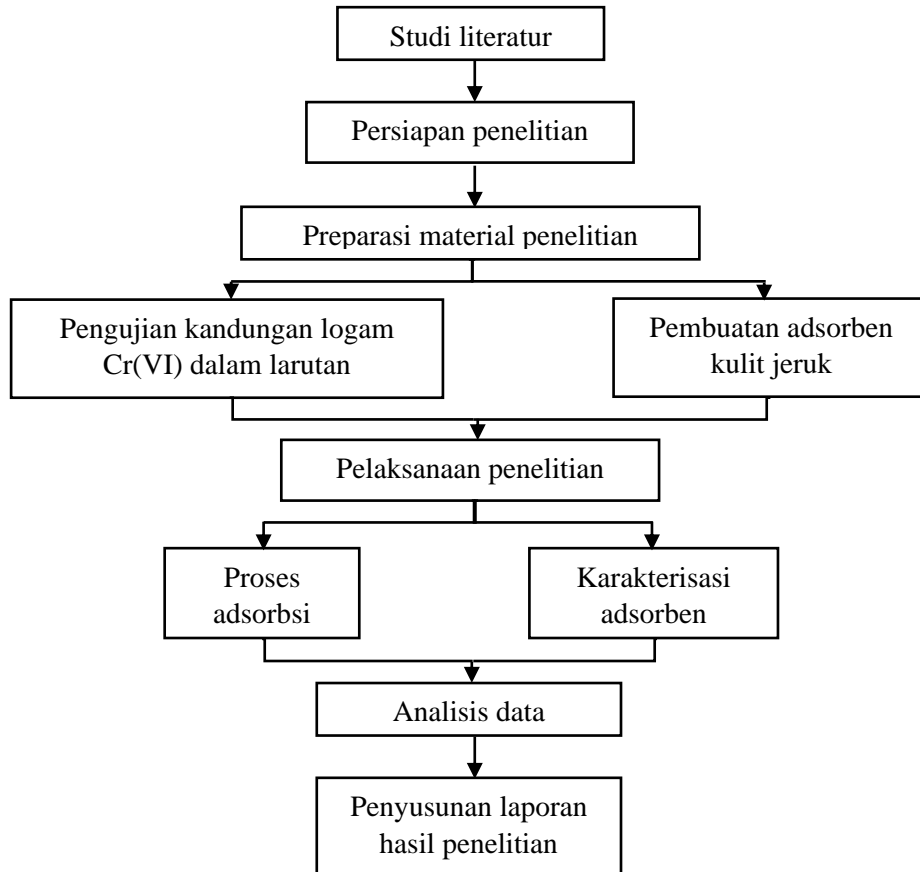
#### **3.2 Alat dan Bahan**

Berikut ini merupakan alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian:

1. Alat
  - a. Spektrofotometer Uv-Vis
  - b. Spektrofotometer *Fourier Transform Infra Red* (FTIR)
  - c. *Scanning Electron Microscope* (SEM)
  - d. Pipet volumetrik
  - e. Labu ukur
  - f. Erlenmeyer
  - g. *Orbital Shaker*
  - h. Corong gelas
  - i. Kaca arloji
  - j. Pemanas listrik
  - k. Saringan membrane ukuran pori 0,45  $\mu\text{m}$
  - l. Timbangan analitik 0,0001 g
  - m. Labu semprot
  - n. Oven
  - o. pH universal
2. Bahan
  - a. Aquades
  - b. Limbah kulit jeruk manis
  - c. Sampel limbah cair batik
  - d. Asam sitrat ( $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$ ) 1 M
  - e. Larutan standar logam Cr
  - f. Asam orto fosfat ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ )
  - g. Aseton
  - h.  $\text{HNO}_3$  0,1 M
  - i.  $\text{NaOH}$  0,1 M
  - j. pH Universal

### 3.3 Prosedur Analisis Data

Pengambilan data dilakukan dengan observasi eksperimen di laboratorium yang fokus terhadap pengujian kandungan logam berat Cr(VI) pada air limbah serta pengukuran daya absorpsi dari kulit jeruk manis (*Citrus sinensis*) terhadap kandungan logam berat Cr(VI). Adapun diagram alir tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1 sebagai berikut.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

#### 3.3.1 Studi Literatur

Hasil dari studi terdahulu yang dikembangkan lebih lanjut, mencari tahu apa yang dapat dilakukan, merancang suatu rencana dan bagaimana cara untuk menyelesaikan masalah yang ada untuk penelitian ini, yaitu terdapat masalah pada konsentrasi logam berat Cr(VI) yang terkandung pada air limbah.

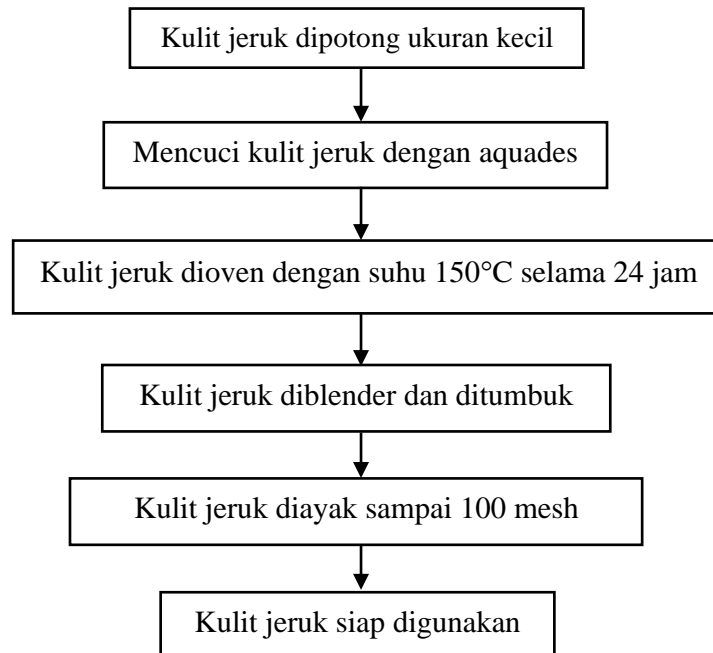
### 3.3.2 Persiapan Penelitian

Meliputi persiapan dimulai dari teknis pelaksanaan penelitian serta teknis penulisan laporan hasil penelitian.

### 3.3.3 Preparasi Material

Dalam persiapan material terdapat 2 material yang harus disiapkan, yaitu:

- a. Mempersiapkan air limbah yang diuji kandungan Cr(VI) berdasarkan SNI 6989.71:2009 tentang Cara uji krom heksavalen (Cr-VI) dalam contoh uji secara Spektrofotometri.
- b. Pembuatan adsorben kulit jeruk untuk menyerap logam. Kulit jeruk yang telah terkumpul dicuci dengan aquades kemudian kulit jeruk dipotong menjadi ukuran kecil dan dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 105°C selama 24 jam. Setelah itu kulit jeruk dihaluskan dengan cara diblender dengan *grinder* dan ditumbuk. Selanjutnya kulit jeruk diayak dengan ayakan 100 mesh [20]. Alur preparasi kulit jeruk menjadi adsorben dapat dilihat pada Gambar 3.2 sebagai berikut.



Gambar 3.2 Diagram Alir Pembuatan Adsorben

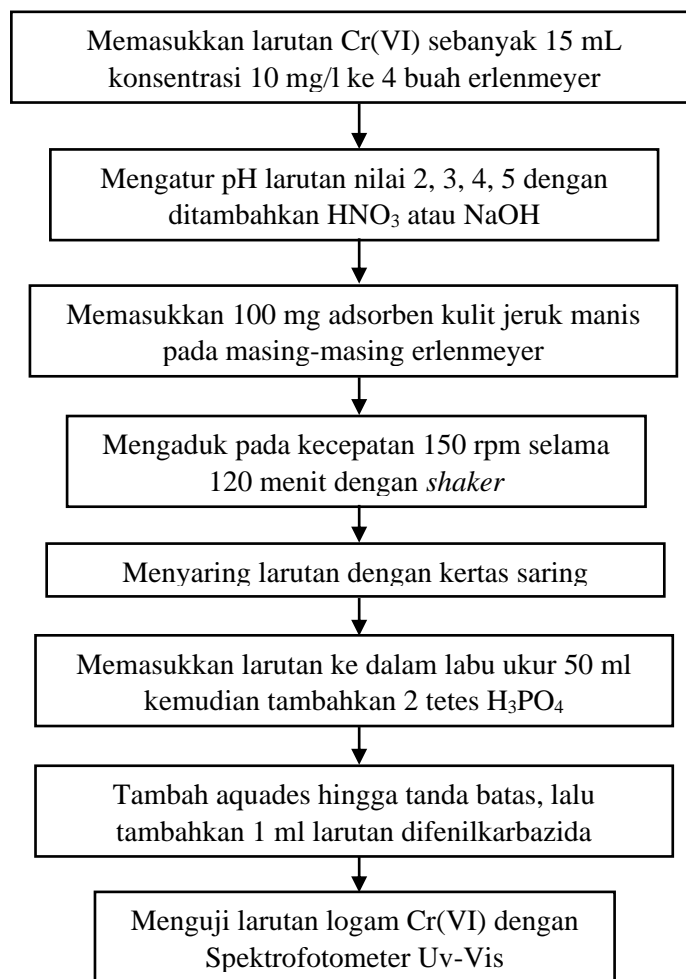
- c. Aktivasi adsorben dengan menggunakan asam sitrat ( $C_6H_8O_7$ ) 1 M rasio 1:10 untuk berat kulit jeruk, yang mana 10 gram adsorben direndam 100 mL larutan asam sitrat [21]. Setelah itu diaduk selama 15 menit dan didiamkan selama 24 jam. Kemudian adsorben dicuci menggunakan aquades hingga mencapai pH 6 dan dikeringkan dalam oven suhu  $105^{\circ}C$  hingga berat konstan [22].
- d. Karakterisasi adsorben sebelum dan sesudah diaktivasi dengan menggunakan alat *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dan *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR) untuk dapat mengetahui gugus fungsi dalam adsorben.
- e. Menentukan kondisi optimum adsorpsi adsorben kulit jeruk manis yang sudah diaktivasi dengan variasi variabel sebagai berikut:
  - pH : 2, 3, 4, 5
  - Waktu kontak : 10, 20, 30, 40, 50, 60, 120, 180 dan 1440 menit
  - Konsentrasi larutan : 10, 30, 40, 50 mg/l
- f. Aplikasi adsorben dengan kondisi pH dan waktu kontak yang optimum ke limbah cair batik volume 20 mL.

#### **3.3.4 Pelaksanaan Penelitian**

Pelaksanaan penelitian dilakukan dengan pengujian penyerapan logam Cr(VI) pada larutan buatan dengan proses adsorpsi. Reactor yang digunakan yaitu *Batch reactor*. Adapun untuk prosedur tahapan pelaksanaan penelitian yaitu sebagai berikut.

a. Penentuan pH larutan Cr(VI) optimum

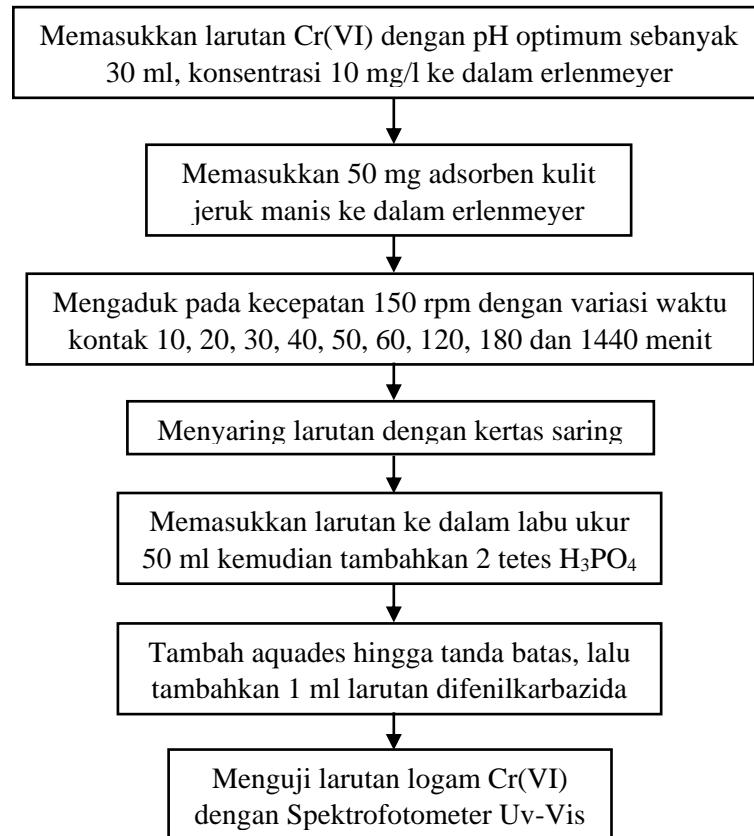
Untuk mendapatkan kondisi pH larutan optimum akan menggunakan kondisi *equilibrium* dengan massa adsorben 100 mg dan waktu kontak 120 menit. Untuk larutan Cr(VI) pada konsentrasi 10 mg/l, dengan kondisi larutan tersebut bertujuan untuk dapat mengetahui persen penyerapan ion logam Cr(VI) yang terbesar berdasarkan pH. Tahapan untuk menentukan pH larutan Cr(VI) optimum adsorpsi terdapat pada Gambar 3.3 sebagai berikut.



Gambar 3.3 Tahapan Penentuan pH Larutan Cr Optimum

b. Penentuan waktu kontak optimum

Setelah mendapatkan pH larutan optimum, akan digunakan dalam penentuan waktu kontak optimum. Tahapan untuk menentukan waktu kontak optimum adsorpsi terdapat pada Gambar 3.4 sebagai berikut.

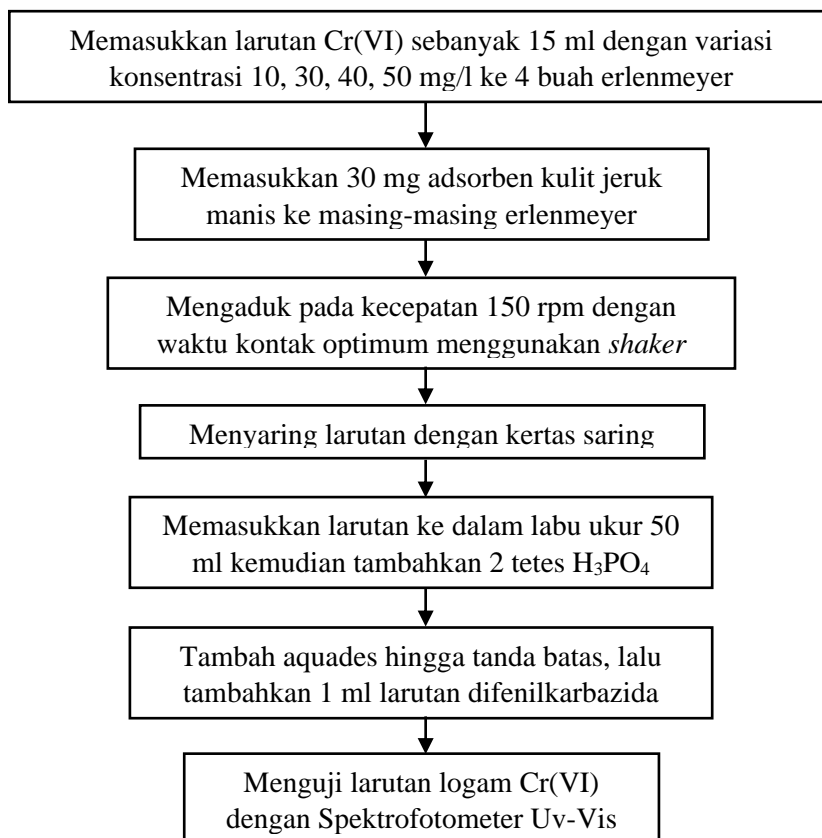


Gambar 3.4 Tahapan Penentuan Waktu Kontak Adsorben Optimum



c. Penentuan konsentrasi larutan Cr(VI) optimum

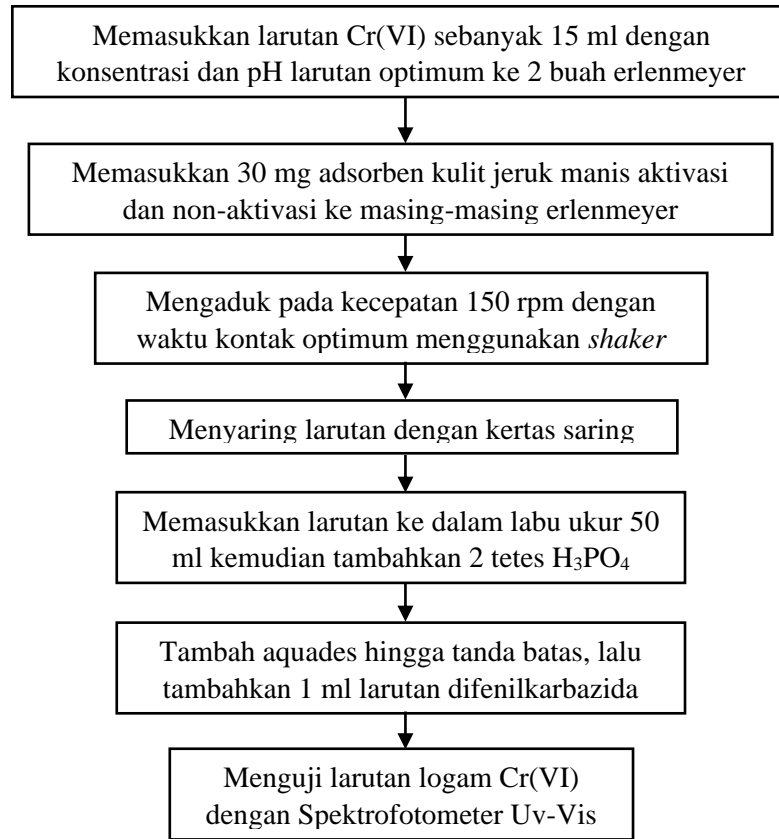
Setelah mendapatkan pH larutan dan waktu kontak optimum, akan digunakan dalam penentuan konsentrasi larutan Cr(VI) optimum adsorpsi. Tahapan untuk menentukan konsentrasi optimum larutan terdapat pada Gambar 3.5 sebagai berikut.



Gambar 3.5 Tahapan Penentuan Konsentrasi Larutan Optimum

d. Perbandingan adsorben aktivasi dan non-aktivasi

Untuk adsorben teraktivasi dan non-aktivasi dilakukan uji adsorpsi dengan menggunakan parameter pH, waktu kontak dan konsentrasi larutan yang telah diketahui kondisi optimum pada tahapan sebelumnya. Uji perbandingan bertujuan untuk mengetahui efektivitas dari tahap aktivasi adsorben yang mana berperan untuk membersihkan dan memperluas permukaan adsorben sehingga dapat meningkatkan penyerapan logam berat. Untuk tahapan uji perbandingan adsorben aktivasi dan non-aktivasi terdapat pada Gambar 3.6 berikut.



Gambar 3.6 Tahapan Perbandingan Adsorben Aktivasi dan Non-aktivasi

### 3.3.5 Analisis Data

Perhitungan efisiensi penyisihan logam Cr(VI) pada larutan serta analisis kemampuan adsorben dalam menjerap logam Cr(VI) pada larutan menggunakan persamaan (3) berikut.

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

Keterangan:

$C_o$  = konsentrasi Cr(VI) sebelum adsorpsi (mg/l)

$C_e$  = konsentrasi Cr(VI) 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 ( $\text{g/mg} \cdot \text{menit}^{-1}$ )

Kemudian, analisa data isoterma adsorpsi untuk mengetahui proses distribusi ion logam berat menuju permukaan adsorben dengan menggunakan persamaan isoterm freundlich pada persamaan (1) dan isoterm langmuir pada persamaan (2).

### 3.3.6 Penyusunan Laporan

Menyusun data hasil penelitian dan analisa data dalam bentuk laporan hasil penelitian.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Penjelasan Umum

Tujuan dari penelitian ini dilakukan adalah untuk mengetahui apakah kulit jeruk manis (*Citrus sinensis*) dapat digunakan sebagai bahan baku adsorben dalam menurunkan konsentrasi larutan logam berat Kromium heksavalen (Cr(VI)) pada air limbah. Proses adsorpsi dilakukan dengan variasi pH, waktu kontak, dan konsentrasi larutan yang optimum. Metode dalam penelitian ini menggunakan metode *Batch reactor* sebagai metode pengujian kemudian metode Lagergren *first-order model* (orde satu) dan *pseudo-second model* (orde dua) dalam penentuan kinetika adsorpsi serta Isoterm Langmuir dan Isoterm Freundlich sebagai metode penentuan kemampuan adsorben. Dalam menentukan karakteristik kulit jeruk manis sebagai adsorben menggunakan alat Spektrofotometer *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Serta untuk mengetahui konsentrasi logam berat Cr(VI) dalam larutan digunakan alat Spektrofotometer Uv-Vis.

Penelitian ini dimulai dari proses penyiapan bahan adsorben yang berasal dari kulit jeruk manis. Proses penyiapan mencakup pencucian dan dioven selama 24 jam untuk mengurangi kadar air. Selanjutnya bahan adsorben dihaluskan dan diayak hingga seukuran 100 mesh kemudian dilakukan aktivasi menggunakan asam sitrat. Pengujian menggunakan larutan logam Cr(VI) sebanyak 15 ml, waktu kontak 120 menit, kecepatan pengadukan 150 rpm, pH 5 dan pada suhu ruangan normal, pengadukan untuk kontak antara adsorben dengan larutan logam Cr(VI) menggunakan alat *Orbital Shaker*. Setelah itu, proses diperlakukan dengan kondisi pH, waktu kontak, dan konsentrasi larutan berdasarkan variabel yang sudah ditentukan. Pada tahap akhir dari penelitian ini, hasil penelitian dari variabel pH, waktu kontak, dan konsentrasi larutan yang optimum akan digunakan sebagai kondisi saat menguji kemampuan penyerapan logam berat Cr(VI) oleh adsorben kulit jeruk manis pada air limbah.

## 4.2 Karakteristik Adsorben

Pada penelitian ini karakterisasi dilakukan dengan menggunakan alat berupa *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) atau spektroskopi infra merah, untuk mengidentifikasi senyawa, menentukan struktur molekul, menentukan kemurnian, dan mempelajari reaksi yang sedang berlangsung. Serta menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) atau mikroskop elektron yang menggunakan berkas elektron untuk menggambarkan bentuk permukaan bahan yang dianalisis.

### 4.2.1 Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)

Tujuan penggunaan alat *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) adalah untuk mengidentifikasi gugus fungsi dari adsorben kulit jeruk manis yang akan digunakan dalam penelitian. Dengan memahami gugus fungsi yang terkandung dari nilai selulosa di dalam adsorben, akan diketahui seberapa besar perbedaan adsorben sebelum proses adsorpsi dengan setelah proses adsorpsi baik yang diaktivasi dan tidak diaktivasi dengan asam sitrat, kemudian membandingkan perbedaan tersebut untuk mengetahui gugus fungsi mana yang terlibat dalam proses adsorpsi logam Cr(VI).

Analisis data pembacaan FTIR dilakukan dengan mengidentifikasi puncak spesifik pada panjang gelombang tertentu. Setiap puncak spesifik mewakili jenis gugus fungsi tertentu dalam senyawa penyerap. Pengujian FTIR menghasilkan grafik antara panjang gelombang (cm-1) pada sumbu x dan persentase (%) transmittan pada sumbu y.

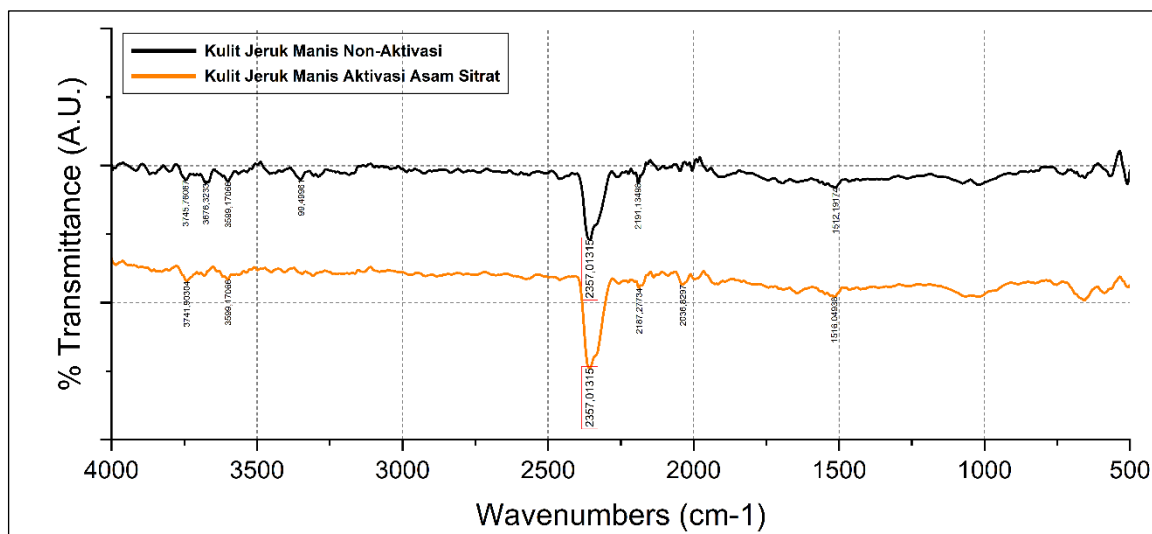
a. Adsorben sebelum proses adsorpsi

Hasil pembacaan FTIR adsorben kulit jeruk manis sebelum adsorpsi dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan Gambar 4.1 sebagai berikut.

Tabel 4.1 Hasil Uji FTIR Kulit Jeruk Manis Sebelum Adsorpsi

Adsorben Kulit Jeruk	Bilangan Gelombang (cm-1)		Gugus Fungsi	Intensitas Pita
	Teori	Hasil		
Non-Aktivasi	1800 - 2300	2357,01315	O=C=O	Tajam
Aktivasi Asam Sitrat	1800 - 2300	2357,01315	O=C=O	Tajam

Sumber : Data primer, 2023



Gambar 4.1 Grafik Hasil Uji FTIR Kulit Jeruk Manis Sebelum Adsorpsi

Hasil dari uji FTIR kulit jeruk manis non-aktivasi dan aktivasi asam sitrat sebelum proses adsorpsi menunjukkan keduanya memiliki puncak pada panjang gelombang  $2357\text{ cm}^{-1}$ . Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa aktivasi dengan asam sitrat tidak memberikan dampak signifikan terhadap gugus fungsi yang terkandung di dalam senyawa adsorben kulit jeruk manis. Selanjutnya, puncak pada panjang gelombang ini mengindikasikan adanya ikatan tertentu dalam senyawa adsorben yang berinteraksi dengan radiasi inframerah. Beberapa 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) [23]. Pada hal ini, adsorben kulit jeruk manis dengan puncak panjang gelombang  $2357\text{ cm}^{-1}$  termasuk kelompok senyawa  $\text{CO}^2$  atau karbon dioksida yang kemungkinan terbaca oleh instrumen akibat dari udara ruangan.

Asam karboksilat yang memiliki gugus fungsi  $-\text{COOH}$  adalah segolongan senyawa organik yang dicirikan oleh gugus karbonil dan hidroksil atau disebut karboksil. Gugus  $\text{C}=\text{O}$  (karbonil) di dalam senyawa organik diketahui memiliki oksigen yang dapat berfungsi sebagai donor pasangan elektron. Ion logam berat  $\text{Cr(VI)}$  memiliki daya tarik terhadap pasangan elektron, terutama yang tersedia di dalam gugus  $\text{C}=\text{O}$ . Proses ini dapat dijadikan faktor untuk penangkapan ion logam berat  $\text{Cr(VI)}$  oleh adsorben kulit jeruk manis, yang kemudian digunakan untuk mengurangi konsentrasi ion logam berat  $\text{Cr(VI)}$  dalam larutan air limbah.

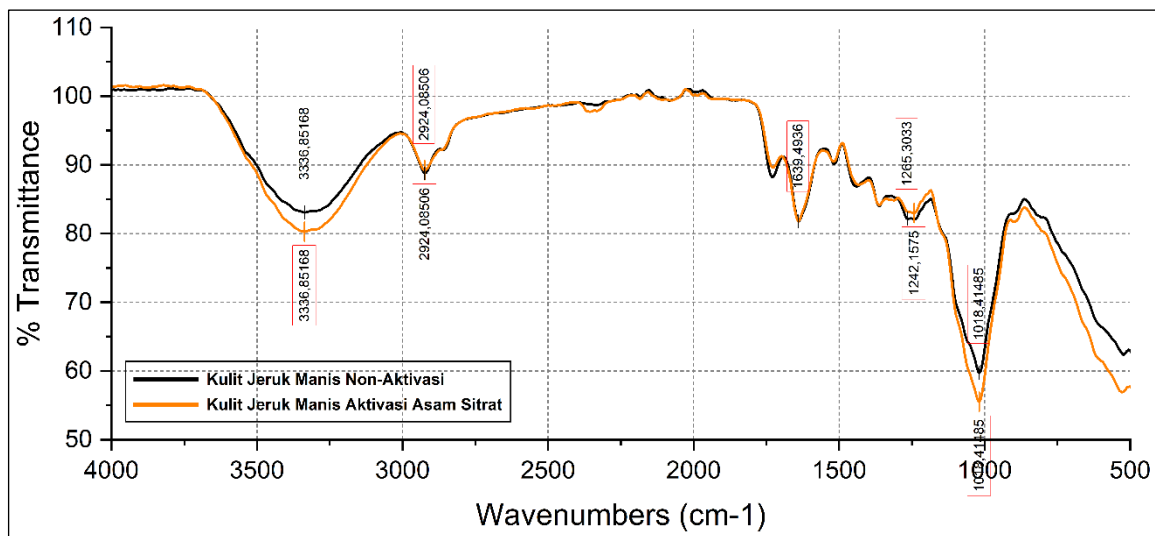
b. Adsorben setelah proses adsorpsi

Hasil pembacaan FTIR adsorben kulit jeruk manis setelah adsorpsi dapat dilihat pada Tabel 4.2 dan Gambar 4.2 sebagai berikut.

Tabel 4.2 Hasil Uji FTIR Kulit Jeruk Manis Setelah Adsorpsi

Adsorben Kulit Jeruk	Bilangan Gelombang (cm-1)		Gugus Fungsi	Intensitas Pita
	Teori	Hasil		
Non-Aktivasi	2500 - 3300	3336,85168	O-H	Melebar
	2850 - 3000	2924,08506	C-H alifatik	Tajam
	1600 - 1680	1639,4936	C=C	Tajam
	1235 - 1300	1265,3033	-OCH <sub>3</sub>	Melebar
	1000 - 1300	1018,41485	C - O	Tajam
Aktivasi Asam Sitrat	2500 - 3300	3336,85168	O-H	Melebar
	2850 - 3000	2924,08506	C-H alifatik	Tajam
	1600 - 1680	1639,4936	C=C	Tajam
	1235 - 1300	1242,1575	-OCH <sub>3</sub>	Melebar
	1000 - 1300	1018,41485	C - O	Tajam

Sumber : Data primer, 2023



Gambar 4.2 Grafik Hasil Uji FTIR Kulit Jeruk Manis Setelah Adsorpsi

Hasil dari uji FTIR adsorben kulit jeruk manis non-aktivasi dan aktivasi asam sitrat setelah proses adsorpsi menunjukkan beberapa puncak pada panjang gelombang yang hampir sama antara kedua jenis adsorben kulit jeruk manis tersebut. Terlihat dari perbandingan kedua jenis adsorben kulit jeruk manis tersebut, terdapat puncak pada panjang gelombang 3336 cm<sup>-1</sup> yang menandakan adanya



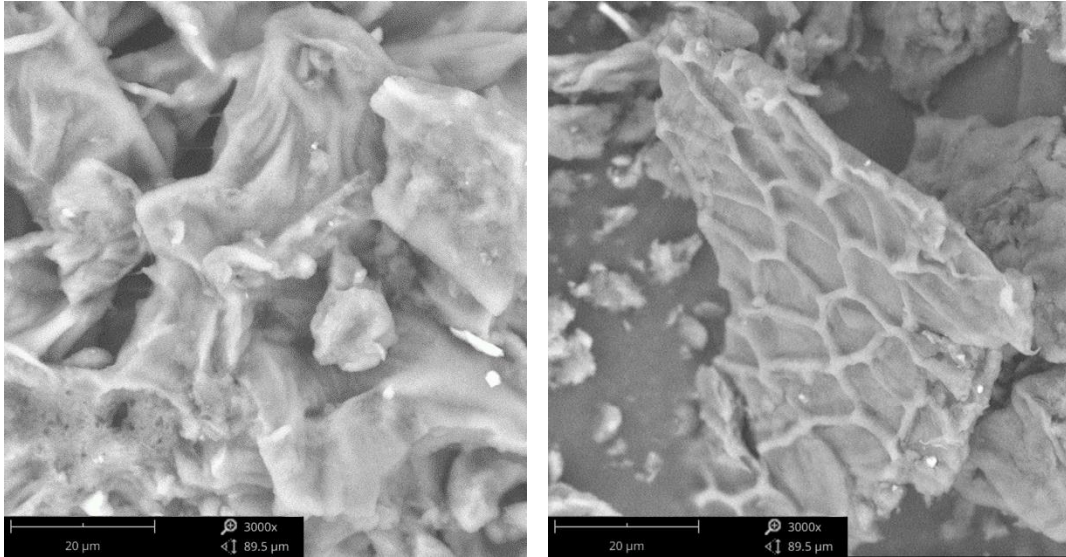
gugus O-H yaitu ikatan hidrogen antara atom oksigen dan hidrogen dalam molekul. Puncak ini umumnya terkait dengan ikatan hidrogen dari air teradsorpsi atau dari gugus hidroksil dalam senyawa organik. Dari hasil uji juga ditemukan puncak pada panjang gelombang  $2924\text{ cm}^{-1}$ , mengindikasikan adanya ikatan C-H yang merupakan ikatan antara atom karbon dan hidrogen dalam molekul. Puncak ini umumnya mewakili gugus metil atau metilen dalam senyawa organik.

Kemudian puncak pada panjang gelombang  $1639\text{ cm}^{-1}$  juga ditemukan, hasil pada gelombang ini umumnya mengacu pada ikatan rangkap dua C=C yang merupakan ikatan karbonil dalam senyawa seperti keton atau aldehida. Gugus  $\text{OCH}_3$  ditemukan pada puncak di panjang gelombang  $1265\text{ cm}^{-1}$  untuk adsorben non-aktivasi dan  $1242\text{ cm}^{-1}$  untuk adsorben aktivasi. Gugus  $\text{OCH}_3$  atau gugus metoksi adalah gugus fungsional yang terdiri dari atom oksigen yang terikat dengan tiga atom hidrogen. Selanjutnya puncak yang terlihat ada pada panjang gelombang  $1018\text{ cm}^{-1}$  adalah gugus C-O yang dimana gugus ini terdiri dari ikatan antara atom karbon dan atom oksigen.

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

*Scanning Electron Microscope* (SEM) merupakan salah satu bentuk mikroskop yang menggunakan aliran partikel elektron untuk menghasilkan visualisasi detail permukaan suatu objek. Dalam SEM, partikel elektron diarahkan ke permukaan objek dan setelah melalui sejumlah lensa elektromagnetik, partikel tersebut akan memantul atau menghasilkan partikel elektron sekunder ke berbagai arah. Detektor yang terdapat dalam SEM berfungsi untuk mengumpulkan partikel-partikel elektron ini dan memetakan lokasi objek ke layar. Luas total permukaan objek akan memengaruhi daya serapnya; semakin besar luas permukaan, semakin baik objek tersebut mampu menyerap, hal itu menyebabkan lebih banyak ion logam yang dapat berikatan pada permukaan objek. Penggunaan SEM dilakukan untuk mengamati pola dan gambaran permukaan suatu sampel dengan detail yang tinggi.

Hasil uji SEM dilakukan dengan perbesaran 3000 dengan perbandingan adsorben kulit jeruk manis non-aktivasi dan aktivasi asam sitrat. Hasil pengujian adsorben kulit jeruk manis menggunakan SEM dapat dilihat pada gambar 4.3 sebagai berikut.



Gambar 4.3 Hasil Uji SEM Adsorben Kulit Jeruk Manis Non-aktivasi (kiri) dan Aktivasi (kanan)

Dapat dilihat bahwa adanya perbedaan bentuk pada permukaan adsorben kulit jeruk manis. Perbedaan pori antara adsorben kulit jeruk manis non-aktivasi dan aktivasi pada perbesaran 3000x terlihat berbeda. Adsorben kulit jeruk manis aktivasi asam sitrat memiliki struktur permukaan pori yang lebih besar terbuka dibanding adsorben non-aktivasi. Selain itu, adsorben yang terbuat dari kulit jeruk manis dan telah mengalami aktivasi memiliki tampilan yang lebih bersih dan terstruktur dibandingkan dengan yang tidak mengalami aktivasi. Proses aktivasi tidak hanya mempengaruhi penghilangan bahan-bahan non-karbon, tetapi juga efektif dalam membentuk pori-pori yang lebih banyak dan teratur di permukaan adsorben [24]. Dapat disimpulkan bahwa dengan adanya penggunaan aktivasi asam sitrat dapat memberikan pengaruh perubahan pori pada adsorben kulit jeruk manis.

### 4.3 Pengujian Kemampuan Adsorpsi

Pengujian adsorben kulit jeruk manis akan dilakukan menggunakan larutan Cr(VI) buatan dengan padatan  $K_2Cr_2O_7$ . Pengujian akan dimulai dari variasi pH larutan, variasi waktu kontak, dan variasi konsentrasi larutan uji. Pengujian nilai konsentrasi akan menggunakan alat Spektrofotometer Uv-Vis.

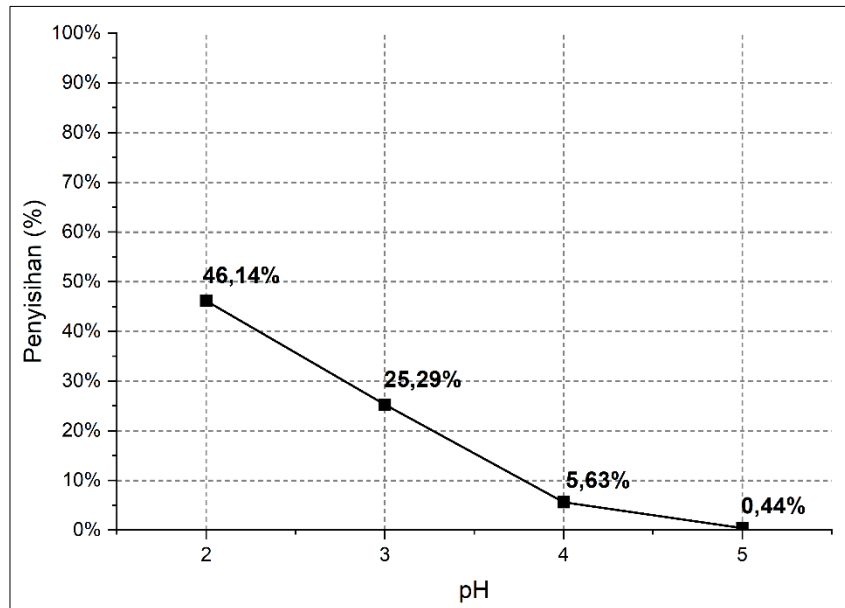
#### 4.3.1 Pengujian Variasi pH

Percobaan variasi pH dilakukan bertujuan untuk mengetahui kondisi pH dalam penyerapan larutan Cr(VI) yang optimal. Pengkondisian pH dilakukan dengan penggunaan larutan penyangga. Larutan penyangga merupakan suatu larutan yang mampu mempertahankan pH larutan agar tidak terjadi perubahan pH dikarenakan penambahan asam atau basa maupun pengenceran. Larutan penyangga dibuat pada nilai pH 2, 3, 4, dan 5 menggunakan larutan HCl 0,1 M dan NaOH 0,1 M. Pada uji variasi pH, adsorben yang ditambahkan sebesar 100 mg dan waktu kontak selama 120 menit. Hasil pengujian pH optimum dapat dilihat pada Tabel 4.3 dan Gambar 4.4 berikut.

Tabel 4.3 Hasil Uji Variasi pH Larutan Optimum

Massa (mg)	pH awal	pH akhir	Konsentrasi Awal (mg/l)	Konsentrasi Akhir (mg/l)	Removal (%)
100	2	2	9,56	5,15	46,14%
100	3	3	9,48	7,08	25,29%
100	4	4	9,41	8,88	5,63%
100	5	5	9,63	9,58	0,44%

Sumber : Data primer, 2023



Gambar 4.4 Grafik Hasil Uji Variasi pH Larutan Optimum

Hasil pengujian ini menunjukkan tren secara umum bahwa semakin rendah pH larutan, semakin besar penurunan konsentrasi kromium Cr(VI) setelah proses adsorpsi. Berdasarkan data di dalam tabel dan grafik tersebut dapat dilihat bahwa tingkat efisiensi adsorpsi logam berat Cr(VI) menggunakan adsorben kulit jeruk manis teraktivasi mengalami peningkatan yang signifikan pada kondisi pH larutan 2. Konsentrasi awal larutan kromium Cr(VI) pada pH 2 adalah 9,56 mg/l, dan setelah melalui proses adsorpsi dengan kulit jeruk manis teraktivasi, konsentrasi kromium Cr(VI) menurun menjadi 5,15 mg/l. Selanjutnya, konsentrasi awal larutan pada pH 3 yaitu 9,48 mg/l menurun menjadi 7,08 mg/l setelah proses adsorpsi. Sementara pada pH 4, konsentrasi awal 9,41 mg/l turun menjadi 8,88 mg/l, dan pada pH 5, konsentrasi awal 9,63 mg/l hanya sedikit menurun menjadi 9,58 mg/l setelah proses adsorpsi.

Hasil ini menunjukkan bahwa pada pH larutan 2 memiliki dampak paling signifikan terhadap pengurangan konsentrasi kromium Cr(VI) dalam larutan melalui proses adsorpsi. Hal tersebut dapat terjadi dikarenakan beberapa faktor salah satunya adalah karena pada pH rendah, muatan permukaan adsorben kulit jeruk manis lebih positif. Ion kromium heksavalen yang memiliki muatan negatif, seperti ion kromat ( $\text{CrO}_4^{2-}$ ) dan ion dikromat ( $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ), akan lebih tertarik secara elektrostatik terhadap permukaan yang bermuatan positif.

Penentuan nilai pH juga didasarkan pada konsep perubahan muatan akibat protonasi dan deprotonasi. Ketika larutan bersifat asam, ion  $H^+$  dalam larutan akan mengalami proses protonasi yang dimana gugus-gugus pada adsorben akan menerima proton dan menjadi bermuatan positif yang sangat reaktif terhadap spesies dalam bentuk anion. Sebaliknya, ketika ion  $OH^-$  hadir dalam larutan, gugus-gugus di dalam adsorben akan mengalami deprotonasi yang menghasilkan muatan negatif yang sangat reaktif terhadap spesies logam dalam bentuk kation [25]. Pada kulit jeruk manis teraktivasi, gugus fungsi selulosa ( $-OH$ ) mengalami deprotonasi, yang mengakibatkan selulosa memiliki muatan negatif dan meningkatkan kemampuan pengikatan. Dari data yang didapatkan dapat disimpulkan bahwa pH 2 merupakan kondisi yang paling optimal untuk meningkatkan efisiensi adsorpsi kromium  $Cr(VI)$  menggunakan adsorben kulit jeruk manis.

#### **4.3.2 Pengujian Variasi Waktu Kontak**

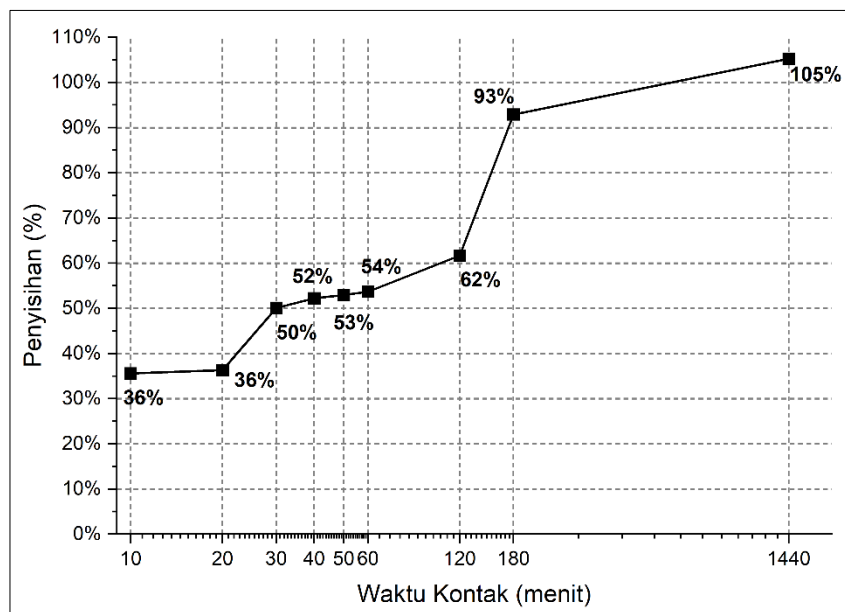
Penentuan waktu kontak bertujuan untuk mengetahui berapa lama waktu kontak optimum untuk mereduksi  $Cr(VI)$  hingga mencapai titik kesetimbangan (*equilibrium*). Penggunaan dosis adsorben untuk pengujian variasi waktu kontak akan menyesuaikan dengan dosis adsorben sebesar 50 mg. Variasi waktu kontak yang dipakai adalah selama 10, 20, 30, 40, 50, 60, 120, 180 dan 1440 menit untuk setiap uji adsorpsi. Hasil dari pengujian variasi waktu kontak terhadap adsorpsi logam  $Cr(VI)$  dengan adsorben kulit jeruk manis teraktivasi dapat dilihat pada Tabel 4.4 dan Gambar 4.5 berikut.

Tabel 4.4 Hasil Uji Variasi Waktu Kontak Adsorben Optimum

Massa (mg)	Waktu (menit)	Konsentrasi Awal (mg/l)	Konsentrasi Akhir (mg/l)	Removal (%)	pH awal	pH akhir
50	10	8,75	5,64	35,56%	2	2
50	20	8,75	5,58	36,28%	2	2
50	30	8,75	4,37	50,07%	2	2
50	40	8,75	4,18	52,25%	2	2
50	50	8,75	4,12	52,98%	2	2
50	60	8,75	4,05	53,70%	2	2
50	120	8,75	3,35	61,68%	2	2
50	180	8,75	0,62	92,89%	2	2
50	1440	8,75	0,062*	105,22%	2	2

Sumber : Data primer, 2023

\* = Nilai LoD



Gambar 4.5 Grafik Hasil Uji Variasi Waktu Kontak Adsorben Optimum

Dari data yang telah didapatkan, terlihat bahwa variasi waktu kontak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap proses adsorpsi Cr(VI) menggunakan adsorben kulit jeruk manis teraktivasi asam sitrat. Data hasil pengujian menunjukkan bagaimana konsentrasi Cr(VI) dalam larutan berubah seiring dengan perubahan waktu kontak yang dimana semakin lama waktu kontak adsorben, semakin efektif proses adsorpsi berlangsung. Pada waktu kontak awal yaitu 10

menit, perubahan konsentrasi sudah terlihat dan seiring bertambahnya waktu kontak terjadi penurunan yang lebih jelas terhadap konsentrasi Cr(VI) dalam larutan. Pada waktu kontak 30 menit terjadi penurunan cukup besar yang dimana konsentrasi turun menjadi 4,37 mg/l dari konsentrasi awal 8,75 mg/l. Hal ini mengindikasikan bahwa dalam waktu yang tidak terlalu lama, adsorpsi Cr(VI) oleh adsorben kulit jeruk manis berlangsung dengan efektif. Setelah mencapai waktu kontak 60 menit, perubahan konsentrasi menjadi lebih lambat yang menunjukkan bahwa proses adsorpsi mendekati titik keseimbangan. Meskipun proses adsorpsi masih berlanjut setelah waktu kontak 60 menit, perubahan konsentrasi menjadi semakin lambat. Pada waktu kontak 120 menit, konsentrasi Cr(VI) turun menjadi 3,35 mg/l, dan pada waktu kontak 180 menit, konsentrasi larutan turun drastis menjadi 0,64 mg/l.

Perubahan konsentrasi yang lebih lambat setelah waktu kontak tertentu menandakan bahwa proses adsorpsi mendekati kondisi keseimbangan dimana jumlah ion Cr(VI) yang diadsorpsi hampir sebanding dengan jumlah yang masih tersisa di larutan. Oleh karena itu, waktu kontak yang lebih lama cenderung menghasilkan efisiensi adsorpsi yang lebih besar. Pada kesimpulannya, waktu kontak yang optimum untuk mencapai efisiensi adsorpsi yang maksimal adalah sekitar 30 hingga 60 menit. Pada rentang waktu ini, perubahan konsentrasi Cr(VI) dalam larutan terjadi dengan signifikan serta proses adsorpsi yang efisien. Namun pada pengujian yang dilakukan adalah untuk menurunkan konsentrasi Cr(VI) sebanyak mungkin, maka dapat digunakan waktu kontak paling lama yaitu 180 menit atau lebih. Dalam waktu kontak tersebut, akan memberikan hasil yang paling optimal dalam hal pengurangan konsentrasi karena penggunaan waktu kontak yang lebih lama mampu menghabiskan sejumlah besar konsentrasi Cr(VI) dalam larutan.

#### **4.3.3 Pengujian Variasi Konsentrasi**

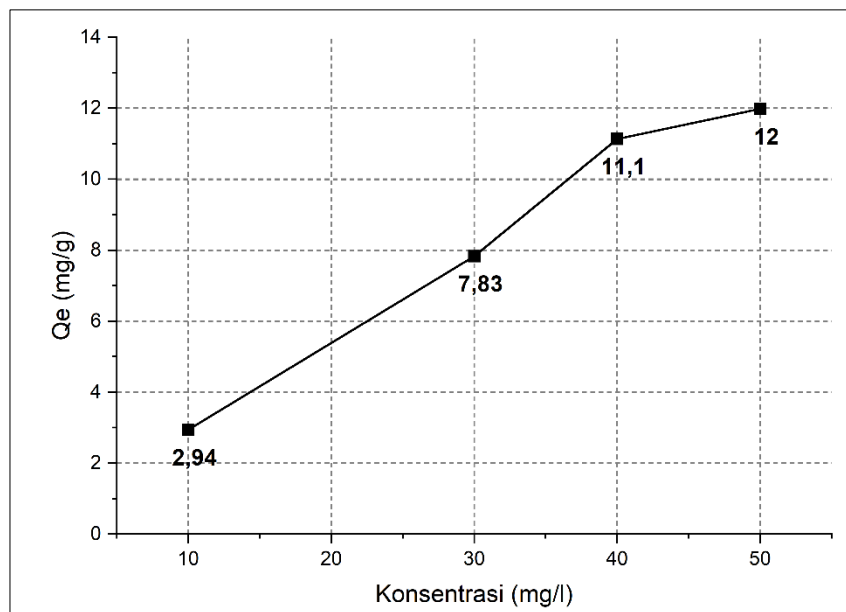
Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui reaksi adsorpsi kulit jeruk manis teraktivasi asam sitrat pada logam Cr(VI) dengan konsentrasi yang berbeda sehingga dapat diketahui kemampuan maksimal penyerapan logam Cr(VI) oleh adsorben kulit jeruk manis. Variasi konsentrasi logam Cr(VI) yang digunakan yaitu 10, 30, 40, dan 50 mg/l dengan menggunakan adsorben kulit jeruk manis yang teraktivasi. Dalam pengujian ini menggunakan massa adsorben 30 mg, kondisi pH

2, waktu kontak 180 menit, dan kecepatan pengadukan 150 rpm dengan volume larutan 10 ml. Setelah selesai pengadukan, lalu disaring kemudian sampel diuji untuk mengetahui sisa logam Cr(VI) yang ada pada larutan. Hasil pengujian variasi konsentrasi larutan Cr(VI) dapat dilihat pada Tabel 4.5 dan Gambar 4.6 berikut.

Tabel 4.5 Hasil Uji Variasi Konsentrasi Larutan Optimum

Massa (mg)	Variasi Konsentrasi (mg/l)	Konsentrasi Awal (mg/l)	Konsentrasi Akhir (mg/l)	Qe (mg/g)	Removal (%)	pH awal	pH akhir
30	10	9,32	0,50	2,94	94,69%	2	2
30	30	27,16	3,66	7,83	86,53%	2	2
30	40	36,05	2,64	11,14	92,67%	2	2
30	50	44,56	8,61	11,98	80,67%	2	2

Sumber : Data primer, 2023



Gambar 4.6 Grafik Hasil Uji Variasi Konsentrasi Larutan Optimum

Hasil dari pengujian ini menunjukkan bagaimana variasi konsentrasi awal Cr(VI) dalam larutan berpengaruh pada kemampuan adsorpsi. Berdasarkan data tersebut, terlihat bahwa konsentrasi awal larutan berperan penting dalam mengatur tingkat efisiensi proses adsorpsi. Dari data tersebut terlihat pada variasi 50 mg/l yaitu konsentrasi awal 44,56 mg/l terjadi perubahan konsentrasi setelah proses adsorpsi menjadi 8,61 mg/l, pada variasi 40 mg/l terjadi perubahan konsentrasi dari 36,05 mg/l menjadi 2,64 mg/l, pada variasi 30 mg/l juga terjadi penurunan



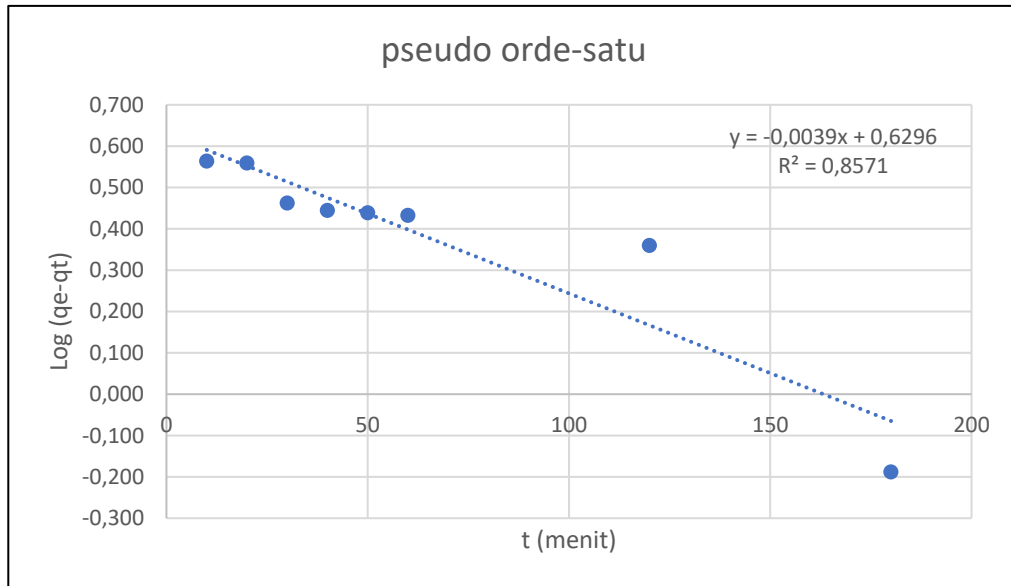
konsentrasi yang awalnya 27,16 mg/l menjadi 3,66 mg/l. Jika dibandingkan selisih nilai adsorpsi dari variasi tersebut didapatkan bahwa pada variasi 50 mg/l memiliki nilai selisih terbesar yaitu 35,95 mg/l.

Dalam penjelasannya, semakin tinggi konsentrasi awal Cr(VI) dalam larutan, semakin besar jumlah ion Cr(VI) yang dihilangkan melalui proses adsorpsi. Hal ini mengidentifikasi bahwa adsorpsi Cr(VI) menggunakan adsorben kulit jeruk manis teraktivasi asam sitrat lebih efektif pada konsentrasi awal yang lebih tinggi. Proses adsorpsi pada pengujian variasi ini berhasil mengurangi konsentrasi larutan yang memberikan penjelasan tentang bagaimana konsentrasi awal larutan menjadi faktor penentu dalam efisiensi adsorpsi.

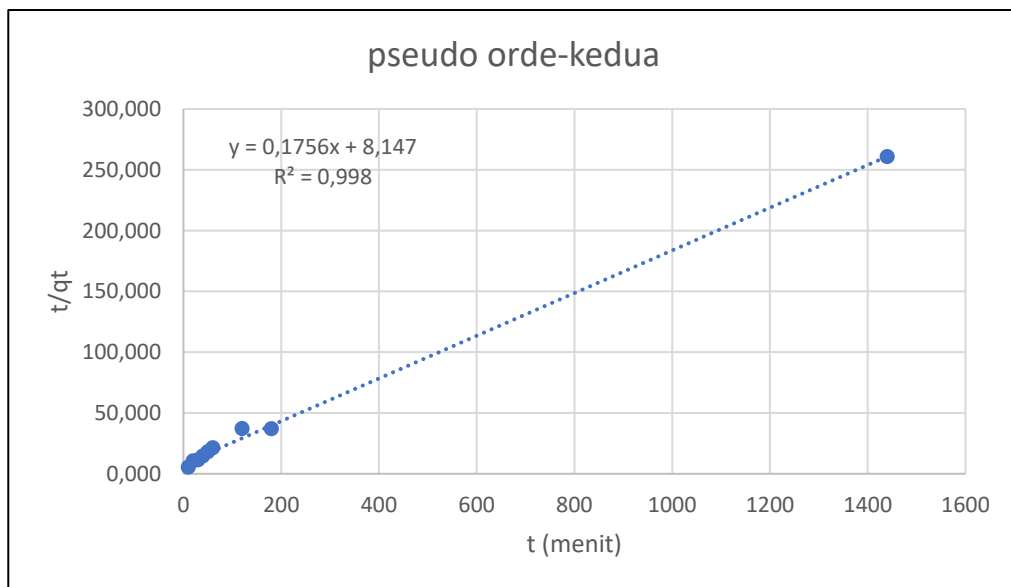
#### **4.4 Kinetika Adsorpsi**

Kinetika adsorpsi merupakan fungsi waktu, dimana waktu kontak merupakan dasar untuk mengetahui kinetika adsorpsi ion logam Cr(VI). Kinetika reaksi pada proses adsorpsi digunakan untuk mengidentifikasi bagaimana mekanisme penyerapan yang terjadi pada adsorben kulit jeruk manis. Kinetika adsorpsi dapat diketahui menggunakan persamaan *pseudo-first order* dan *pseudo-second order*.

Pengukuran dilakukan secara *batch* yaitu 50 mg adsorben dalam 30 ml larutan diaduk menggunakan *orbital shaker* kemudian diambil setiap waktu 10, 20, 30, 40, 50, 60, 120, 180 dan 1440 menit untuk analisis menggunakan Spektrofotometer Uv-Vis sehingga diketahui perubahan konsentrasi ion Cr(VI) dalam larutan pada setiap perubahan waktu. Hasil penentuan mekanisme adsorpsi logam Cr(VI) menggunakan model *pseudo-first order* dan *pseudo-second order* dapat dilihat dalam grafik pada Gambar 4.7 dan Gambar 4.8 berikut.



Gambar 4.7 Model Kinetika Adsorpsi Orde Satu



Gambar 4.8 Model Kinetika Adsorpsi Orde Dua

Konstanta kecepatan adsorpsi atau  $K_1$  ( $\text{menit}^{-1}$ ) ditentukan dengan membandingkan persamaan linear yang diperoleh terhadap persamaan orde satu. Sedangkan nilai konstanta laju orde dua atau  $K_2$  ( $\text{g/mg.menit}$ ) ditentukan dengan membandingkan terhadap persamaan orde dua [26][27]. Grafik orde satu digambarkan dengan menginterpretasikan data percobaan antara  $\text{log}(q_e - q_t)$  terhadap waktu atau  $t$  (menit). Sedangkan pada grafik orde dua menjelaskan data hasil uji antara  $t/q_t$  terhadap  $t$ . Hasil perhitungan dan analisis konstanta tiap model kinetika disajikan dalam Tabel 4.6 berikut.

Tabel 4.6 Hasil Analisis Kinetika Adsorpsi Cr(VI)

Co (mg/l)	<i>Pseudo-first order</i>			<i>Pseudo-second order</i>		
	qe	K <sub>1</sub>	R <sup>2</sup>	qe	K <sub>2</sub>	R <sup>2</sup>
8,75	1,88	0,0039	0,8571	5,69	0,03	0,998

Sumber : Data primer, 2023

Berdasarkan analisis kinetika adsorpsi yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa reaksi adsorpsi pada larutan Cr(VI) dengan model kinetika *pseudo-first order* dan *pseudo-second order*. Konstanta laju kinetika yang dihitung dari regresi linear data adalah (K<sub>1</sub>) untuk orde satu dan (K<sub>2</sub>) untuk orde dua, dengan nilai koefisien determinasi atau R<sup>2</sup> yaitu 0,8571 untuk orde satu dan 0,998 untuk orde dua, menunjukkan bahwa model ini secara baik menjelaskan hubungan antara perubahan konsentrasi dan waktu dalam proses adsorpsi. Hasil ini mengindikasikan bahwa perubahan konsentrasi Cr(VI) dalam proses adsorpsi dapat dijelaskan dengan baik menggunakan model kinetika *pseudo-second order*.

#### 4.5 Isoterm Adsorpsi

Pada percobaan ini menggunakan adsorben kulit jeruk manis yang teraktivasi dengan asam sitrat, dilakukan pemodelan isoterm dengan model Langmuir dan Freundlich untuk mengetahui kesetimbangan antara jumlah logam yang diadsorpsi oleh adsorben. Model langmuir mendefinisikan bahwa kapasitas adsorpsi maksimum terjadi akibat adanya lapisan tunggal (*monolayer*) adsorbat di permukaan adsorben. Isoterm Freundlich digunakan jika diasumsikan bahwa terdapat lebih dari satu lapisan permukaan (*multilayer*) dan site bersifat heterogen, yaitu adanya perbedaan energi pengikatan pada tiap-tiap site [28].

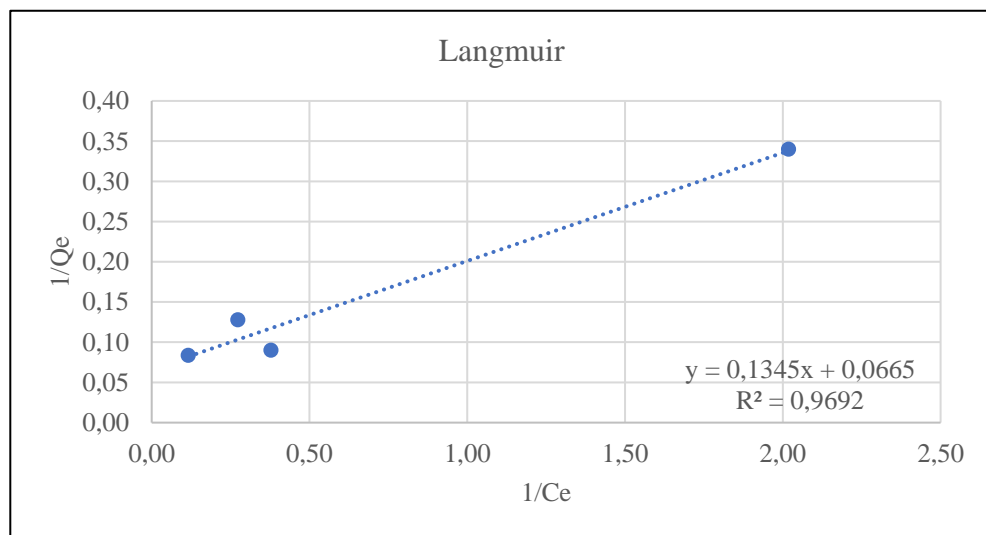
##### 4.5.1 Isoterm Langmuir

Data dari pengujian konsentrasi larutan Cr(VI) diolah menggunakan persamaan isoterm langmuir untuk mengetahui kemampuan maksimum penyerapan logam Cr(VI) oleh adsorben kulit jeruk manis dapat dilihat pada Tabel 4.7 dan Gambar 4.9 berikut ini.

Tabel 4.7 Perhitungan Nilai Adsorpsi Oleh Model Langmuir

Massa Adsorben (mg)	Volume Larutan (ml)	Konsentrasi Awal (mg/l)	Konsentrasi Akhir (mg/l)	Removal (%)	Langmuir		
					Qe	1/Qe	1/Ce
30	10	9,32	0,50	95%	2,94	0,34	2,02
30	10	27,16	3,66	87%	7,83	0,13	0,27
30	10	36,05	2,64	93%	11,14	0,09	0,38
30	10	44,56	8,61	81%	11,98	0,08	0,12

Sumber : Data primer, 2023



Gambar 4.9 Persamaan Isoterm Langmuir

Berdasarkan Gambar 4.9 pada persamaan isoterm Langmuir diperoleh nilai  $y = 0,1345x + 0,0665$  dengan nilai  $R^2 = 0,9692$  yang akan digunakan untuk menghitung nilai  $Q_m$  dari adsorben kulit jeruk manis. Nilai  $Q_m$  yang terhitung adalah sebesar.

$$\begin{aligned}
 Q_m &= \frac{1}{a} \\
 &= \frac{1}{0,0665} \\
 &= 15,27 \text{ mg/g}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 KL &= \frac{1}{b \cdot Q_m} \\
 &= \frac{1}{0,1345 \times 15,27} \\
 &= 0,487 \text{ l/mg}
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan, diperoleh kapasitas maksimum adsorpsi adalah sebesar 15,27 mg/g. Ini menunjukkan bahwa pada kondisi optimal, setiap gram adsorben kulit jeruk manis dapat menyerap hingga 15,27 mg kandungan ion logam berat Cr(VI). Kapasitas maksimum yang tinggi ini menunjukkan bahwa adsorben kulit jeruk manis memiliki potensi yang baik sebagai adsorben air limbah. Kemudian nilai konstanta Langmuir yang diperoleh memiliki nilai sebesar 0,487 l/mg. Konstanta ini merupakan parameter yang menjelaskan tentang bagaimana daya tarik antara adsorben dengan ion Cr(VI). Dengan begitu, semakin tinggi nilai konstanta yang didapat maka semakin kuat daya tarik antara keduanya.

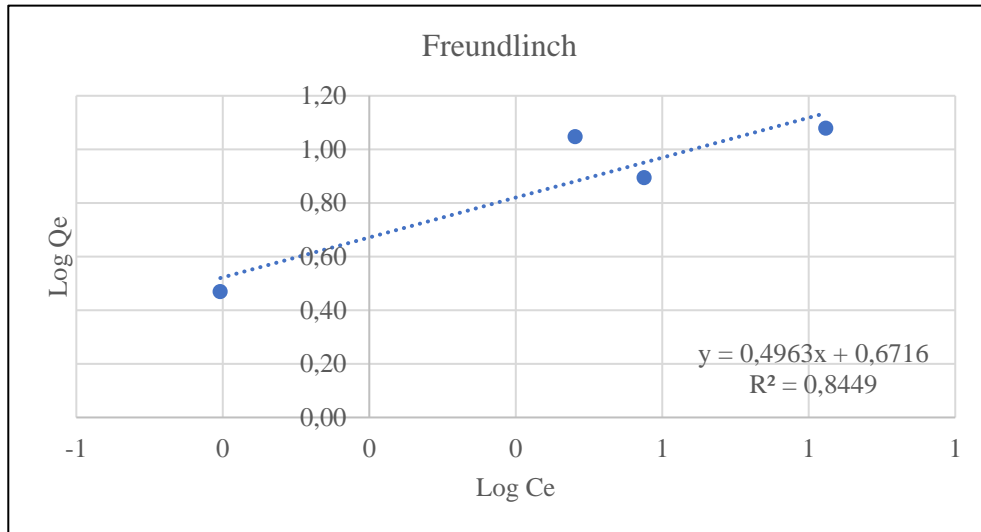
#### 4.5.2 Isoterm Freundlich

Isotherm Freundlich digunakan jika diasumsikan bahwa terdapat lebih dari satu lapisan permukaan (*multilayer*) dan site bersifat heterogen, yaitu adanya perbedaan energi pengikatan pada tiap-tiap site. Perhitungan dari persamaan pemodelan Freundlich dapat dilihat pada Tabel 4.8 dan Gambar 4.10 berikut ini.

Tabel 4.8 Perhitungan Nilai Adsorpsi Oleh Model Freundlich

Massa Adsorben (mg)	Volume Larutan (ml)	Konsentrasi Awal (mg/l)	Konsentrasi Akhir (mg/l)	Removal (%)	Freundlich		
					Qe	Log Qe	Log Ce
30	10	9,32	0,50	95%	2,94	0,47	0
30	10	27,16	3,66	87%	7,83	0,89	0,6
30	10	36,05	2,64	93%	11,14	1,05	0,4
30	10	44,56	8,61	81%	11,98	1,08	1

Sumber : Data primer, 2023



Gambar 4.10 Persamaan Isoterm Freundlich

Dari gambar 4.10 diperoleh nilai  $R^2 = 0,8449$  dan nilai konstanta Freundlich didapat pada Tabel 4.9 berikut.

Tabel 4.9 Nilai Konstanta Freundlich

Keterangan	Nilai
1/n	2,01
n	0,49
ln Kf	1,55
Kf	4,69

Sumber : Data primer, 2023

Nilai Kf pada persamaan Freundlich menunjukkan kapasitas dari adsorpsi ion logam Cr(VI) dari adsorben kulit jeruk manis, semakin besar nilai Kf maka semakin besar kapasitas adsorpsinya. Nilai Kf yang diperoleh sebesar 4,69 mg/g.

Pengujian persamaan adsorpsi Langmuir dan Freundlich dapat dilihat dengan grafik linierisasi yang baik dan mempunyai nilai koefisien determinasi  $R^2$  mendekati 1. Dari kedua grafik persamaan diatas terlihat bahwa persamaan adsorpsi Langmuir dengan  $R^2 = 0,9692$  dan persamaan adsorpsi Freundlich dengan  $R^2 = 0,8449$ . Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa persamaan Langmuir lebih sesuai dengan adsorpsi yang terjadi pada logam Cr(VI) oleh adsorben kulit jeruk manis. Hal itu karena setiap site memiliki energi adsorpsi yang sama dalam

menyerap satu molekul dan tidak ada interaksi antar molekul adsorbat sehingga hanya terbentuk satu lapisan (*monolayer*).

#### 4.6 Perbandingan Kemampuan Adsorben Aktivasi Dan Tanpa Aktivasi

Setelah didapat pH, waktu kontak, dan konsentrasi optimum kemudian dilakukan pengujian perbandingan adsorben non-aktivasi dengan adsorben teraktivasi asam sitrat terhadap larutan logam Cr(VI). Pengujian perbandingan adsorben dapat dilihat pada tabel 4.10 sebagai berikut.

Tabel 4.10 Perbandingan Kemampuan Adsorben Non-aktivasi dan Aktivasi

Adsorben	Massa (mg)	Konsentrasi Awal (mg/l)	Konsentrasi Akhir (mg/l)	Removal (%)	pH awal	pH akhir
Non-Aktivasi	30	8,92	0,062*	100%	2	2
Aktivasi	30	8,92	0,062*	100%	2	2

Sumber : Data primer, 2023

\* = Nilai LoD

Dari hasil diatas, terlihat bahwa adsorben kulit jeruk manis yang teraktivasi dengan asam sitrat memiliki kemampuan adsorpsi yang sama dengan adsorben non-aktivasi. Perbedaan ini dilihat dari perubahan konsentrasi Cr(VI) setelah proses adsorpsi, dimana adsorben non-aktivasi dan aktivasi asam sitrat menghasilkan penurunan konsentrasi yang sama yaitu hingga 100% penyisihan.

Pengaruh aktivasi ini menjelaskan bagaimana interaksi asam sitrat dengan permukaan kulit jeruk manis dapat meningkatkan sifat porositas dan permukaan adsorben. Permukaan yang lebih porus dan luas dapat menyediakan lebih banyak situs ikatan yang tersedia untuk menyerap ion Cr(VI), sehingga meningkatkan kapasitas adsorpsi secara keseluruhan.

Asam sitrat sebagai aktivator, dapat berinteraksi dengan sejumlah gugus fungsional pada permukaan kulit jeruk manis, lalu membuka pori-pori, dan meningkatkan kerapatan situs adsorpsi yang tersedia. Proses ini juga dapat meningkatkan keberadaan gugus fungsional yang berikatan dengan ion logam Cr(VI), memfasilitasi adsorpsi melalui mekanisme yang melibatkan gaya seperti pertukaran ion.

#### 4.7 Uji Adsorben Kulit Jeruk Manis Pada Limbah Cair Batik

Pengujian terhadap logam Cr(VI) pada limbah cair batik dari sisa fiksasi atau limbah sisa hasil dari proses penguatan warna pada batik dilakukan dengan kondisi optimum adsorben kulit jeruk manis yang sudah ditentukan sebelumnya. Pengujian adsorben kulit jeruk manis dalam menyerap logam Cr(VI) pada limbah cair batik dapat dilihat pada Tabel 4.11 berikut ini.

Tabel 4.11 Uji Adsorben Kulit Jeruk Manis Pada Limbah Cair Batik

Adsorben	Massa (mg)	Konsentrasi Awal (mg/l)	Konsentrasi Akhir (mg/l)	Removal (%)	pH awal	pH akhir
Non-Aktivasi	30	0,062*	0,062*	0%	3	3
Aktivasi	30	0,062*	0,062*	0%	3	3

Sumber : Data primer, 2023

\* = Nilai LoD

Pada hasil uji adsorben kulit jeruk manis, terlihat bahwa konsentrasi awal limbah cair batik rendah atau tidak terdeteksi, hal ini dapat dijelaskan oleh beberapa faktor salah satunya adalah tentang bahan pembuatan atau pewarnaan batik yang digunakan. Konsentrasi awal Cr(VI) yang rendah dalam limbah cair batik dapat disebabkan oleh sifat alami air sumur yang digunakan memiliki konsentrasi logam yang lebih rendah. Kemudian bahan kimia seperti nitrit dan HCL yang berperan dalam pewarnaan batik dapat berpotensi berkontribusi pada pembentukan Cr(VI) dari senyawa besi di dalam Tunjung (*Ferrous Sulfate*). Tetapi pada kesimpulannya, konsentrasi Cr(VI) yang rendah mungkin mengindikasikan bahwa interaksi ini tidak terjadi secara signifikan dalam proses pewarnaan batik tersebut.



*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BAB V**

### **SIMPULAN DAN SARAN**

#### **4.8 Simpulan**

Berdasarkan hasil pengujian, terdapat beberapa kesimpulan yang dapat diambil, yaitu sebagai berikut.

1. Kondisi optimum adsorben kulit jeruk manis untuk proses adsorpsi Cr(VI) terjadi pada pH larutan 2, waktu kontak 30 menit, dan konsentrasi larutan awal sebesar 50 mg/l.
2. Model persamaan Langmuir merupakan persamaan paling sesuai yang digunakan dalam menentukan kemampuan adsorpsi. Dengan model ini, kapasitas adsorpsi maksimum kulit jeruk manis teraktivasi asam sitrat adalah sebesar 15,27 mg/g.
3. Perbandingan antara adsorben kulit jeruk manis non-aktivasi dan aktivasi asam sitrat tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan dalam kemampuan adsorpsi ion logam Cr(VI). Keduanya dapat secara efektif mengurangi konsentrasi Cr(VI) dalam larutan.

#### **4.9 Saran**

Berdasarkan hasil pengujian, terdapat beberapa kesimpulan yang dapat diambil, yaitu sebagai berikut.

1. Pemilihan aktivator untuk adsorben kulit jeruk manis dapat menggunakan opsi lain baik aktivasi secara kimia maupun fisika.
2. Menggunakan adsorben non-aktivasi dalam pengujian keadaan optimum setiap variasi untuk mengetahui perbedaan keadaan optimum antara adsorben non-aktivasi dan aktivasi.
3. Untuk parameter logam berat disarankan untuk menguji Kromium Total agar dapat digunakan dalam mengurangi kandungan Cr dalam air limbah secara menyeluruh.
4. Melakukan pengujian adsorpsi limbah cair batik dari beberapa industri yang berbeda untuk mengetahui perbedaan kemampuan adsorben kulit jeruk manis terhadap limbah cair batik dengan bahan yang berbeda.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Natalina, N., dan Firdaus, H. 2017. Penurunan Kadar Kromium Heksavalen (Cr6+) dalam Limbah Batik menggunakan Limbah Udang (Kitosan). *Teknik*, 38(2), 99-102.
- [2] Prasad, A. G. D., dan Abdullah, M. A. 2009. Biosorption of Fe (II) From Aqueous Solution Using Tamarind Bark and Potato Peel Waste: Equilibrium and Kinetic studies. *Journal of Applied Science in Environmental Sanitation*, 4(3), 273-282.
- [3] Ashraf, M. A., Maah, M. J., and Yusoff, I. 2010. Study of Banana Peel (*Musa sapientum*) as a Cationic Biosorben. 8(1), 7-17.
- [4] Kurniasari, L., Riwayanti, I., Suwardiyono. 2012. Pektin Sebagai Alternatif Bahan Baku Biosorben Logam Berat. *Momentum*, 8 (1), 1-5.
- [5] Kupchick, L. A., Kartel, N. T., Bogdanov, E. S., Begdanova, O. V., and Kupchick, M. P. 2005. Chemical Modification of Pectin to Improve It's sorption properties. *Russian Journal of Applied chemistry*, 79(3), 457.
- [6] Endress, H.U. 1991. Nonfood Use of Pectin. *Hebstreith and Fox Kg Pectin-Fabrik*. Neuenburg. Jerman. 257.
- [7] Wilats, J. William. G.T., Paul K. and Jorn D.M. 2006. Pectin: New Insights Into and Old Polymer Are Starting To Gel. *Journal of Trends in Food Science & Technology*, 97-104.
- [8] Alloway, B.J. dan Ayres, D.C. 1993. *Chemical Prinsiples of Environmental Pollution*. Chapman and Hall. London.
- [9] Reilly, C. 1991. *Metal Contamination Food*. Second edition. Elseiver science. Publisher LTD. London and New York.
- [10] Novotny, V. and Olem, H. 1994. *Water Quality Presentation, Identification, and Management of Diffuse Pollution*. Van Nostrand Reinhold. New York. U.S.A.
- [11] Yilmaz, A. B., Turan, C., and Toker, T. 2010. Uptake and Distribution of Hexavalent Chromium in Tissues (Gill, Skin and Muscle) of a Freshwater Fish *Oreochromis aureus*. *Journal of Environmental Chemistry and Ecotoxicology*, 2(3), 28-33.
- [12] Yefrida, Y. 2007. Penurunan Kadar Logam Tembaga dan Kadmium Dalam Air Menggunakan Regenerasi Serbuk Gergaji Kayu Timbalun (*Shorea sp.*). Universitas Andalas Padang. Padang.
- [13] Palar, H. 1994. *Pencemaran dan Toksisitas Logam Berat*. Rineka Cipta. Jakarta.

- [14] Steenis. C.G.G. J. van. 1992. Flora Untuk Sekolah Di Indonesia. Edisi 6. Jakarta.
- [15] Albrigo, L. G dan Carter, R.D. 1977. Structure of Citrus Fruits in Relation to Processing. Science and Technology, vol. 1.
- [16] Delaroza, R. 2018. Adsorpsi Logam Berat Menggunakan Adsorben Alami pada Air Limbah Industri. Jakarta.
- [17] Sureshkumar, H. 2015. Removal of Heavy Metals from Wastewater: A review. International Journal of Application or Innovation in Engineering & Management (IJAEM), 4(10), 19–22.
- [18] Yustinah, Hudzaifah, Aprilia, M., & Syamsudin, A. B. 2019. Keseimbangan Adsorpsi Logam Berat (Pb) Dengan Adsorben Tanah Diatomit Secara Batch. Jurnal Konversi, 9(1), 17–28.
- [19] Senthil Kumar, P., Vincent, C., Kirthika, K., & Sathish Kumar, K. 2010. Kinetics and equilibrium studies of Pb<sup>2+</sup> ion removal from aqueous solutions by use of nano-silversol-coated activated carbon. Brazilian Journal of Chemical Engineering, 27(2), 339–346.
- [20] Solika, N., Napitupulu, M., & Gonggo, S. T. 2018. Bioadsorpsi Pb(II) Menggunakan Kulit Jeruk Siam (*Citrus Reticulata*). Jurnal Akademika Kimia, 6(3), 160.
- [21] Fardiansyah, H. 2017. Pemanfaatan Media Bambu Sebagai Adsorbent Penyerap Logam Kadmium (Cd) dengan Perbandingan Tanpa Aktivasi dan Aktivasi dengan Asam Sitrat. Yogyakarta.
- [22] Seliaprillia, S., Susanawati, L, D., dan Suharto, B. 2019. Pemanfaatan Kulit Jeruk Peras (*Citrus sinesis L. Obbeck*) dan Kulit Kacang Tanah (*Arachis hypogaea*) Sebagai Karbon Aktif Terhadap pH dan BOD Pada Air Limbah Perikanan di Daerah Kabupaten Tulungagung. Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan, 6, 18–24.
- [23] 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.
- [24] Kurniawan, D., 2016. Pemanfaatan Media Bambu Sebagai Adsorbent Penyerap Logam Timbal (Pb) Dengan Perbandingan Tanpa Aktivasi dan Aktivasi dengan Asam Sitrat. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- [25] Tangio, J. S., 2013. Adsorpsi Logam Timbal (Pb) Dengan Menggunakan Biomassa Enceng Gondok (*Eichhorniacrassipes*). Jurnal Entropi, 8(1), 500–506.
- [26] Febrianto, J., Kosasih, A. N., Sunarso, J., Ju, Y. H., Indraswati, N. and Ismadji, S., 2009. Equilibrium and Kinetic Studies in Adsorption of Heavy

Metals using Biosorbent: a Summary of Recent Studies. *Journal of Hazardous Materials*, 162(2-3), 616-645.

- [27] Wahyudianto, F. E. 2016. Studi Pemanfaatan Limbah Cangkang Kerang Darah (Anadara Granosa) Sebagai Adsorben Pb 2+, Cu 2+, Dan Zn 2+. Magister Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh November. Bogor.
- [28] Masduqi, A dan Slamet, A., 2000. Satuan Proses: Modul Ajar. Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.

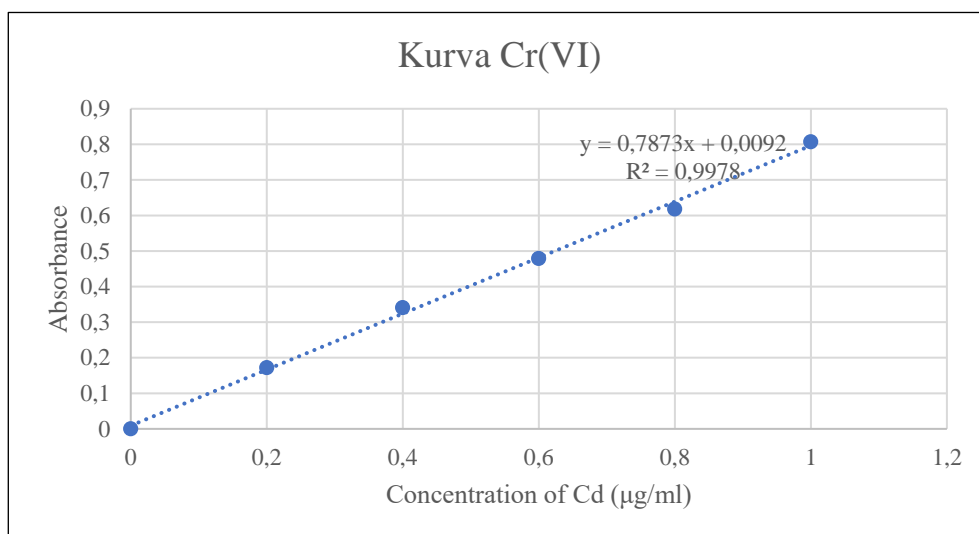
*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## LAMPIRAN

### Lampiran 1. Kurva Kalibrasi Standar

Kurva kalibrasi dalam Spektrofotometri UV-Vis digunakan untuk mengukur konsentrasi logam berat dalam larutan. Fungsi utama kurva kalibrasi adalah untuk menghubungkan nilai absorbansi dari larutan sampel dengan konsentrasi yang diketahui dari logam berat yang diukur. Prinsip dasar penggunaan kurva kalibrasi adalah hubungan linear antara absorbansi dan konsentrasi, yang kemudian digunakan untuk mengukur konsentrasi sampel yang tidak diketahui berdasarkan respon optiknya. Hasil pengukuran kurva kalibrasi dapat dilihat pada tabel dan grafik berikut.

Sample Label	Conc.	Mean Abs.
	$\mu\text{g/ml}$	
Standard 1	0,000	0,001
Standard 2	0,200	0,1720
Standard 3	0,400	0,3410
Standard 4	0,600	0,4790
Standard 5	0,800	0,6180
Standard 6	1,000	0,8070
Koef Korelasi		0,998373738
Slope		0,7735
Intersep		0,0193
Sy/x		0,016127616
IoD		0,062550547
IoQ		0,208501824



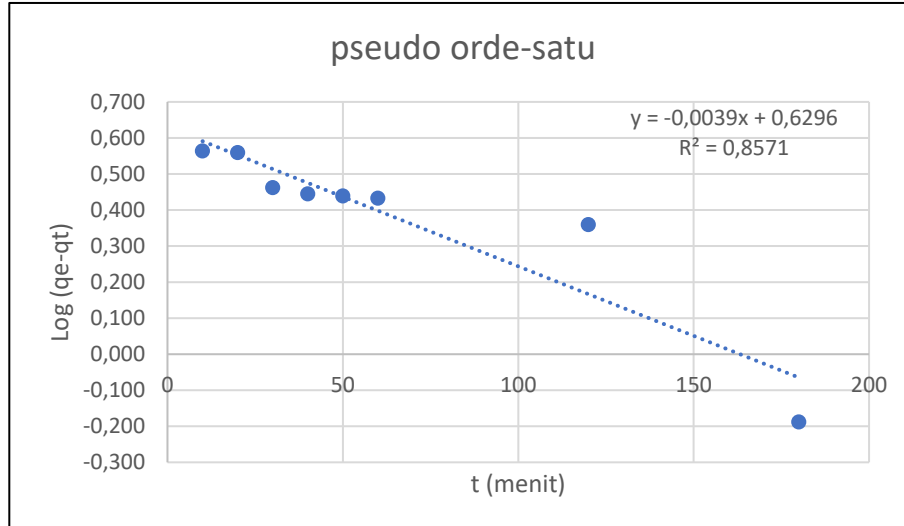


## Lampiran 2. Perhitungan Kinetika Adsorpsi

### A. Kinetika pseudo orde-satu

Waktu Setimbang (menit)	Massa (g)	Co (mg/l)	Ce (mg/l)	V (ml)	qe (mg/g)
1440	0,05	8,75	0,062*	30	5,53

t (menit)	Co (mg/l)	Ce (mg/l)	V (ml)	qt (mg/g)	Log (qe-qt)
10	8,75	5,64	30	1,87	0,563
20	8,75	5,58	30	1,91	0,559
30	8,75	4,37	30	2,63	0,462
40	8,75	4,18	30	2,74	0,444
50	8,75	4,12	30	2,78	0,438
60	8,75	4,05	30	2,82	0,432
120	8,75	3,35	30	3,24	0,359
180	8,75	0,62	30	4,88	0
1440	8,75	0,062*	30	5,53	#NUM!

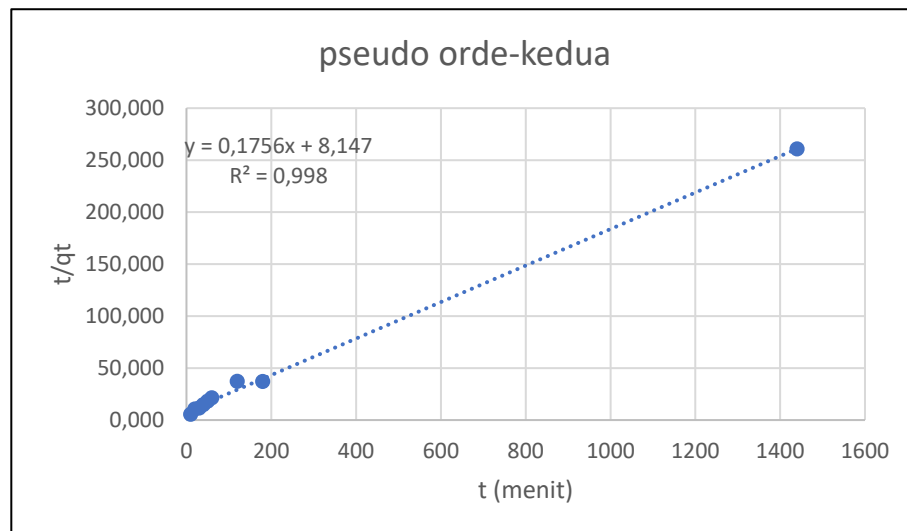


- $y = ax + b$
- $\frac{dq}{dt} = K_1 (q_e - q_t)$
- $y = -0,0039x + 0,8571$

Slope (a)	Intercep (b)	$K_1$ (menit <sup>-1</sup> )	qe	R <sup>2</sup>	Log qe
-0,0039	0,6296	0,0039	1,88	0,8571	0,63

B. Kinetika pseudo orde-dua

t (menit)	Massa (g)	Co (mg/l)	Ce (mg/l)	V (ml)	qt (mg/g)	t/qt
10	50	8,75	5,64	30	1,87	5,356
20	50	8,75	5,58	30	1,91	10,497
30	50	8,75	4,37	30	2,63	11,410
40	50	8,75	4,18	30	2,74	14,580
50	50	8,75	4,12	30	2,78	17,975
60	50	8,75	4,05	30	2,82	21,278
120	50	8,75	3,35	30	3,24	37,049
180	50	8,75	0,62	30	4,88	36,905
1440	50	8,75	0,062*	30	5,53	260,623



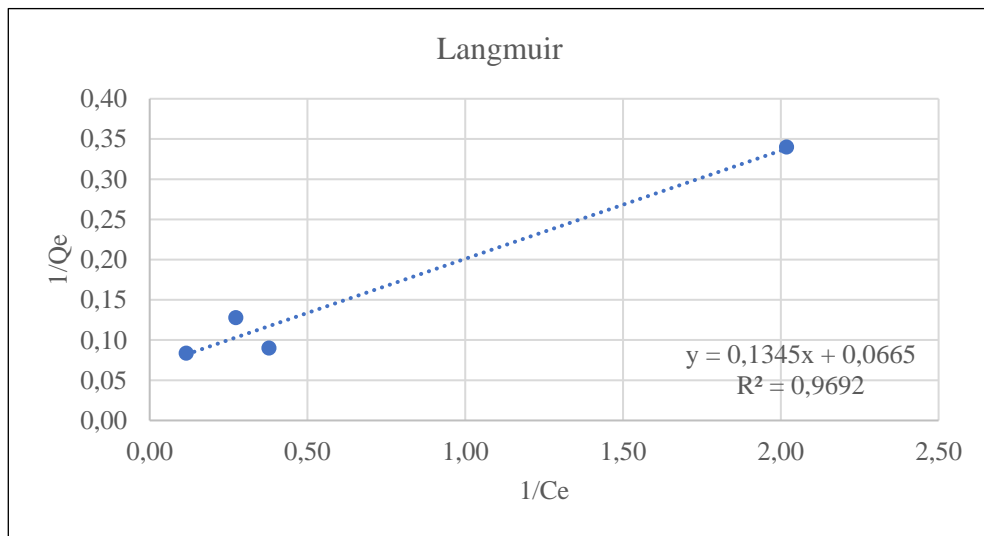
- $y = ax + b$
- $t/qt = 1/q_e t + 1/K_2 q_e^2$
- $y = 0,1756 + 8,147$

Slope (a)	Intercep (b)	$K_2$ (menit <sup>-1</sup> )	$q_e$	$q_e^2$	$R^2$
0,1756	8,147	0,03	5,69	32,43	0,998

### Lampiran 3. Isoterm Adsorpsi

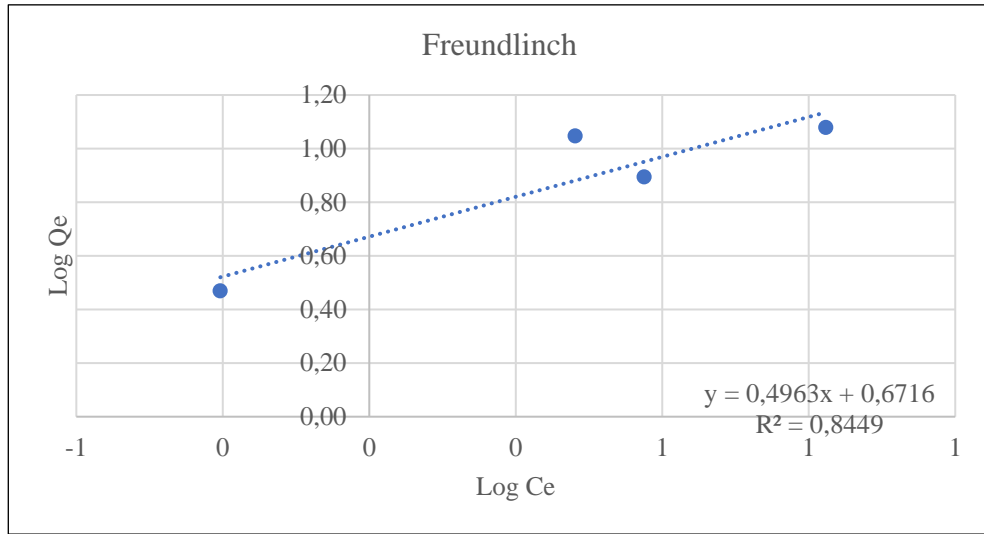
Variasi Co (mg/l)	Co (mg/l)	Ce (mg/l)	Penyisihan (%)	Delta C	Qe (mg/g)	1/Qe	1/Ce	Ln Qe	Ln Ce	Log Qe	Log Ce
10	9,32	0,50	95%	8,83	2,94	0,34	2,02	1,08	-0,7	0,47	0
30	27,16	3,66	87%	23,50	7,83	0,13	0,27	2,06	1,30	0,89	0,6
40	36,05	2,64	93%	33,41	11,14	0,09	0,38	2,41	0,97	1,05	0,4
50	44,56	8,61	81%	35,95	11,98	0,08	0,12	2,48	2	1,08	1

#### A. Isoterm Langmuir



Slope	Intercep	Q max (mg/g)	KL	R <sup>2</sup>
0,1345	0,0655	15,27	0,487	0,9626

## B. Isoterm Freundlich



Slope	Intercep	1/n	Kf	Ln Kf	R <sup>2</sup>
0,4963	0,6716	2,01	4,69	1,55	0,8449

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **RIWAYAT HIDUP**

Saya adalah Rangga Putradi Ahdim, lahir di Lombok Timur, 31 Agustus 2001, saya adalah anak pertama dari empat bersaudara, anak dari pasangan Rudi Purতোমো dan Normayati. Ketika berumur 6 tahun, saya memulai pendidikan di SDN 1 Dompu, kemudian melanjutkan di SMPN 1 Dompu. Setelah lulus dari SMP pada 2016, saya melanjutkan di SMA 1 Dompu. Setelah lulus saya melanjutkan kuliah di jurusan Teknik Lingkungan di Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Pada saat SMA, saya aktif mengikuti kegiatan ekstrakurikuler seperti Pramuka, PMR, dan Olahraga. Saat masuk ke dunia kuliah, saya terpilih menjadi Ketua Angkatan 2019 atau disebut Koordinator Senat Mahasiswa di jurusan saya. Selain ini saya juga aktif mengikuti kegiatan mahasiswa seperti kepanitiaan dan organisasi mahasiswa. Beberapa kepanitiaan yang saya ikuti adalah Enviro Champions, Envirotation, dan Lintas Lingkungan. Kemudian organisasi mahasiswa yang saya ikuti juga adalah Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan dan Lembaga Eksekutif Mahasiswa Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Pada beberapa semester akhir, saya juga aktif memperbanyak pengalaman seperti menjadi Asisten Sampling pada Laboratorium Kualitas Lingkungan Universitas Islam Indonesia, kemudian menjadi Student Staff di Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia, dan juga menjadi Tenaga Harian Lepas Technical di PT. Greenlab Indo Global. Dengan berbagai pengalaman ini, saya berharap dapat menjadi individu yang berkontribusi baik bagi diri sendiri maupun orang lain.