

TA/TL/2023/1671

**TUGAS AKHIR**

**PENURUNAN KANDUNGAN LOGAM BERAT  
KROMIUM HEKSAVALEN (Cr-VI) DALAM LARUTAN  
MENGUNAKAN ADSORBEN BATU APUNG**

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



**SHIKE PRAMAYSHELA  
19513170**

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

**TUGAS AKHIR**  
**PENURUNAN KANDUNGAN LOGAM BERAT**  
**KROMIUM HEKSAVALEN (Cr-VI) DALAM LARUTAN**  
**MENGGUNAKAN ADSORBEN BATU APUNG**

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



**SHIKE PRAMAYSHELA**  
**19513170**

Disetujui,  
Dosen Pembimbing:

**Puji Lestari, S.Si., M.Sc., Ph.D.**  
**NIK. 155130112**  
Tanggal: 18-10-23

**F. Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.E.S., Ph.D.**  
**NIK. 025100406**  
Tanggal: 18-10-23



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

# PENURUNAN KANDUNGAN LOGAM BERAT KROMIUM HEKSAVALEN (Cr-VI) DALAM LARUTAN MENGUNAKAN ADSORBEN BATU APUNG

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Sabtu  
Tanggal : 21 Oktober 2023

Disusun Oleh:

SHIKE PRAMAYSHELA  
19513170

Tim Penguji :

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

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

Any Juliani, S.T., M.Sc.(Res.Eng.), 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, 21 Oktober 2023

Yang membuat pernyataan,



**Shike Pramayshela**

19513170

## PRAKATA

*Assalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh*

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga Tugas Akhir ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Maret 2023 hingga Agustus 2023 ini ialah **“Penurunan Logam Berat Kromium Heksavalen (Cr-VI) dalam Larutan Menggunakan Adsorben Batu Apung”**. Penyusunan Tugas Akhir ini bertujuan untuk memenuhi syarat akademik untuk memperoleh derajat Sarjana Strata Satu (S1) Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

Penyusunan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan berkat bimbingan, motivasi, doa serta kerja sama dari beberapa pihak. Untuk itu, perkenankan penulis mengucapkan terimakasih dan penghargaan yang sedalam – dalamnya kepada :

1. Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, nikmat, rezeki, dan kesempatan kepada penulis untuk mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini. Tanpa kehadirannya, mustahil penulis dapat sampai dititik ini.
2. Orang tua penulis, Bapak Alm. Agus Sutrisno dan Ibu Dewi Suprihati dengan berbagai limpahan kasih sayang, doa, dan dukungan tiada henti kepada penulis. Sepertinya tiada kata yang mampu mewakili betapa berterimakasih dan bersyukur penulis atas jasa dan segala pengorbanan bapak dan ibu untuk penulis.
3. Adik penulis, Prada Adhiasa yang turut menemani suka dan duka perkuliahan baik secara luring maupun daring.
4. Keluarga besar penulis, Keluarga Besar Muji Raharjo (bapak) dan Keluarga Besar Subiyanto (ibu) yang turut menemani suka dan duka perkuliahan selama penulis tinggal di Yogyakarta.
5. 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 sekaligus dosen penguji Tugas Akhir yang senantiasa memberikan bimbingan, nasihat, dan motivasi hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini.
6. Ibu Puji Lestari, S.Si., M.Sc., Ph.D dan Bapak Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D selaku dosen pembimbing yang telah membimbing, memberi saran dan arahan dalam pelaksanaan Tugas Akhir ini.

7. Ibu Fina Binazir Maziya, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing akademik yang telah membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan studi.
8. Seluruh dosen Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia atas segala ilmu yang diberikan selama penulis menempuh bangku perkuliahan. Staff, karyawan, dan laboran di Program Studi Teknik Lingkungan yang telah banyak membantu penulis dalam melancarkan hal yang berhubungan dengan Tugas akhir.
9. Teman-teman Teknik Lingkungan Angkatan 2019 terutama rekan satu topik dan satu bimbingan yaitu Ajeng Zahra Afifah, Sofy Nurdiyanti, Yuliyanti, Rangga Putradi Ahdim, M. Ichtiar Pryadi, M. Naufal Fajri, Zaurossa Salsabila, Ikhwanul Habib, Rielsa, Nur Kumalasari, dan Anisa Raihana Malau yang selalu suportif dan kooperatif untuk menyelesaikan Tugas Akhir.
10. Teman-teman kelompok belajar yaitu Ifanka Risky Ananda V. Gobel dan Desy Rahmadhani yang telah banyak membantu dan memotivasi untuk menyelesaikan Tugas Akhir.
11. Teman-teman Marching Band Universitas Islam Indonesia, terutama tim teknis, pengurus, pits instrument, dan teman-teman Marching Band dari Teknik Lingkungan yaitu Swastika Gita Astari (TL 2016), M. Auliya Rahman Lubis (TL 2017), Siti Arafah Alawiyah (TL 2018), Shafira Jasmine Virginisa (TL 2020) dan M. Alfito Rahmawan (TL 2022) yang telah menemani dan membantu studi penulis sembari berkegiatan Marching Band hingga memotivasi penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir.
12. Semua pihak yang telah mendukung dan membantu penyelesaian tugas akhir penulis yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Akhir kata, penulis menyadari segala kelemahan dan juga kekurangan dalam penyusunan tugas akhir ini, karena itu penulis memohon maaf. Kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan demi menyempurnakan laporan tugas akhir ini. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis dan semua pihak yang memerlukan.

*Wassalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh*

Yogyakarta, 21 Oktober 2023

*Shike Pramayshela*

## **ABSTRAK**

SHIKE PRAMAYSHELA. *Penurunan Kandungan Logam Berat Kromium Heksavalen (Cr-VI) dalam Larutan Menggunakan Adsorben Batu Apung*. Dibimbing oleh PUJI LESTARI, S.Si., M.Sc., Ph.D. dan EKO SISWOYO, S.T., M.Sc.ES., Ph.D.

Indonesia memiliki banyak gunung berapi aktif yang menghasilkan berbagai batuan alam, seperti batu apung. Batu apung memiliki banyak pori yang dapat mengadsorpsi kandungan logam berat pada limbah. Kain batik merupakan kain khas Indonesia sehingga banyak industri batik di Indonesia. Industri batik menghasilkan limbah yang mengandung berbagai logam berat, salah satunya kromium yang dapat membahayakan kesehatan manusia jika terpapar. Maka dari itu, dilakukan penelitian untuk menurunkan kandungan logam kromium pada limbah cair batik dengan cara adsorpsi menggunakan adsorben batu apung yang diaktivasi oleh mangan melalui tahapan: a) preparasi adsorben batu apung, b) adsorpsi logam berat Cr-VI, c) penentuan isotherm adsorpsi. Adsorben batu apung yang digunakan berukuran 100 mesh. Variabel penelitian adsorpsi meliputi variasi massa adsorben, pH larutan, waktu kontak dan konsentrasi larutan. Variabel tetap pada penelitian yaitu kecepatan pengadukan sebesar 150 rpm dalam suhu ruang serta volume larutan yang digunakan yaitu 15 ml. Dari hasil penelitian, diperoleh massa optimum sebesar 0,1 gram, pH optimum yakni pH 3, waktu kontak optimum yakni 120 menit, dan konsentrasi optimum yakni pada 10 ppm.

Kata kunci: Adsorpsi, Batu Apung, Kromium

## ABSTRACT

SHIKE PRAMAYSHELA. *Reducing the Heavy Metal Content of Hexavalent Chromium (Cr-VI) in Solutions Using Pumice Adsorbents. Supervised by PUJI LESTARI, S.Si., M.Sc., Ph.D. and EKO SISWOYO, S.T., M.Sc.ES., Ph.D.*

*Indonesia has many active volcanoes which produce various natural rocks, such as pumice. Pumice has many pores that can adsorb heavy metal content in waste. Batik cloth is a typical Indonesian cloth so that there are many batik industries in Indonesia. The batik industry produces waste containing various heavy metals, one of which is chromium which can endanger human health if exposed. Therefore, a study was carried out to reduce the content of chromium metal in batik wastewater by adsorption using manganese-activated pumice adsorbent through the following stages: a) preparation of pumice adsorbent, b) adsorption of heavy metal Cr-VI, c) determination of adsorption isotherms . The pumice adsorbent used is 100 mesh in size. The adsorption experimental variables included variations in the mass of the adsorbent, the pH of the solution, the contact time and the concentration of the solution. The constant variables in the research were the stirring speed of 150 rpm at room temperature and the volume of solution used was 15 ml. From the research results, the optimum mass was obtained at 0.1 grams, the optimum pH was pH 3, the optimum contact time was 120 minutes, and the optimum concentration was 10 ppm.*

*Keywords: Adsorption, Chromium, Pumice*

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>vii</b>
<b>BAB I .....</b>	<b>1</b>
<b>PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Ruang Lingkup .....	4
<b>BAB II.....</b>	<b>5</b>
<b>TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
2.1 Logam Berat Kromium Heksavalen (Cr-VI).....	5
2.2 Pencemaran Air oleh Kromium (Cr) .....	5
2.3 Adsorpsi.....	6
2.4 Batu Apung.....	8
2.5 Penelitian Terdahulu.....	9
<b>BAB III .....</b>	<b>12</b>
<b>METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>12</b>
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian .....	12
1.2 Alat dan Bahan .....	12
1.1.1 Alat.....	12
3.2.2 Instrumen .....	12
3.2.3 Bahan .....	12
3.3 Parameter dan Metode Uji.....	13
3.4 Variabel Penelitian.....	13
3.5 Prosedur Penelitian .....	14
3.5.1 Sampling Limbah Cair Industri Batik.....	15
3.5.2 Preparasi Adsorben .....	15
3.5.3 Aktivasi Adsorben .....	16
3.5.4 Karakterisasi Adsorben.....	18
3.5.5 Proses Adsorpsi.....	18
<b>BAB IV.....</b>	<b>27</b>
<b>HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>27</b>

4.1 Preparasi Adsorben.....	27
4.2 Aktivasi Adsorben .....	28
4.3 Karakteristik Adsorben.....	29
4.3.1 FTIR ( <i>Fourier Transform Infra-Red</i> ) .....	29
4.3.2 SEM ( <i>Scanning Electron Microscopy</i> ).....	34
4.4 Proses Adsorpsi .....	34
4.4.1 Variasi Massa .....	35
4.4.2 Variasi pH.....	36
4.4.3 Variasi Waktu Kontak .....	39
4.4.4 Variasi Konsentrasi.....	41
4.4.5 Perbandingan Adsorben Batu Apung Aktivasi dan Non-aktivasi ...	43
4.4.6 Preparasi Limbah Cair Batik .....	44
4.4.7 Implementasi Kondisi Optimum Adsorben dengan Limbah Cair Batik .....	45
4.6 Isoterm Adsorpsi.....	46
4.6.1 Langmuir .....	46
4.6.2 Freundlinch.....	47
4.7 Kinetika Adsorpsi .....	48
<b>BAB V .....</b>	<b>52</b>
<b>SIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>52</b>
1.1 Simpulan.....	52
1.2 Saran .....	52
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>53</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>58</b>
Lampiran 1. Sampling Limbah Cair Industri Batik .....	58
Lampiran 2. Larutan Standar Cr-VI.....	59
Lampiran 3. Perhitungan Isoterm Langmuir dan Freundlinch .....	60
Lampiran 4. Perhitungan Kinetika Adsorpsi Pseudo Orde pertama dan Pseudo Orde Kedua .....	63
<b>RIWAYAT HIDUP.....</b>	<b>66</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Tabel Penelitian Terdahulu.....	9
Tabel 2. Interpretasi Panjang Gelombang FTIR Adsorben Sebelum Adsorpsi	31
Tabel 3. Interpretasi Panjang Gelombang FTIR Adsorben Setelah Adsorpsi ..	33
Tabel 4. Hasil Adsorpsi Variasi Massa.....	35
Tabel 5. Hasil Adsorpsi Variasi pH.....	38
Tabel 6. Hasil Adsorpsi Variasi Waktu Kontak .....	40
Tabel 7. Hasil Adsorpsi Variasi Konsentrasi.....	41
Tabel 8. Hasil Adsorpsi Perbandingan Adsorben.....	43
Tabel 9. Hasil Adsorpsi Limbah Cair Batik .....	45
Tabel 10. Hasil Perhitungan Isoterm Langmuir .....	46
Tabel 11. Hasil Perhitungan Isoterm Freundlinch.....	48
Tabel 12. Perbandingan Hasil Perhitungan Kinetika Pseudo Orde Pertama dan Orde Kedua.....	50
Tabel 13. Kurva Standar Cr-VI pada Spektrofotometri UV-Visible.....	59

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Diagram Alir Penelitian .....	14
Gambar 2. Diagram Alir Preparasi Adsorben .....	15
Gambar 3. Diagram Alir Aktivasi Adsorben.....	17
Gambar 4. Diagram Alir Penentuan Massa Optimum.....	19
Gambar 5. Diagram Alir Penentuan pH Optimum .....	20
Gambar 6. Diagram Alir Penentuan Waktu Kontak Optimum .....	21
Gambar 7. Diagram Alir Penentuan Konsentrasi Optimum.....	22
Gambar 8. Diagram Alir Perbandingan Adsorben Aktivasi dan Non-Aktivasi	23
Gambar 9. Diagram Alir Preparasi Limbah Cair Batik .....	24
Gambar 10. Diagram Alir Implementasi Adsorben Batu Apung pada Limbah Cair Batik.....	25
Gambar 11. Preparasi Adsorben .....	28
Gambar 12. Aktivasi Adsorben .....	29
Gambar 13. Panjang Gelombang Adsorben Batu Apung Sebelum Adsorpsi ..	30
Gambar 14. Panjang Gelombang Adsorben Batu Apung Setelah Adsorpsi.....	32
Gambar 15. Hasil Uji SEM Adsorben Batu Apung.....	34
Gambar 16. Grafik Hasil Adsorpsi Variasi Massa .....	36
Gambar 17. Diagram Pourbaik Logam Kromium (Cr) .....	37
Gambar 18. Grafik Hasil Adsorpsi Variasi pH.....	38
Gambar 19. Grafik Hasil Adsorpsi Variasi Waktu Kontak .....	40
Gambar 20. Grafik Hasil Adsorpsi Variasi Konsentrasi .....	42
Gambar 21. Proses Preparasi Limbah Cair Batik .....	44
Gambar 22. Grafik Isoterm Langmuir .....	47
Gambar 23. Grafik Isoterm Freundlinch .....	48
Gambar 24. Grafik Kinetika Pseudo Orde Pertama .....	49
Gambar 25. Grafik Kinetika Pseudo Orde Kedua .....	50
Gambar 26. Grafik Kurva Standar Cr-VI pada Spektrofotometri UV-Visibl ..	59

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Sampling Limbah Cair Industri Batik .....	58
Lampiran 2. Larutan Standar Cr-VI.....	59
Lampiran 3. Perhitungan Isoterm Langmuir dan Freundlinch .....	60
Lampiran 4. Perhitungan Kinetika Adsorpsi Pseudo Orde pertama dan Pseudo Orde Kedua .....	63

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Logam berat kromium (Cr) dapat mencemari air dengan menyebabkan penurunan kualitas air, merusak lingkungan, dan mendatangkan bahaya bagi kehidupan akuatik. Dampak yang ditimbulkan pada kehidupan akuatik yakni terganggunya metabolisme tubuh hewan akuatik akibat terhambatnya kemampuan enzim dalam menjalankan fungsi fisiologisnya. Kromium dapat menumpuk di dalam tubuh dan menjadi kronis, yang pada akhirnya dapat menyebabkan musnahnya spesies air. Logam kromium heksavalen (Cr-VI) merupakan logam berat yang bersifat toksik. Sifat toksik yang dibawa oleh logam ini dapat mengakibatkan terjadinya keracunan akut dan keracunan kronis <sup>[1]</sup>. Kromium heksavalen (Cr-VI) dalam tubuh manusia juga dapat menyebabkan kanker paru-paru, kerusakan hati (*liver*) dan ginjal. Kontak fisik antara Kromium heksavalen (Cr-VI) dengan kulit dapat menyebabkan iritasi dan jika tertelan dapat menyebabkan sakit perut serta muntah. Mengingat bahaya logam Kromium heksavalen (Cr-VI) maka perlu dilakukan pengolahan limbah cair industri batik sebelum masuk ke badan air, yang dimaksudkan untuk mengurangi tingkat pencemaran air <sup>[2]</sup>.

Peningkatan jumlah limbah ion logam baru-baru ini telah mendorong para peneliti untuk mencari teknik yang inovatif, berbiaya rendah, dan berkinerja tinggi. Logam berat dapat dihilangkan dari limbah menggunakan berbagai teknik kimia dan biologi, seperti adsorpsi, pertukaran ion, dan pemisahan membran. Metode adsorpsi lebih sering digunakan di industri karena memiliki sejumlah keunggulan, antara lain lebih terjangkau, tidak menimbulkan efek samping negatif, dan mampu menghilangkan bahan organik. Adsorpsi adalah proses akumulasi adsorbat pada permukaan adsorben yang disebabkan oleh gaya tarik antar molekul adsorbat dengan permukaan adsorben. Interaksi yang terjadi pada molekul

adsorbat dengan permukaan kemungkinan diikuti lebih dari satu interaksi, tergantung pada struktur kimia masing-masing komponen <sup>[3]</sup>.

Batuan alam sangat melimpah di Indonesia sebab Indonesia merupakan negara yang memiliki cukup banyak gunung berapi, salah satunya yang populer yaitu batu apung. Batu apung memiliki ciri fisik yang berpori dan mengandung banyak kapiler yang halus sehingga berpotensi untuk dijadikan adsorben pada proses adsorpsi <sup>[4]</sup>. Batu apung sering kali diuji dalam beberapa penelitian sebagai adsorben alami, salah satunya yaitu pada penyisihan arsenik dari sumber air minum yang menghasilkan data efisiensi removal sebesar 98% <sup>[5]</sup>. Efektivitas batu apung sebagai adsorben cukup baik, namun di Indonesia masih jarang ditemukan adsorben batu apung yang telah diaktivasi dengan bahan kimia anorganik berupa Mangan (Mn). Padahal menurut Pusat Data dan Teknologi Informasi Kementerian ESDM, beberapa daerah di Indonesia memiliki potensi Mangan (Mn) yang cukup berlimpah seperti Yogyakarta, Jawa Tengah, Sumatera Utara, Aceh, Maluku, Nusa Tenggara dan Sulawesi. Keberlimpahan tersebut dapat menjadi peluang untuk mengkombinasikan kedua bahan tersebut menjadi suatu teknologi pengolahan air limbah yang lebih efektif.

Aktivasi adsorben batu apung yang mengandung SiO<sub>2</sub> menggunakan bahan kimia anorganik mampu meningkatkan efektivitas adsorpsi. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa sebagian besar logam seperti Co, Cr, Cd, Pb mampu diserap oleh batu apung dengan komposisi yang mengandung SiO<sub>2</sub> <sup>[6]</sup>. Selain itu, besi dan mangan valen berskala nano yang didukung batu apung akan jauh lebih efektif untuk menghilangkan logam berat dari air <sup>[7]</sup>. Misalnya, pada batu apung yang dilapisi besi atau mangan mampu meningkatkan kapasitas adsorpsi As (V) <sup>[5]</sup>.

Penelitian ini dilakukan untuk menguji efektivitas batu apung yang telah diaktivasi dengan Mangan (Mn) untuk mengurangi kadar Kromium Heksavalen (Cr-VI) pada air limbah. Kemudian akan dilakukan perbandingan antara air limbah yang telah diadsorpsi dengan batu apung biasa dengan air limbah yang sudah diadsorpsi dengan batu apung dan

dilapisi oleh Mangan (Mn), sehingga mendapatkan kesimpulan teknik yang lebih efektif untuk menyisihkan Kromium Heksavalen (Cr-VI). Penelitian ini sangat penting dilakukan karena limbah cair industri batik di Indonesia mengandung Kromium Heksavalen (Cr-VI) sehingga diperlukan teknologi pengolahan air limbah yang murah dan efektif. Batu apung yang dilapisi Mangan (Mn) dipilih sebab dianggap sebagai adsorben Kromium Heksavalen (Cr-VI) yang paling tepat karena jumlahnya melimpah di Indonesia dan relatif mudah ditemukan.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang penelitian, maka rumusan masalah untuk penelitian yaitu :

1. Bagaimana efektivitas batu apung yang telah dilapisi Mangan (Mn) dan batu apung murni dalam menurunkan kadar Kromium Heksavalen (Cr-VI) pada air limbah?
2. Parameter apa yang mempengaruhi efektivitas batu apung yang telah dilapisi Mangan (Mn) pada adsorpsi air limbah?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah, tujuan untuk penelitian ini yaitu :

1. Mengetahui efektivitas batu apung yang telah dilapisi Mangan (Mn) dan batu apung murni dalam menurunkan kadar Kromium Heksavalen (Cr-VI) pada air limbah.
2. Mengetahui parameter yang mempengaruhi efektivitas batu apung yang telah dilapisi Mangan (Mn) pada adsorpsi air limbah.

## **1.4 Manfaat Penelitian**

Berdasarkan tujuan penelitian, manfaat untuk penelitian ini yaitu :

1. Dapat mengembangkan serta mengintegrasikan berbagai bidang ilmu pengetahuan seperti rekayasa lingkungan dan sosial kemasyarakatan bagi mahasiswa.

2. Dapat menyarankan solusi untuk meningkatkan kualitas air di Indonesia sehingga layak digunakan bagi masyarakat.
3. Dapat meningkatkan pendalaman ilmu pengetahuan dalam aplikasi teknik lingkungan berupa rekayasa lingkungan dan sosial masyarakat dalam kehidupan masyarakat modern bagi institusi.

### **1.5 Ruang Lingkup**

Adapun penelitian ini dibatasi dalam ruang lingkup berikut :

1. Batu apung dan Mangan (Mn) yang digunakan yaitu merupakan Sumber Daya Alam yang berasal dari Indonesia.
2. Lingkup penelitian ini dibatasi hanya pada adsorpsi oleh batu apung dengan variasi massa, pH, waktu kontak, dan konsentrasi.
3. Metode yang digunakan dalam pengujian Kromium Heksavalen (Cr-VI) yaitu pengujian logam Kromium Heksavalen (Cr-VI) berdasarkan SNI 6989.71:2009 menggunakan Spektrofotometri.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

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

Salah satu polutan lingkungan yang paling umum terdeteksi dalam air adalah logam berat. Baik hewan maupun manusia yang memanfaatkan air sungai dapat terkena dampak buruk logam berat. Terdapatnya kandungan logam berat dalam organisme mengindikasikan adanya sumber logam berat yang berasal dari aktivitas manusia ataupun alam <sup>[8]</sup>.

Tubuh membutuhkan kromium trivalent (Cr-III) untuk memproses hormon insulin dan mengontrol kadar gula darah. Meskipun begitu, kromium dalam jumlah yang sangat tinggi seperti kromium heksavalen (Cr-VI) dapat bersifat toksik. Selain bersifat toksik kromium heksavalen (Cr-VI) juga bersifat karsinogenik atau dapat menyebabkan kanker <sup>[9]</sup>.

#### **2.2 Pencemaran Air oleh Kromium (Cr)**

Pada Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air telah dijabarkan mengenai definisi pencemaran air. Pada pasal 1 ayat 36 yang berbunyi: “Pencemaran merupakan masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia, sehingga melampaui Baku Mutu Air yang telah ditetapkan.” <sup>[10]</sup>. Pernyataan ini didukung oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 Lampiran XLII yang menetapkan baku mutu Kromium (Cr) pada industri tekstil yakni sebesar 1 mg/l <sup>[11]</sup>.

Pencemaran air yang disebabkan oleh logam berat menimbulkan risiko kesehatan yang serius bagi semua makhluk hidup. Pencemaran air oleh logam kromium heksavalen (Cr-VI) berpotensi dapat masuknya kromium ke dalam tubuh melalui konsumsi air. Kromium menghambat aktivitas enzim binzopyrene hydrokylase, yang menyebabkan perkembangan sel menjadi lamban. Lambatnya pertumbuhan sel dapat menyebabkan kanker, sehingga Kromium Heksavalen (Cr-VI) digolongkan ke dalam logam yang bersifat toksik <sup>[12]</sup>. Kromium dalam tubuh

yang melebihi baku mutu dan kadarnya cukup besar dapat menyebabkan kerusakan pada sistem pencernaan seperti nyeri perut, ulkus lambung, pendarahan, muntah, dan nekrosis serta diare berdarah <sup>[13]</sup>.

### 2.3 Adsorpsi

Adsorpsi adalah akumulasi atau pemekatan suatu zat pada permukaan atau layar interfase zat lain. Pada adsorpsi dikenal beberapa istilah, yaitu adsorben atau fase pengadsorb dan adsorbat atau material yang diadsorb. Adsorpsi dapat terjadi antara 2 fasa, yaitu cair-cair, cair padat, gas-cair dan gas padat <sup>[14]</sup>.

Adsorben merupakan zat padat yang dapat menyerap zat atau komponen tertentu dari suatu fase fluida. Adsorben adalah zat atau material yang mempunyai kemampuan untuk mengikat dan mempertahankan cairan atau gas didalamnya. Adsorben merupakan material berpori, dan proses adsorpsi berlangsung di dinding pori-pori atau pada lokasi tertentu pada pori tersebut <sup>[15]</sup>.

Adsorben dapat digolongkan menjadi 2 jenis, yaitu sebagai berikut <sup>[15]</sup> :

a. Adsorben tidak berpori (*non-porous sorbents*)

Adsorben tidak berpori dapat diperoleh dengan cara presipitasi deposit kristalin seperti BaSO<sub>4</sub> atau penghalusan padatan kristal. Luas permukaan spesifiknya kecil, tidak lebih dari 10 m<sup>2</sup>/g dan umumnya antara 0.1 s/d 1 m<sup>2</sup>/g. Adsorben tidak berpori seperti filter karet (*rubber filters*) dan karbon hitam bergrafit (*graphitized carbon blacks*) adalah jenis adsorben tidak berpori yang telah mengalami perlakuan khusus sehingga luas permukaannya dapat mencapai ratusan m<sup>2</sup>/g <sup>[15]</sup>.

b. Adsorben berpori (*porous sorbents*)

Luas permukaan spesifik adsorben berpori berkisar antara 100 s/d 1000 m<sup>2</sup>/g. Biasanya digunakan sebagai penyangga katalis, dehidrator, dan penyeleksi komponen. Adsorben ini umumnya berbentuk granular. Ada beberapa kondisi yang dapat mempengaruhi besarnya kapasitas suatu adsorben dalam menyerap adsorbat, yaitu waktu kontak, pH larutan, massa adsorben, serta suhu. pH pada larutan akan mempengaruhi aktivitas gugus fungsi pada adsorben. Sedangkan variasi waktu kontak perlu dilakukan untuk melihat seberapa banyaknya

adsorben yang diburuhkan untuk menyerap zat pencemar secara optimal. Massa pada adsorben akan mempengaruhi gugus aktif dari adsorben itu sendiri, dan yang memengaruhi daya serap adsorben terhadap adsorbat yaitu suhu. Kapasitas adsorpsi akan menyatakan seberapa banyaknya adsorbat yang mampu terakumulasi <sup>[16]</sup>.

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 <sup>[17]</sup>. 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 <sup>[18]</sup>.

Pada model isotherm Freundlich merupakan persamaan empiris dengan pendekatan penjerapan zat terlarut dari air limbah menuju permukaan adsorben atau zat padat <sup>[17]</sup>. 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<sup>[17]</sup>. 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 Batu Apung

Batu apung apung memiliki penampakan berwarna terang, mengandung lumut dan gelembung-gelembung. Biasanya gelembung tersebut disebut juga sebagai batuan gelas vulkanik silikat. Batu apung mempunyai bentuk yang berpori dan mengandung banyak kapiler-kapiler yang halus, sehingga adsorbat akan teradsorpsi pada kapiler tersebut<sup>[4]</sup>.

Batu apung umumnya dikenal sebagai adsorben yang baik untuk menghilangkan bahan organik dan logam berat<sup>[19]</sup>. Adanya perbedaan luas permukaan dan konsentrasi adsorben tidak hanya berpengaruh pada kecepatan adsorpsi, namun juga pada tekanan (untuk gas), suhu, ukuran partikel komposisi kimia dan porositas adsorben. Selain itu juga tergantung pada ukuran molekul yang akan diadsorpsi dan pada kekentalan campuran yang akan dipisahkan<sup>[20]</sup>.

Kemampuan batu apung sebagai adsorben telah diuji dalam penyisihan arsenic dari sumber air minum dengan efisiensi penyisihan sebesar 98%<sup>[5]</sup> dan banyak lagi logam-logam lain. Penelitian baru-baru ini menunjukkan bahwa sebagian besar logam seperti Co, Cr, Cd, Pb mampu di-adsorp oleh batu apung dengan komposisi yang mengandung SiO<sub>2</sub><sup>[6]</sup>.

## 2.5 Penelitian Terdahulu

Dalam melakukan penelitian, diperlukan acuan penelitian sebelumnya supaya penelitian yang akan dilakukan lebih terstruktur dan mendapatkan hasil yang lebih baik. Berikut ini merupakan beberapa hasil dari penelitian terdahulu yang menjadi acuan peneliti mengenai kemampuan batu apung aktivasi mangan oksida dalam menyerap kandungan logam berat Kromium Heksavalen (Cr-VI) pada limbah batik :

Tabel 1. Tabel Penelitian Terdahulu

Judul	Hasil	Sumber
Evaluation of Iron and Manganese Coated Pumice Application for the Removal of As(V) from Aqueous Solution	Batu apung berlapis besi (ICP) dan batu apung berlapis mangan (MCP) ditemukan sebagai adsorben yang efisien dan murah untuk menghilangkan As (V) dari larutan berair sedangkan ICP dan MCP mampu menghilangkan 98% dan 87% As(V), masing-masing, pada konsentrasi awal 1000 mg/L pada pH=3 dalam waktu kontak singkat. Selain itu, serapan tidak terikat juga diamati oleh kedua adsorben pada pH = 7. Oleh karena itu, tergantung pada tingkat kontaminasi, dianjurkan untuk menerapkan ICP dan MCP masing-masing untuk tingkat kontaminasi As(V) yang tinggi dan rendah dalam larutan air.	Leila Babaie, Bubak Sour, Masoumeh Heidari, Rohan Khoshnavazi (2012) <sup>[21]</sup>
Adsorpsi Ion Logam Kromium Heksavalen (Cr(VI)) dalam Larutan Menggunakan Manganese Oxide Coated Zeolit (MOCZ)	Perlakuan dealuminasi, desilikasi dan coating terhadap zeolit terbukti meningkatkan kapasitas zeolit menjadi lebih baik. Kapasitas adsorpsi terbaik MOCZ pada penyerapan ion logam Cr diperoleh pada pH 2 dengan waktu kontak 60 menit dengan nilai $q_e = 0,72756$ mg/g.	Nabila Athiyatul Maula, Malikhatul Hidayah, Zidni

	<p>Selain itu, kajian kinetika menunjukkan bahwa adsorpsi mengikuti persamaan pseudo orde dua, yang menunjukkan bahwa laju adsorpsi setara dengan kuadrat konsentrasi ion logam yang diekspresikan dengan <math>(q_e - q_t)^2</math>.</p>	<p>Azizati (2020) [22]</p>
<p>Mekanisme Adsorben Zeolit dan Manganese Zeolit Terhadap Logam Besi</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Waktu optimum proses adsorpsi logam Fe adalah 60 menit dengan massa adsorben 1,5 gram terjadi penurunan konsentrasi sebesar 51,1394 % untuk adsorben manganese zeolit dan 47,6074 % untuk adsorben zeolit.</li> <li>2. Pola isoterm adsorpsi zeolit dan manganese zeolit terhadap logam besi, lebih mengikuti pola isoterm Freundlich karena linieritasnya lebih mendekati 1 yaitu untuk zeolit 1 dan 1,5 gram berturut-turut 0,999 dan 0,998 sedangkan untuk adsorben manganese zeolit 1 dan 1,5 gram nilai linieritasnya berturut-turut 0,9984 dan 0,9987.</li> <li>3. Kinetika adsorpsi zeolit terhadap logam besi untuk massa 1 gram dan 1,5 gram cenderung mengikuti model kinetika pseudo orde dua, berturut-turut dengan nilai <math>R^2 = 0,9348</math> dan nilai <math>k = 0,02023 \text{ m}^{-1}</math> dan untuk 1,5 gram zeolit dengan nilai <math>R^2 = 0,9720</math> dan <math>k = 0,04314 \text{ m}^{-1}</math>. Sedangkan untuk adsorben manganese zeolit juga cenderung mengikuti model kinetika pseudo orde dua. untuk 1 gram</li> </ol>	<p>Abu Hasan, Muhammad Yerizam, Muhammad Habib Yahya (2021) [23]</p>

	adsorben zeolit dengan nilai $R^2 = 0,9857$ dan nilai $k = 0,02885 \text{ m}^{-1}$ dan untuk 1,5 gram zeolit dengan nilai $R^2 = 0,9916$ dan $k = 0,05400 \text{ m}^{-1}$ .	
--	---	--

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian seluruhnya yaitu berada di Laboratorium Kualitas Air, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan (FTSP) Universitas Islam Indonesia. Penelitian ini dilakukan selama 4 (empat) bulan, terhitung dari bulan Mei 2023 sampai dengan bulan Agustus 2023.

#### 1.2 Alat dan Bahan

##### 1.1.1 Alat

- |                           |                                     |
|---------------------------|-------------------------------------|
| a. Oven listrik           | k. Kaca arloji                      |
| b. Desikator              | l. Pipet tetes                      |
| c. Ayakan ukuran 100 mesh | m. Pipet volume                     |
| d. pH meter/pH universal  | n. <i>Magnetic stirrer</i>          |
| e. Kertas filter          | o. <i>Hotplate magnetic stirrer</i> |
| f. Neraca analitik        | p. <i>Grinder mill</i>              |
| g. Gelas beaker           | q. Erlenmeyer                       |
| h. Kuvet                  | r. Corong kaca                      |
| i. Labu ukur              | s. Lampu UV                         |
| j. Labu semprot           |                                     |

##### 3.2.2 Instrumen

- a. Spektrofotometri UV-Visible (Uv-Vis)
- b. *Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)*
- c. *Scanning Electron Microscopy (SEM)*

##### 3.2.3 Bahan

- |  |  |
|--|--|
| a. Batu apung                                      | f. Larutan HCl                                   |
| b. Akuades   | g. Larutan H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> pekat  |
| c. Limbah cair industri batik                      | h. Aseton  |
| d. Larutan Mn(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> 0,5 M | i. Difenilkarbazida                              |
| e. Larutan NaOH                                    | j. K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> |

### 3.3 Parameter dan Metode Uji

Parameter yang akan diuji pada penelitian ini adalah logam berat kromium heksavalen (Cr-VI) menggunakan metode uji SNI 6989-71:2009 yaitu tentang cara uji krom heksavalen (Cr-VI) dalam contoh uji secara spektrofotometri <sup>[24]</sup>.

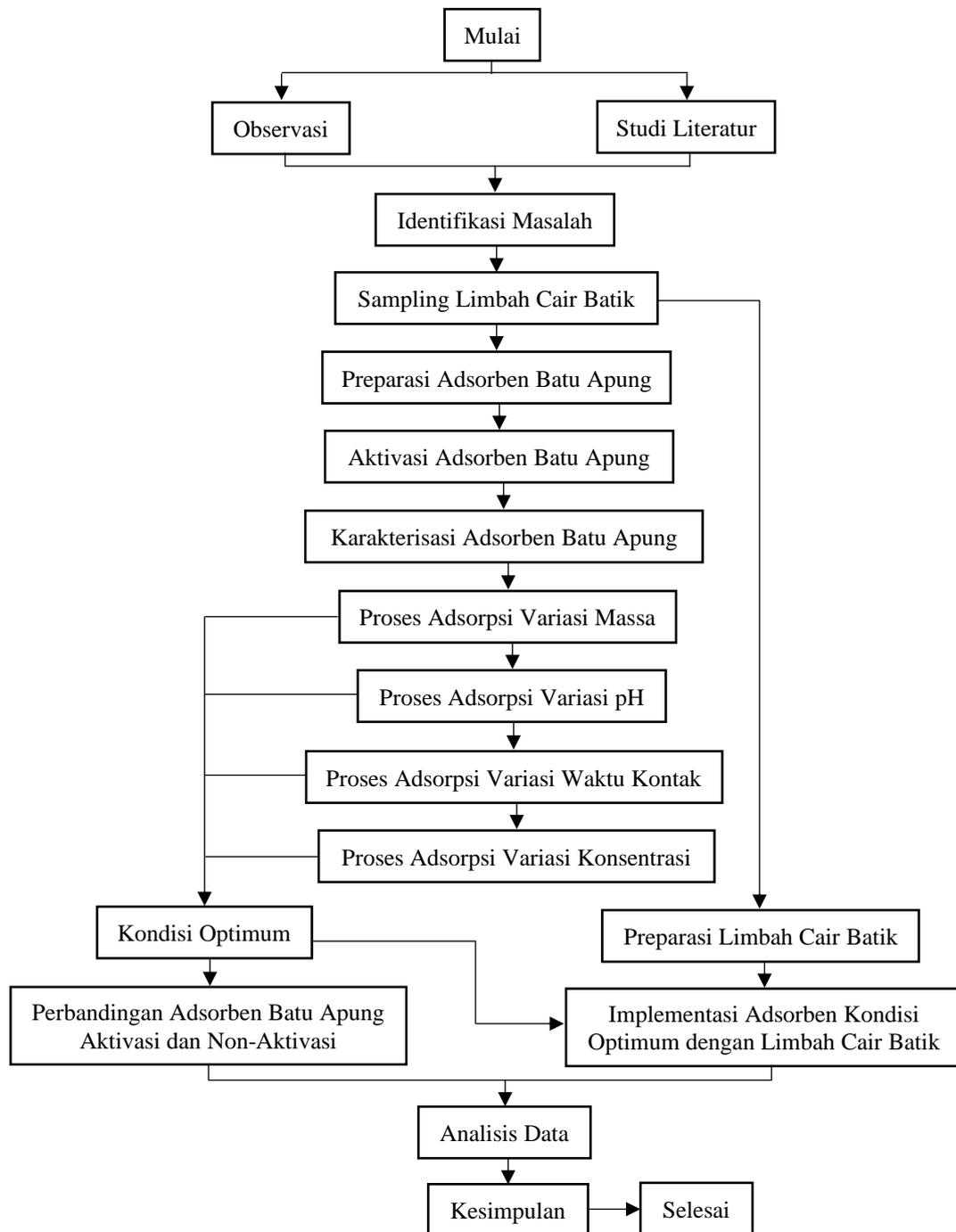
### 3.4 Variabel Penelitian

Adapun variabel-variabel dalam penelitian ini yaitu :

1. Variabel terikat diantaranya
  - a. Adsorben berasal dari batu apung.
  - b. Aktivasi dengan 150 ml  $Mn(NO_3)_2$  0,5 M untuk setiap 50 gram adsorben
  - c. Volume larutan Cr-VI menggunakan  $K_2Cr_2O_7$  15 ml.
  - d. Kecepatan pengadukan 150 rpm.
  
2. Variabel bebas diantaranya
  - a. Dosis Adsorben sebesar 10 mg, 25 mg, 50 mg, 75 mg dan 100 mg.
  - b. pH yang digunakan adalah 2, 3, 4 dan 5.
  - c. Waktu kontak selama 10 menit, 20 menit, 30 menit, 40 menit, 50 menit, 60 menit, 120 menit dan 180 menit.
  - d. Konsentrasi Cr sebesar 10 mg/L, 30 mg/L, 40 mg/L dan 50 mg/L

### 3.5 Prosedur Penelitian

Bagan penelitian Modifikasi Batu Apung dengan Logam Berat Mangan (Mn) Sebagai Adsorben Logam Berat Kromium Heksavalen (Cr-VI) pada Air Limbah dilakukan seperti Gambar 1 berikut :



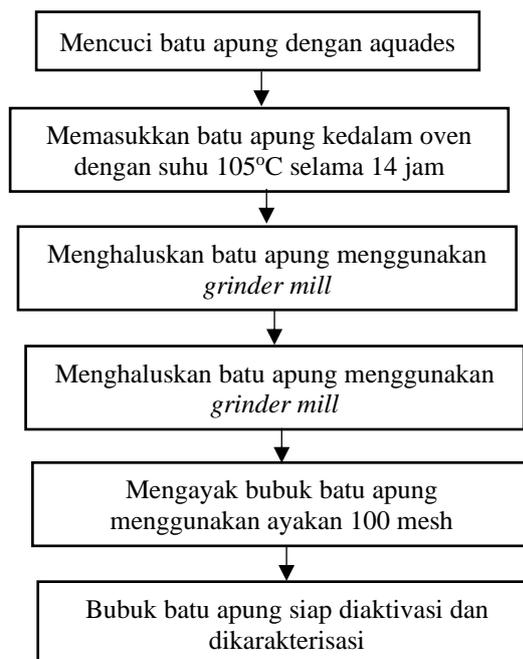
Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

### 3.5.1 Sampling Limbah Cair Industri Batik

Kegiatan sampling air limbah industri batik dilakukan pada salah satu industri batik di Indonesia tepatnya pada koordinat 7°48'39.2"S 110°20'57.4"E. Pengambilan air limbah dilakukan menggunakan wadah plastik tertutup dan diawetkan dengan metode pengawetan contoh uji berdasarkan pada SNI 6989-71:2009. Setelah itu air limbah akan didestruksi dan diuji untuk mengetahui keberadaan kandungan Kromium Heksavalen (Cr-VI) didalamnya menggunakan Spektrofotometri yang berdasarkan pada SNI 6989-71:2009.

### 3.5.2 Preparasi Adsorben

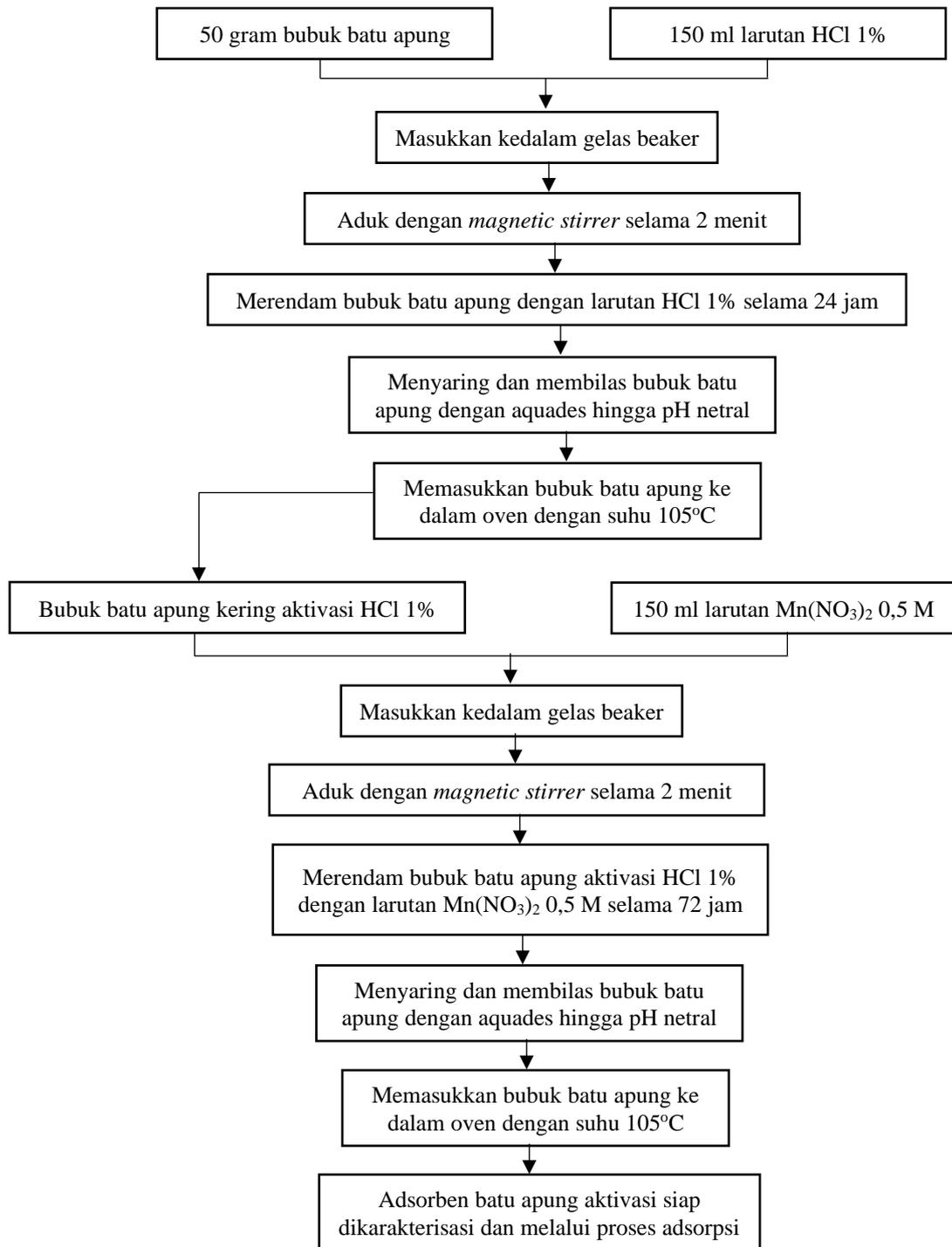
Batu apung dicuci menggunakan aquades lalu dikeringkan dengan oven selama 24 jam dengan suhu 105° C. Selanjutnya batu apung dihaluskan lalu diayak dengan ayakan 100 mesh. Bubuk batu apung kering yang telah diayak sudah siap untuk diaktivasi dan dikarakterisasi. Adapun langkah-langkahnya sesuai dengan bagan Gambar 2 berikut :



Gambar 2. Diagram Alir Preparasi Adsorben

### 3.5.3 Aktivasi Adsorben

Batu apung yang telah melewati tahap preparasi diambil seberat 50 gram untuk direndam dengan larutan HCl 1% sebanyak 150 ml. Larutan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 2 menit, kemudian didiamkan selama 24 jam. Setelah itu, batu apung dibilas dengan aquades beberapa kali hingga memiliki pH netral. Setelah dibilas, batu apung dikeringkan menggunakan oven bersuhu 105°C. Batu apung yang sudah kering kemudian direndam dalam larutan  $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$  0,5 M sebanyak 150 ml. Larutan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 2 menit, kemudian didiamkan selama 72 jam. Setelah itu, batu apung dibilas dengan aquades beberapa kali hingga memiliki pH netral. Setelah dibilas, batu apung dikeringkan menggunakan oven bersuhu 105°C. Adapun langkah-langkahnya sesuai dengan bagan Gambar 3 berikut :



Gambar 3. Diagram Alir Aktivasi Adsorben

### **3.5.4 Karakterisasi Adsorben**

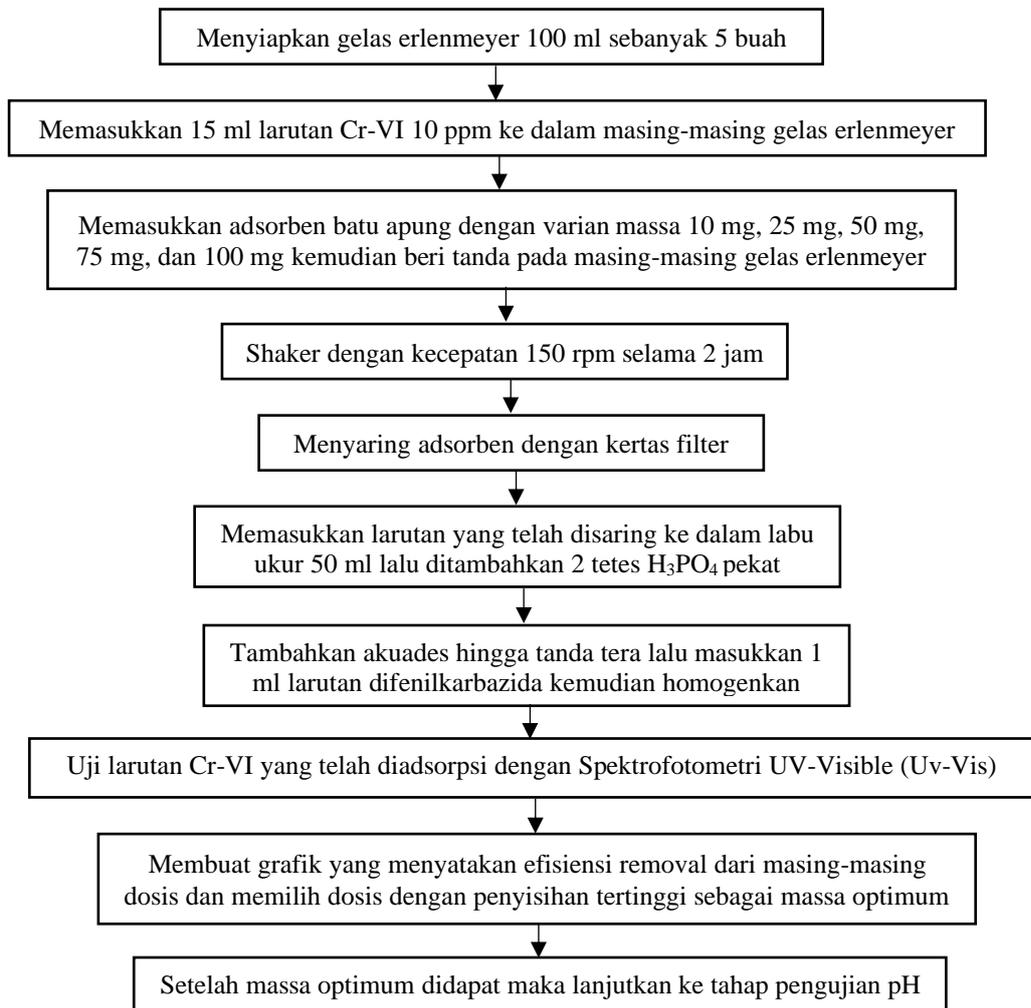
Karakterisasi adsorben dilakukan dengan *Scanning Electron Microscopy (SEM)* untuk mengetahui struktur permukaan adsorben dan *Fourier Transform Infra Red (FTIR)* untuk mengetahui gugus fungsi dalam partikel adsorben.

### **3.5.5 Proses Adsorpsi**

Proses adsorpsi dilakukan melalui beberapa langkah yang meliputi penimbangan massa adsorben, pengaturan pH, penyisihan adsorben dengan air, pengenceran larutan, dan pengujian dengan instrument Spektrofotometri UV-Visible (Uv-Vis).

### 3.5.5.1 Penentuan Massa Optimum

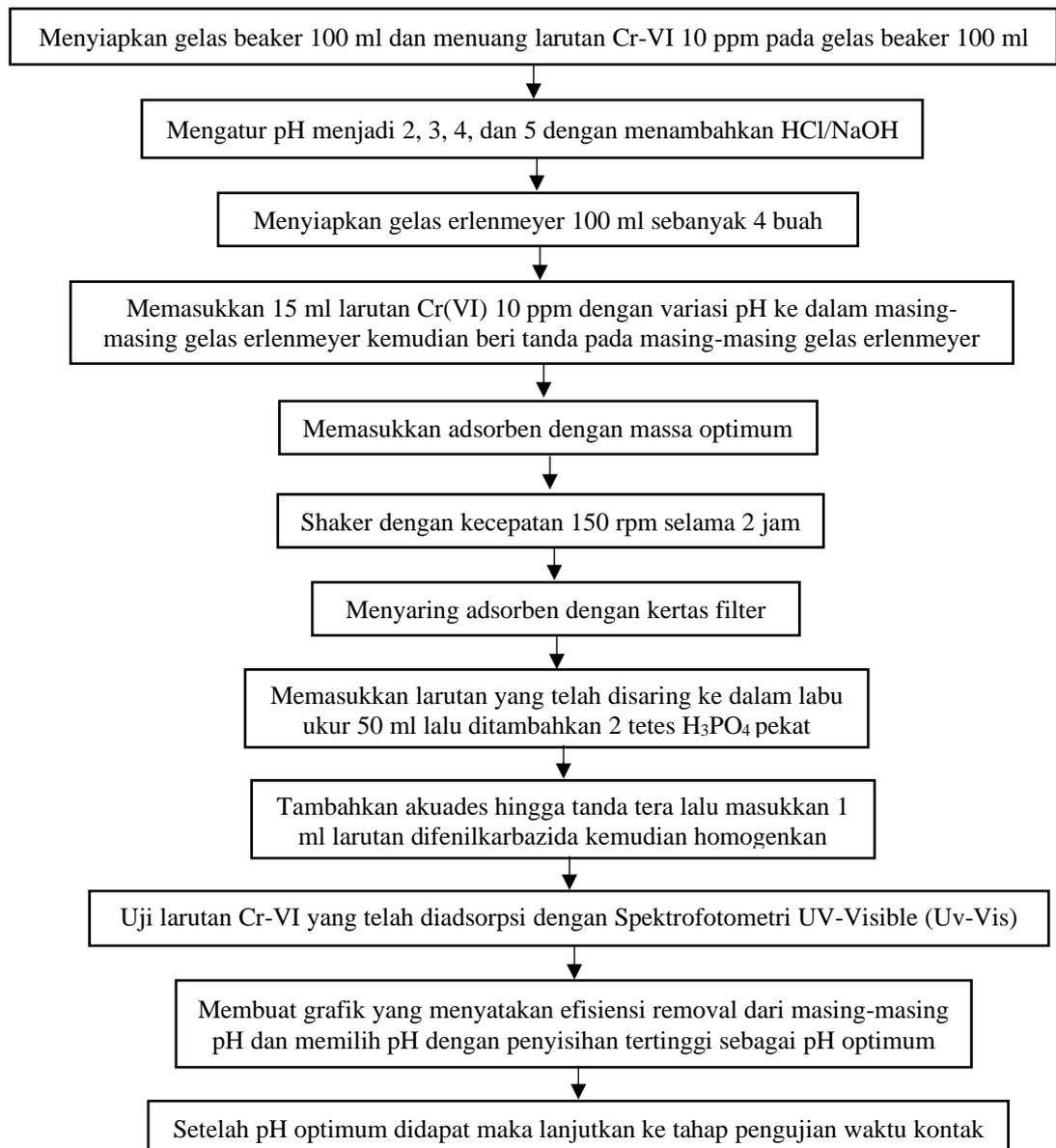
Penentuan dosis optimum adsorben dilakukan dengan menggunakan larutan  $K_2Cr_2O_7$  10 ppm dalam kondisi pH 5 dan waktu kontak 120 menit. Adapun langkah-langkah pengujiannya dapat dilihat dalam bagan pada gambar Gambar 4 berikut :



Gambar 4. Diagram Alir Penentuan Massa Optimum

### 3.5.5.2 Penentuan pH Optimum

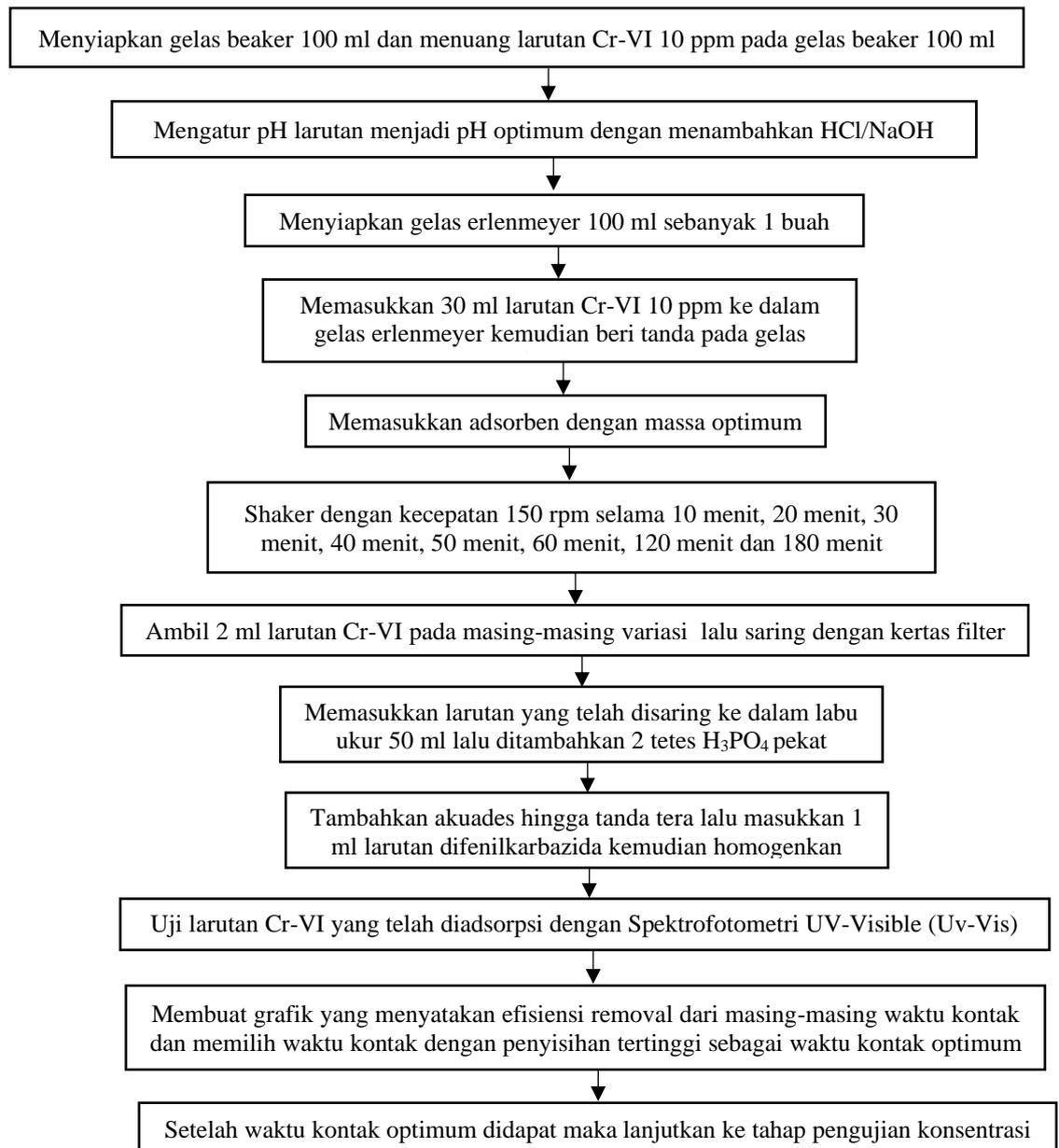
Penentuan pH optimum dilakukan setelah mendapatkan massa optimum. Penentuan pH optimum bertujuan untuk mengetahui kondisi pH optimum proses adsorpsi antara Kromium Heksavalen (Cr-VI) dengan adsorben melalui langkah-langkah sesuai dengan bagan Gambar 5 berikut :



Gambar 5. Diagram Alir Penentuan pH Optimum

### 3.5.5.3 Penentuan Waktu Kontak Optimum

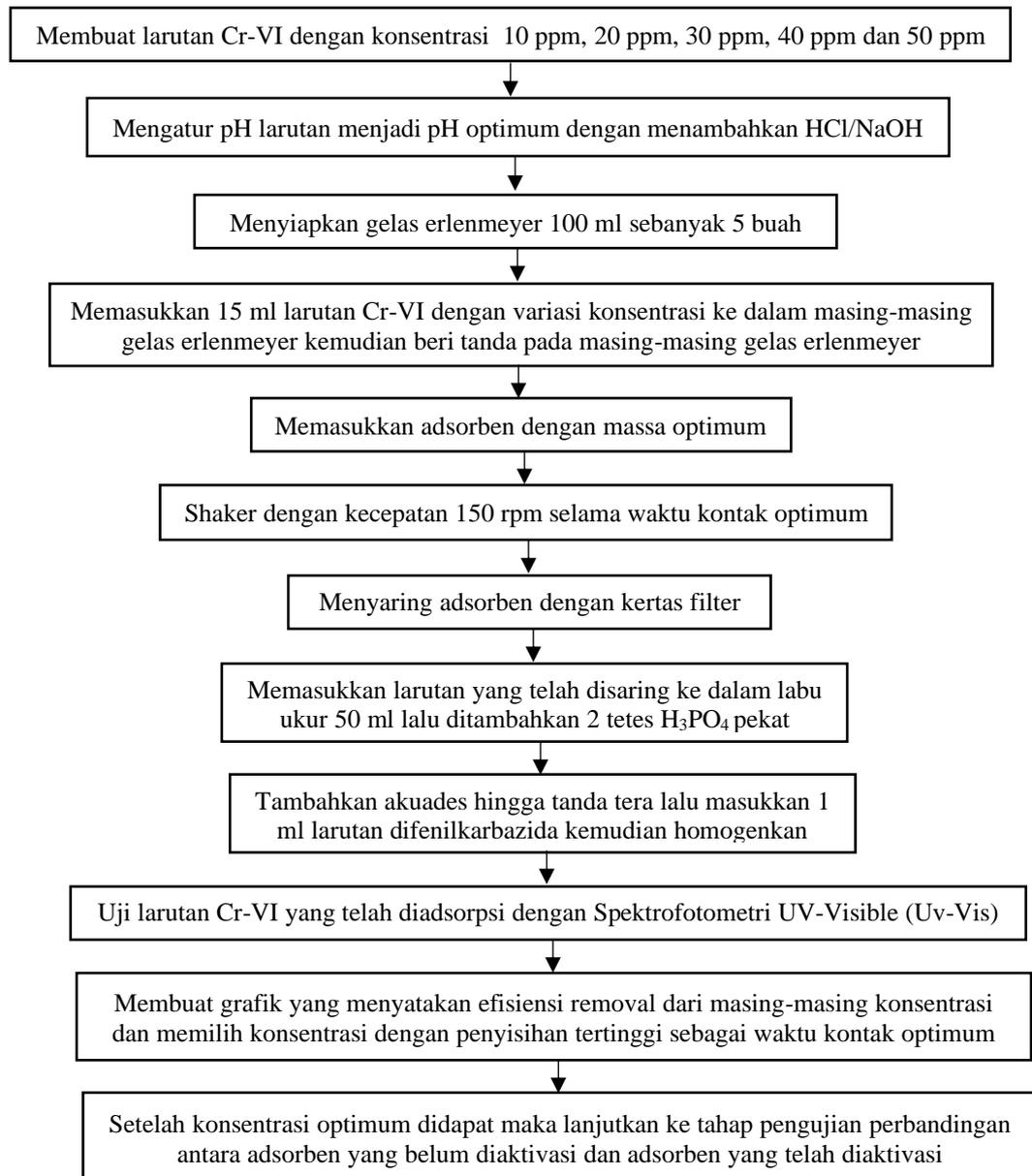
Penentuan waktu kontak optimum dilakukan setelah mendapatkan pH optimum. Penentuan waktu kontak optimum bertujuan untuk mengetahui kondisi waktu kontak optimum proses adsorpsi antara Kromium Heksavalen (Cr-VI) dengan adsorben melalui langkah-langkah sesuai dengan bagan Gambar 6 berikut :



Gambar 6. Diagram Alir Penentuan Waktu Kontak Optimum

### 3.5.5.4 Penentuan Konsentrasi Optimum

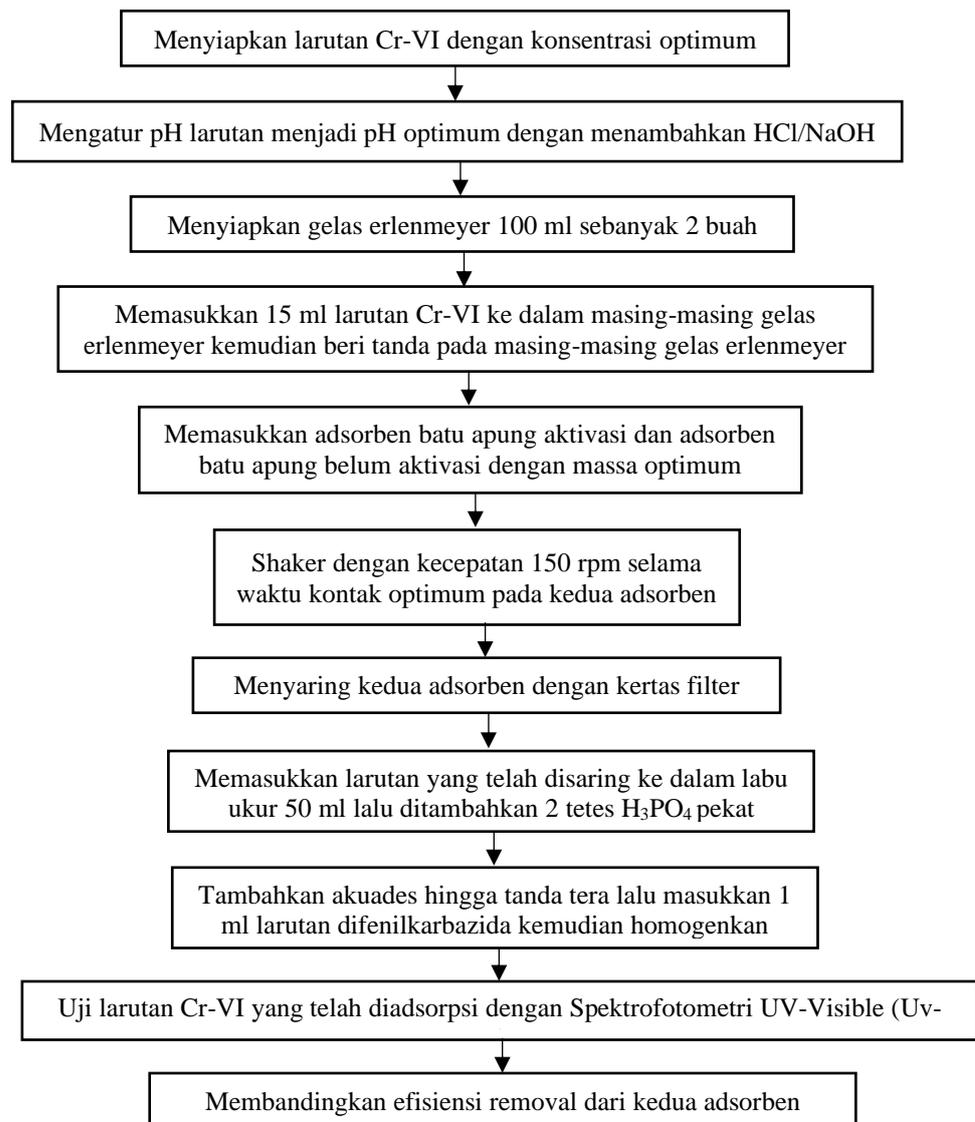
Penentuan konsentrasi optimum dilakukan setelah mendapatkan waktu kontak optimum. Penentuan konsentrasi optimum bertujuan untuk mengetahui waktu kontak optimum proses adsorpsi antara Kromium Heksavalen (Cr-VI) dengan adsorben melalui langkah-langkah sesuai dengan bagan Gambar 7 berikut :



Gambar 7. Diagram Alir Penentuan Konsentrasi Optimum

### 3.5.5.5 Perbandingan Adsorben Batu Apung Aktivasi dan Non-Aktivasi

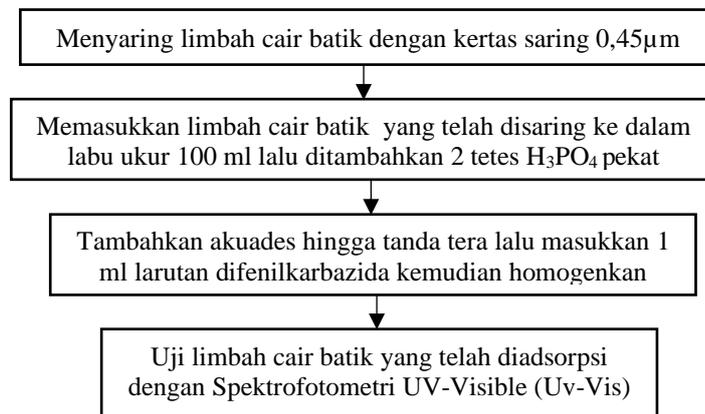
Perbandingan antara adsorben batu apung yang telah diaktivasi dengan adsorben batu apung yang belum diaktivasi dilakukan setelah mendapatkan kondisi optimum. Adapun langkah-langkahnya sesuai dengan bagan Gambar 8 berikut :



Gambar 8. Diagram Alir Perbandingan Adsorben Aktivasi dan Non-Aktivasi

### 3.5.5.6 Preparasi Limbah Cair Batik

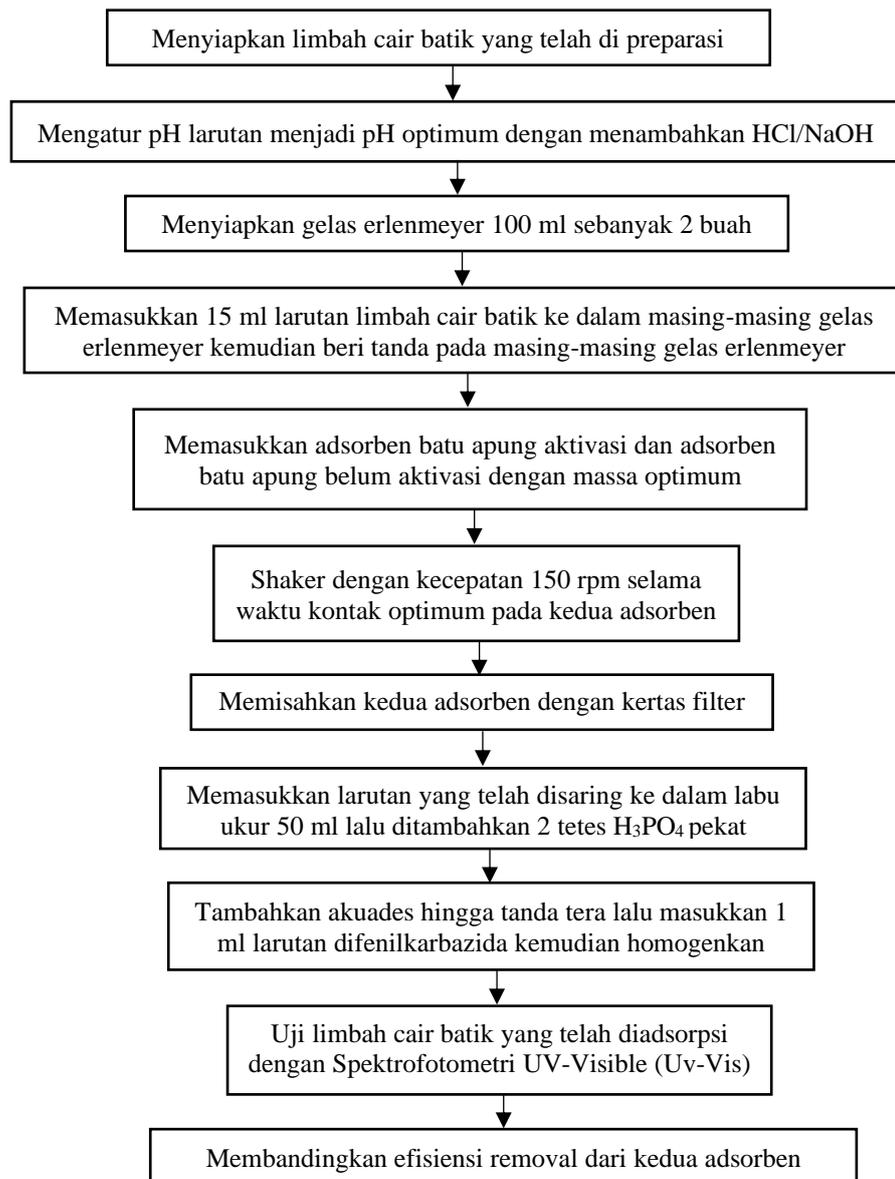
Sebelum dilakukan adsorpsi, limbah cair batik dipreparasi terlebih dahulu dengan proses penyaringan. Penyaringan dilakukan untuk menguraikan menyisihkan padatan-padatan yang menghalangi proses adsorpsi. Pada tahap ini juga dilakukan pengujian limbah cair batik menggunakan spektrofotometri UV-Visible (Uv-Vis) untuk mengetahui konsentrasi Kromium Heksavalen (Cr-VI) yang terkandung didalamnya. Adapun langkah-langkahnya mengacu pada SNI 6989-17:2009 tentang cara uji krom heksavalen (Cr-VI) dalam contoh uji secara spektrofotometri yang disesuaikan dengan bagan Gambar 9 berikut :



Gambar 9. Diagram Alir Preparasi Limbah Cair Batik

### 3.5.5.7 Implementasi Adsorben Batu Apung pada Limbah Cair Batik

Apabila sudah mendapatkan data kondisi optimum, dilakukan implementasi kondisi optimum adsorben pada limbah cair batik. Hal ini bertujuan untuk mengetahui reaksi limbah cair batik dengan adsorben dalam kondisi optimum. Adapun langkah-langkahnya sesuai dengan bagan Gambar 10 berikut :



Gambar 10. Diagram Alir Implementasi Adsorben Batu Apung pada Limbah Cair Batik

### 3.5.5.8 Perhitungan Efisiensi Penyisihan

Perhitungan efisiensi penyisihan dilakukan ketika seluruh data telah didapatkan. Hal ini dilakukan untuk mengetahui besar penyerapan adsorben terhadap logam Kromium Heksavalen (Cr-VI) yang dinyatakan dalam persen (%) dengan persamaan sebagai berikut :

$$Efisiensi\ Penyisihan\ (\%): \frac{C_o - C_a}{C_o} \times 100\%$$

Keterangan:

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

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

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Preparasi Adsorben

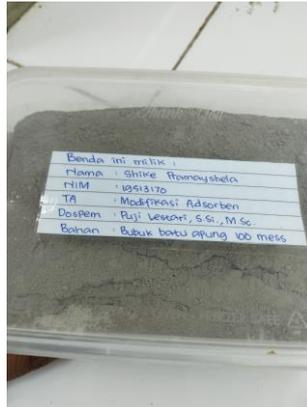
Preparasi adsorben dilakukan sesuai dengan diagram alir preparasi adsorben batu apung. Batu apung dicuci menggunakan aquades lalu dikeringkan dengan oven selama 24 jam dengan suhu  $105^{\circ}$  C. Selanjutnya batu apung dihaluskan menggunakan *grinder mill* lalu diayak dengan ayakan 100 mesh. Adapun proses preparasi adsorben dapat dilihat pada Gambar 11 berikut :



Batu Apung yang telah dicuci Aquades (kiri), Batu Apung yang telah dikeringkan dalam oven (kanan)



Menghaluskan Batu Apung Menggunakan *Grinder Mill* (kiri), Mengayak Bubuk Batu Apung Hingga Ukuran 100 Mesh (kanan)



Bubuk Batu Apung yang Siap untuk Aktivasi

*Sumber : Data Primer, 2023*

Gambar 11. Preparasi Adsorben

#### 4.2 Aktivasi Adsorben

Aktivasi adsorben dilakukan sesuai dengan diagram alir preparasi adsorben batu apung. Batu apung yang telah melewati tahap preparasi diambil seberat 50 gram untuk direndam dengan larutan HCl 1% sebanyak 150 ml. Larutan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 2 menit, kemudian didiamkan selama 24 jam. Setelah itu, batu apung dibilas dengan aquades beberapa kali hingga memiliki pH netral. Setelah dibilas, batu apung dikeringkan menggunakan oven bersuhu 105°C. Batu apung yang sudah kering kemudian direndam dalam larutan  $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$  0,5 M sebanyak 150 ml. Larutan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 2 menit, kemudian didiamkan selama 72 jam. Setelah itu, batu apung dibilas dengan aquades beberapa kali hingga memiliki pH netral. Setelah dibilas, batu apung dikeringkan menggunakan oven bersuhu 105°C. Adapun proses aktivasi adsorben dapat dilihat pada Gambar 12 berikut :



Menimbang Bubuk Batu Apung yang akan diaktivasi (kiri), Mengaduk Bubuk Batu Apung dengan Larutan HCl 1% (tengah), Merendam Bubuk Batu Apung dengan HCl 1% (kanan)



Merendam Bubuk Batu Apung dengan  $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$  0,5 M (kiri), Menyaring Adsorben (Tengah), Membilas Adsorben Hingga Air Bilasan Memiliki pH Netral (kanan)

*Sumber : Data Primer, 2023*

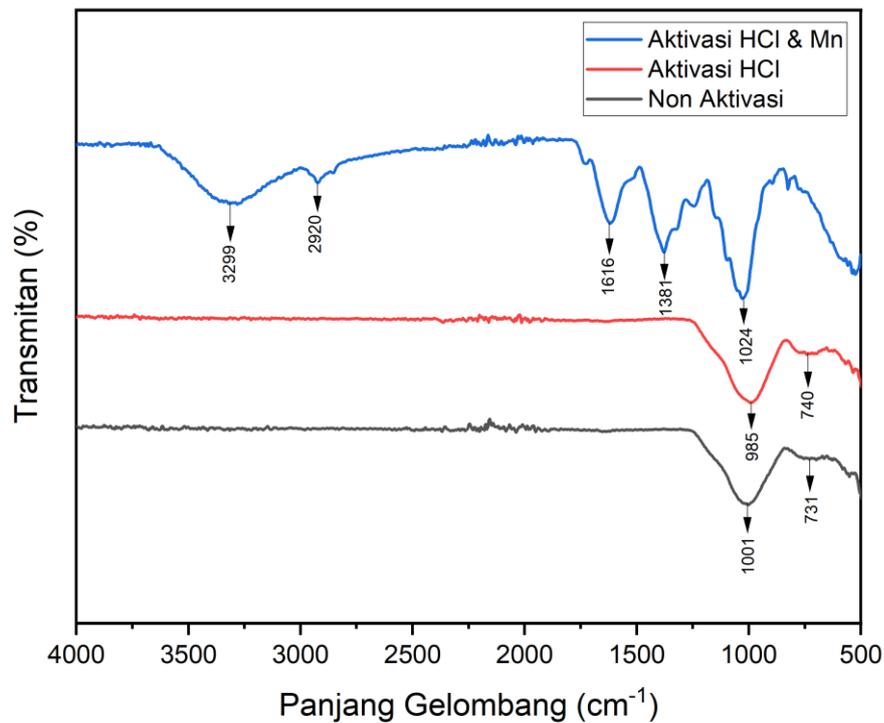
Gambar 12. Aktivasi Adsorben

### 4.3 Karakteristik Adsorben

#### 4.3.1 FTIR (*Fourier Transform Infra-Red*)

Karakterisasi adsorben menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) berfungsi untuk mengetahui kandungan gugus fungsi pada adsorben batu apung. Hasil uji FTIR dapat berupa grafik yang membentuk panjang gelombang pada sumbu x dan jumlah cahaya yang terpantulkan atau presentase (%) transitan pada sumbu y. Data hasil pembacaan FTIR kemudian dianalisis dengan cara mengidentifikasi puncak (*peak*) spesifik pada Panjang gelombang tertentu.

Setiap puncak spesifik merepresentasikan jenis gugus fungsi tertentu pada senyawa adsorben. Berikut ini merupakan gambar yang akan menunjukkan jenis fungsional dari adsorben yang belum diaktivasi, adsorben yang di aktivasi dengan HCl 1% dan adsorben yang diaktivasi dengan  $Mn(NO_3)_2$ . Hasil pembacaan FTIR dari adsorben batu apung sebelum adsorpsi dapat dilihat pada Gambar 13 berikut ini :



*Sumber : Data Primer, 2023*

Gambar 13. Panjang Gelombang Adsorben Batu Apung Sebelum Adsorpsi

Adapun hasil interpretasi dari hasil pembacaan FTIR tersebut dapat dilihat pada Tabel 2 berikut ini :

Tabel 2. Interpretasi Panjang Gelombang FTIR Adsorben Sebelum Adsorpsi

Adsorben	Penyerapan (cm-1)		Penampilan	Kelompok	Kelas Majemuk	Keterangan
	Teori	Hasil				
Non Aktivasi	750 - 20	731	Kuat	Bending CH	Tersubstitusi tunggal	
	1400 - 1000	1001	Kuat	Stretching CF	Senyawa fluoro	
Aktivasi HCl	750 - 20	740	Kuat	Bending CH	Tersubstitusi tunggal	
	995 - 985	985	Kuat	Bending C=C	Alkena	Tersubstitusi tunggal
Aktivasi Mn	1085 - 1050	1084	Kuat	Stretching CO	Alkohol primer	
	1390 - 1310	1381	Sedang	Bending OH	Fenol	
	1620 - 1610	1616	Kuat	Stretching C=C	Keton tak jenuh	
	3000 - 2840	2920	Sedang	Stretching CH	Alkana	
	3300 - 2500	3299	Kuat, Luas	Stretching OH	Asam karboksilat	Biasanya berpusat pada 3000 cm-1

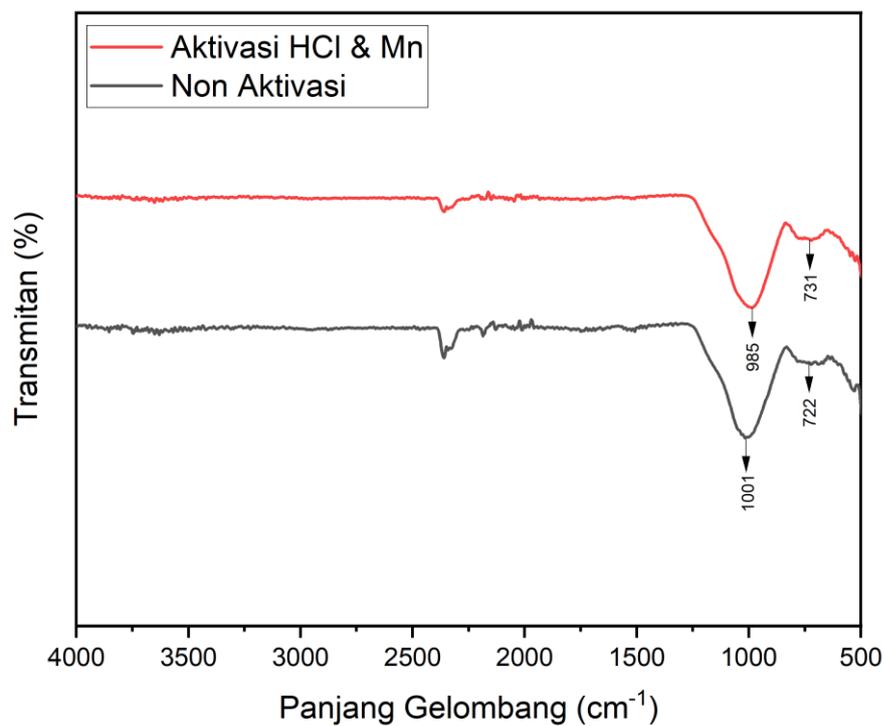
Sumber : Data Primer, 2023

Hasil pembacaan FTIR menunjukkan bahwa grafik antara adsorben batu apung non aktivasi dengan adsorben batu apung aktivasi HCl tidak berbeda jauh yang berarti aktivasi batu apung menggunakan HCl tidak menambah gugus fungsi adsorben batu apung secara signifikan. Namun pada adsorben batu apung yang diaktivasi  $Mn(NO_3)_2$  terlihat adanya penambahan gugus fungsi. Dapat diamati panjang gelombang antara  $1300 - 820 \text{ cm}^{-1}$  yang dikaitkan pada berbagai mineral oksida yang ada dalam material batu apung. Panjang yang berpusat pada rentang tersebut dapat dikaitkan dengan adanya silika. Panjang gelombang ini mengkonfirmasi persentase tertinggi dari silika pada batu apung <sup>[25]</sup>. Batu apung memiliki senyawa alami yakni silikon dioksida ( $SiO_2$ ). Masing-masing dari adsorben memiliki gugus fungsi dalam rentang panjang gelombang tersebut yang berarti pada masing-masing adsorben memiliki senyawa silikon dioksida ( $SiO_2$ ).

Aktivasi adsorben batu apung menggunakan  $Mn(NO_3)_2$  menghasilkan banyak gugus fungsi baru seperti yang dirincikan dalam tabel. Dari penambahan gugus fungsi tersebut dapat dilihat adanya potensi adsorben teraktivasi untuk mengikat logam  $Cr^{6+}$  seperti adanya asam karboksilat yang memiliki gugus fungsi  $-COOH$ . Ion  $OH^-$  pada

asam karboksilat memiliki daya tarik untuk mengikat ion logam  $\text{Cr}^{6+}$ . Penambahan ion  $\text{OH}^-$  juga ditambah oleh gugus fungsi fenol walaupun tidak terlalu kuat. Kegiatan aktivasi tak hanya menambah gugus fungsi dengan ion  $\text{OH}^-$  saja, namun juga menambah ion  $\text{H}^+$  yang berasal dari kelompok  $\text{C}=\text{C}$  keton tak jenuh dan  $\text{CH}$  dari alkana. Ion  $\text{H}^+$  berpotensi untuk mengikat  $\text{Cr}^{6+}$  dalam bentuk  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  maupun  $\text{HCrO}_4^-$  yang memiliki elektron.

Jika sebelumnya diamati hasil pembacaan FTIR dari adsorben sebelum proses adsorpsi, berikut Gambar 14 ini merupakan hasil pembacaan FTIR adsorben sesudah proses adsorpsi :



Sumber : Data Primer, 2023

Gambar 14. Panjang Gelombang Adsorben Batu Apung Setelah Adsorpsi

Adapun hasil interpretasi dari hasil pembacaan FTIR tersebut dapat dilihat pada Tabel 3 berikut ini :

Tabel 3. Interpretasi Panjang Gelombang FTIR Adsorben Setelah Adsorpsi

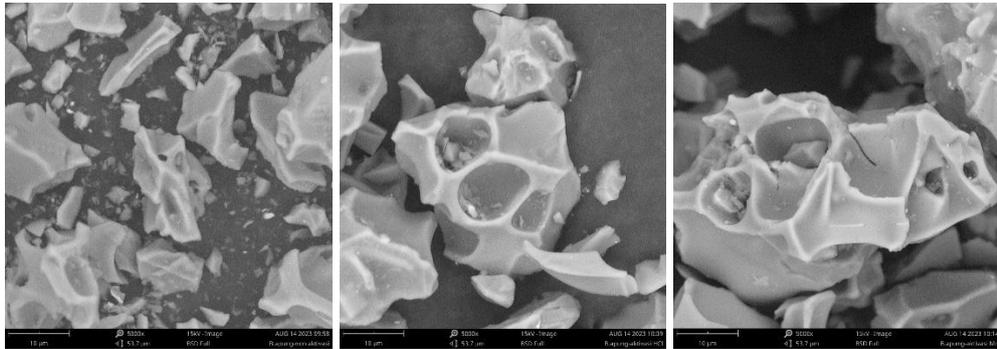
Adsorben	Penyerapan (cm-1)		Penampilan	Kelompok	Kelas Majemuk	Keterangan
	Teori	Hasil				
Non Aktivasi	750 - 20	722	Kuat	Bending CH	Tersubstitusi tunggal	
	1400 - 1000	1001	Kuat	Stretching CF	Senyawa fluoro	
Aktivasi Mn	750 - 20	731	Kuat	Bending CH	Tersubstitusi tunggal	
	995 - 985	985	Kuat	Stretching C=C	Alkena	Tersubstitusi Tunggal

*Sumber : Data Primer, 2023*

Hasil uji FTIR antara adsorben batu apung non aktivasi dan aktivasi  $Mn(NO_3)_2$  tidak berbeda jauh. Pada adsorben non aktivasi tidak terlihat adanya penambahan atau pengurangan gugus fungsi yang signifikan sedangkan pada adsorben teraktivasi  $Mn(NO_3)_2$  mayoritas gugus fungsi yang muncul dari aktivasi telah hilang. Gugus-gugus fungsi tersebut telah berikatan dengan  $Cr^{6+}$  sehingga gugus fungsi adsorben batu apung kembali seperti ketika belum diaktivasi.

#### 4.3.2 SEM (*Scanning Electron Microscopy*)

Pengujian SEM (*Scanning electron Microscopy*) dilakukan dengan tujuan untuk melihat permukaan adsorben batu apung menggunakan perbesaran khusus. Pengujian ini dilakukan dengan perbesaran 5000 kali. Hasil pengujian SEM adsorben batu apung dengan ukuran partikel 100 mesh dapat dilihat pada Gambar 15 berikut :



Batu Apung Non-aktivasi (kiri), Batu Apung Aktivasi HCl 1% (Tengah), Batu Apung Aktivasi  $Mn(NO_3)_2$  (kanan)

*Sumber : Data Primer, 2023*

Gambar 15. Hasil Uji SEM Adsorben Batu Apung

Berdasarkan Gambar 15 dapat dilihat bahwa antara adsorben batu apung non-aktivasi, batu apung aktivasi HCl 1%, dan batu apung aktivasi mangan tidak jauh berbeda. Hal ini disebabkan peran HCl 1% hanya membersihkan permukaan adsorben saja sehingga terlihat pada gambar tengah bahwa permukaan adsorben setelah diaktivasi HCl 1% lebih bersih dari sebelum diaktivasi. Sedangkan untuk aktivasi  $Mn(NO_3)_2$  bertujuan untuk melapisi permukaan adsorben supaya  $Mn(NO_3)_2$  dapat mengikat ion Kromium Heksavalen (Cr-VI).

#### 4.4 Proses Adsorpsi

Penentuan kondisi optimum perlu dilakukan sebab daya serap adsorben memerlukan beberapa kondisi optimum pada beberapa variabel. Faktor penentu dalam variabel antara lain variasi massa adsorben, variasi pH adsorben, variasi waktu kontak, dan variasi konsentrasi adsorbat.

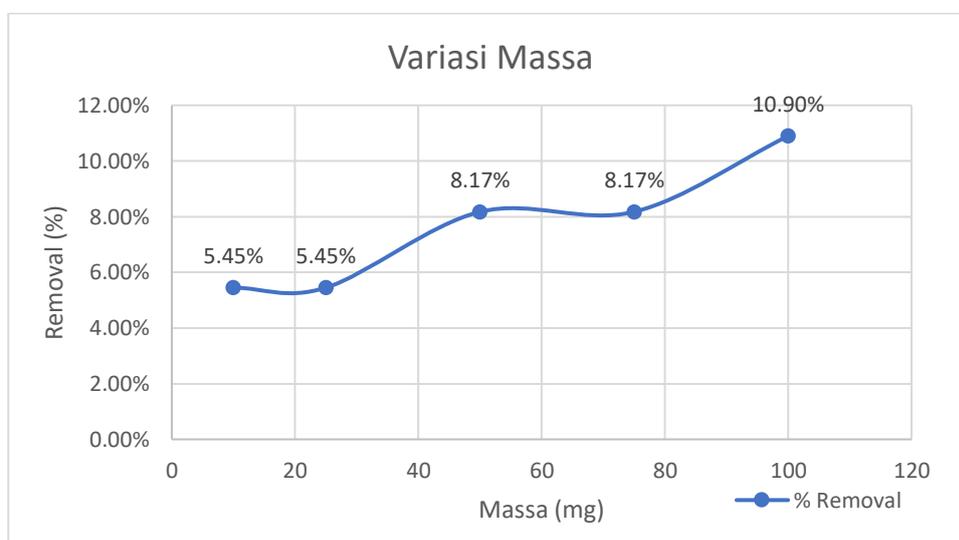
#### 4.4.1 Variasi Massa

Uji variasi massa dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui massa optimum atau dosis adsorben untuk menyerap logam  $\text{Cr}^{6+}$ . Konsentrasi awal larutan  $\text{Cr}^{6+}$  yang digunakan adalah 10 ppm dengan kondisi pH 3 sebanyak 15 ml. Adsorben yang digunakan yakni adsorben batu apung yang telah diaktivasi dengan  $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$ . Variasi massa adsorben teraktivasi yang digunakan yakni 10 mg, 25 mg, 50 mg, 75 mg, dan 100 mg. Metode yang dilakukan yakni dengan dilakukan pengadukan menggunakan *orbital shaker* secara *system batch*. dalam kurun waktu tertentu. Adapun waktu pengadukan yang digunakan dalam uji variasi massa ini yaitu 120 menit. Data dan grafik percobaan adsorpsi menggunakan variasi massa adsorben dapat dilihat pada Tabel 4 dan Gambar 16 berikut ini :

Tabel 4. Hasil Adsorpsi Variasi Massa

Massa (mg)	Co (mg/l)	Ca (mg/l)	% Removal
10	9.49	8.97	5.45%
25		8.97	5.45%
50		8.71	8.17%
75		8.71	8.17%
100		8.46	10.90%

Sumber : Data Primer, 2023



Sumber : Data Primer, 2023

Gambar 16. Grafik Hasil Adsorpsi Variasi Massa

Berdasarkan tabel dan grafik diatas dapat diketahui bahwa persentase removal (%) pada larutan  $\text{Cr}^{6+}$  terus meningkat seiring bertambahnya massa adsorben. Hal tersebut terjadi karena pori yang tersedia pada adsorben semakin banyak sehingga ion  $\text{Cr}^{6+}$  dapat lebih banyak melekat pada pori-pori adsorben. Pada varian massa 10 mg dan 25 mg, persentase removal (%) memiliki nilai yang sama. Peristiwa tersebut juga terjadi pada varian massa 50 mg dan 75 mg. Hal tersebut terjadi karena perbedaan persentase removal (%) yang sangat kecil antara keduanya sehingga sulit terbaca oleh Spektrofotometri UV-Visible. Karena perbedaan nilai persentase removal (%) yang sangat kecil walaupun perbedaan antar varian massa sudah cukup besar, maka dapat disimpulkan bahwa variasi massa tidak terlalu berpengaruh pada nilai persentase removal (%) dari  $\text{Cr}^{6+}$ .

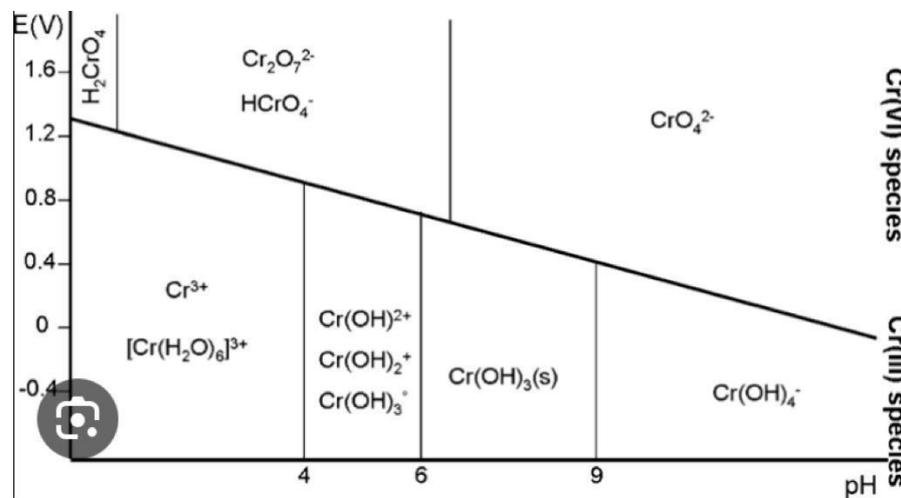
Dari nilai persentase removal (%) dapat dilihat bahwa nilai terbesar hanya 10,90% yakni pada varian massa 100 mg. Hal ini menandakan bahwa adsorben hanya memiliki kemampuan yang kecil untuk menyerap  $\text{Cr}^{6+}$  sehingga diperlukan dosis yang lebih tinggi jika ingin menaikkan persentase removal (%) hingga dosis maksimum. Dari pernyataan tersebut, maka dapat dinyatakan bahwa massa optimum dari uji variasi massa yakni 100 mg. Seharusnya massa tersebut yang digunakan untuk uji variasi selanjutnya, namun adsorben yang tersedia sangat terbatas sehingga massa yang digunakan dalam uji variasi selanjutnya yakni 50 mg supaya persediaan adsorben dapat mencukupi seluruh rangkaian penelitian. Varian massa 50 mg dipilih karena merupakan massa yang efektif untuk mencukupi seluruh rangkaian penelitian serta perbedaan persentase removal (%) yang tidak terlalu jauh dengan varian massa 100 mg.

#### 4.4.2 Variasi pH

Uji variasi derajat keasaman (pH) dilakukan untuk mengetahui nilai pH yang optimal dalam kondisi penyerapan logam  $\text{Cr}^{6+}$ . Salah satu faktor penting yang mempengaruhi penyerapan dalam proses adsorpsi yakni nilai pH. pH tidak hanya mempengaruhi disosiasi larutan namun juga proses kimiawi larutan logam

berat seperti hidrolisis, kompleksasi ligan organik dan/atau anorganik, reaksi redoks dan pengendapan. Selain itu, pH juga akan mempengaruhi spesiasi dan proses adsorpsi logam berat dalam larutan [26].

Variasi pH yang dilakukan yakni larutan Cr-VI yang dikondisikan pada pH 2, 3, 4 dan 5. Variasi tersebut dipilih berdasarkan diagram pourbaik Cr yang menggambarkan bahwa larutan Cr mulai mengendap pada pH 6 membentuk  $\text{Cr}(\text{OH})_3$ ,  $\text{CrO}_4^{2-}$  maupun  $\text{Cr}(\text{OH})_4^-$  pada pH 9 yang ditandai dengan berubahnya warna larutan Cr menjadi kehijauan hingga terbentuk padatan seperti agar-agar. Maka dari itu, pH optimum adsorpsi diasumsikan lebih rendah dari pH 6. Pada uji variasi pH, dosis adsorben menggunakan massa optimum sebesar 50 mg dan waktu kontak selama 120 menit. Adapun diagram pourbaik Cr dapat dilihat pada Gambar 17 berikut ini :



Sumber : Data Sekunder, 2023

Gambar 17. Diagram Pourbaik Logam Kromium (Cr)

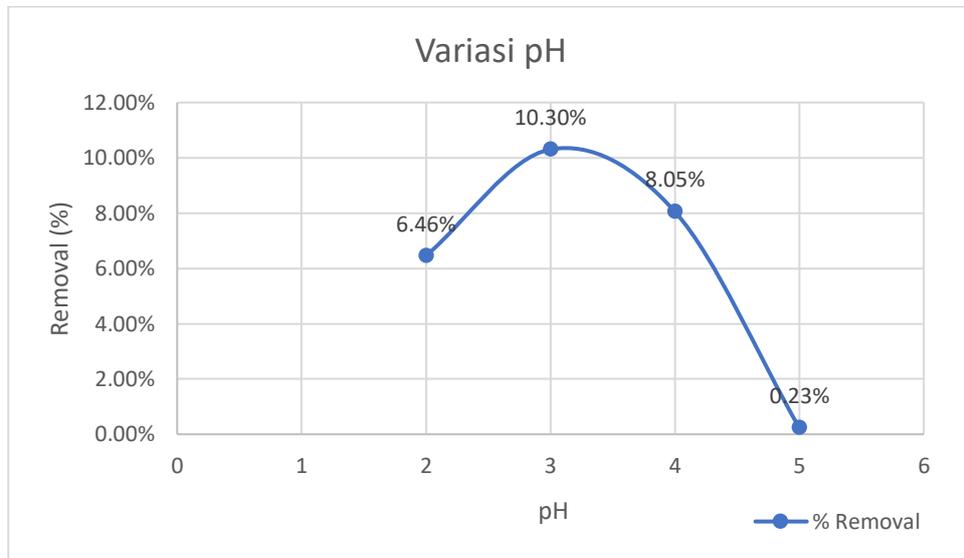
Larutan penyangga digunakan untuk mengkondisikan pH adsorbat dalam proses adsorpsi. Larutan penyangga merupakan suatu larutan yang dapat menjaga pH larutan lainnya tetap stabil, mencegahnya berubah secara signifikan akibat penambahan asam, basa, atau pengenceran. Larutan penyangga yang digunakan yakni berupa asam klorida (HCl) 0,1 M yang dibuat dari HCl 37% dan natrium hidroksida (NaOH) 0,1 M yang dibuat dari NaOH 0,5 M. Penambahan HCl 0,1 M dilakukan untuk membuat kondisi lebih asam atau nilai pH lebih rendah dari nilai pH sebelumnya. Sedangkan penambahan NaOH 0,1

M dilakukan untuk membuat kondisi lebih basa atau nilai pH lebih tinggi dari nilai pH sebelumnya. Data dan grafik percobaan adsorpsi menggunakan variasi pH larutan  $\text{Cr}^{6+}$  dapat dilihat pada Tabel 5 dan Gambar 18 berikut ini :

Tabel 5. Hasil Adsorpsi Variasi pH

pH Sebelum Adsorpsi	pH setelah Adsorpsi	Co (mg/L)	Ca (mg/L)	% Removal
2	2	9.36	8.76	6.46%
3	3	9.43	8.46	10.30%
4	4	9.39	8.63	8.05%
5	5	9.39	9.36	0.23%

Sumber : Data Primer, 2023



Sumber : Data Primer, 2023

Gambar 18. Grafik Hasil Adsorpsi Variasi pH

Dari tabel dapat dilihat bahwa konsentrasi larutan awal  $\text{Cr}^{6+}$  yang tidak jauh berbeda antara satu pH dengan pH lainnya. Logam Cr semakin larut pada kondisi asam hal tersebut hanya sedikit mempengaruhi konsentrasi awal larutan. Ion  $\text{Cr}^{3+}$  banyak ditemui pada pH kurang dari 3, sedangkan  $\text{Cr}^{6+}$  kebanyakan ditemui dalam bentuk garam dari asam kromat ( $\text{H}_2\text{CrO}_4$ ) yang mendominasi pada pH kurang dari 1 [27].

Berdasarkan data dan grafik tersebut dapat dilihat bahwa adsorben batu apung aktivasi  $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$  0,5 M pada pH 2 memiliki persentase efisiensi removal (%) logam  $\text{Cr}^{6+}$  sebesar 6,46%. Kemudian pada pH 3 persentase efisiensi removal (%) logam  $\text{Cr}^{6+}$  naik menjadi 10,30% yang merupakan nilai tertinggi dalam variasi pH. Pada pH 4 persentase efisiensi removal (%) logam  $\text{Cr}^{6+}$  turun menjadi 8,05% dan semakin turun menjadi 0,23% pada pH 5.

Pada pH 3 terjadi penyerapan logam  $\text{Cr}^{6+}$  yang tinggi karena pada pH tersebut keberadaan ion  $\text{Cr}^{6+}$  yang berbentuk  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  atau  $\text{HCrO}_4^-$  masih banyak dan adsorben terprotonisasi sehingga logam  $\text{Cr}^{6+}$  mudah diserap oleh adsorben. Ketika larutan bersifat asam, ion  $\text{H}^+$  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  $\text{OH}^-$  hadir dalam larutan, gugus-gugus di dalam adsorben akan mengalami deprotonasi yang menghasilkan muatan negatif yang sangat reaktif terhadap spesies logam dalam bentuk kation.

Nilai efisiensi removal (%) logam Cr-VI pada pH 2 yang lebih rendah dibandingkan pH 3 disebabkan adanya persaingan antara ion  $\text{H}^+$  dan  $\text{Cr}^{3+}$  dalam memprotonisasi adsorben yang mengakibatkan adsorben tidak dapat menyerap  $\text{Cr}^{6+}$  yang dalam bentuk  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  atau  $\text{HCrO}_4^-$  dengan maksimal. Pada adsorben batu apung aktivasi  $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$ , gugus fungsi  $\text{SiO}_2$  mengalami deprotonasi sehingga adsorben memiliki muatan negatif yang cocok bila bekerja dalam suasana asam. Sedangkan penyerapan logam  $\text{Cr}^{6+}$  sangat rendah pada pH 5 karena pada pH tersebut ion Cr-T sangat sedikit sehingga sulit diserap oleh adsorben. Keberadaan ion logam  $\text{Cr}^{3+}$  secara teoretis terdiri atas berbagai spesies yang jumlahnya tergantung pH larutan, namun dalam faktanya ion kromium hanya ada pada pH yang lebih rendah dari 5 [28]. Dari penjelasan tersebut, maka pH optimum yang digunakan adsorben batu apung aktivasi  $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$  0,5 M untuk mengadsorpsi logam  $\text{Cr}^{6+}$  yakni pH 3 sehingga pH ini yang akan digunakan dalam percobaan selanjutnya.

#### 4.4.3 Variasi Waktu Kontak

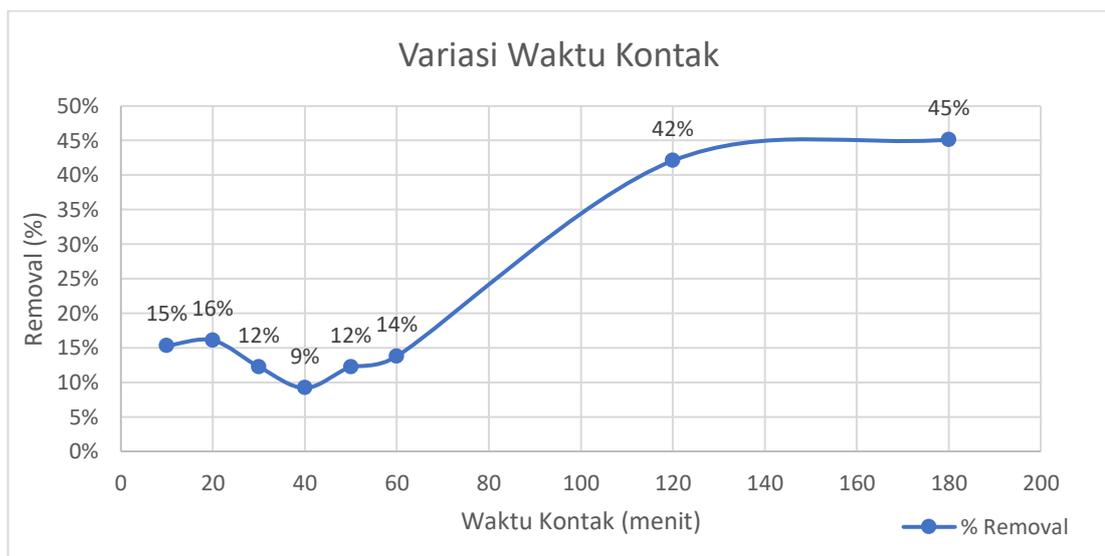
Uji variasi waktu kontak bertujuan untuk mengetahui waktu kontak optimum untuk menyerap logam  $\text{Cr}^{6+}$  hingga mencapai titik jenuh (*equilibrium*).

Dosis adsorben yang digunakan yaitu 200 mg dengan volume larutan sebanyak 30 ml dan nilai pH yang digunakan diambil dari hasil uji variasi sebelumnya yaitu pH 3. Variasi waktu kontak yang dipakai adalah selama 10 menit, 20 menit, 30 menit, 40 menit, 50 menit, 60 menit, 120 menit dan 180 menit. Data dan grafik percobaan adsorpsi menggunakan variasi waktu kontak larutan  $\text{Cr}^{6+}$  dapat dilihat pada Tabel 6 dan Gambar 19 berikut ini :

Tabel 6. Hasil Adsorpsi Variasi Waktu Kontak

Waktu Kontak (menit)	Co (mg/L)	Ca (mg/L)	% Removal
10	8.45	7.16	15.30%
20		7.09	16.07%
30		7.41	12.24%
40		7.67	9.18%
50		7.41	12.24%
60		7.29	13.77%
120		4.89	42.08%
180		4.63	45.14%

Sumber : Data Primer, 2023



Sumber : Data Primer, 2023

Gambar 19. Grafik Hasil Adsorpsi Variasi Waktu Kontak

Berdasarkan Tabel 6 dan Gambar 19 dapat dilihat bahwa adsorben mampu bekerja dalam waktu kontak dimulai dari 10 menit hingga 180 menit. Persentase

removal (%) terbesar yakni 45% pada varian waktu kontak 180 menit. Semakin lama waktu kontak dapat memberi kesempatan Cr bersinggungan dengan permukaan adsorben sehingga pori-pori adsorben menyerap Cr semakin besar [29]. Proses adsorpsi akan terus berlangsung hingga adsorben mengalami kejenuhan, yakni kondisi ketika pori-pori adsorben sudah dipenuhi oleh  $\text{Cr}^{6+}$  sehingga tidak dapat mengadsorpsi  $\text{Cr}^{6+}$ .

Pada varian waktu kontak antara 10 menit hingga 60 menit terlihat persentase removal (%) yang fluktuatif namun cenderung stabil. Hal tersebut disebabkan adanya persaingan antara ion  $\text{H}^+$  dengan  $\text{Cr}^{3+}$  untuk memprotonisasi adsorben sehingga penyerapan logam  $\text{Cr}^{6+}$  dalam bentuk  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  atau  $\text{HCrO}_4^-$  belum stabil.

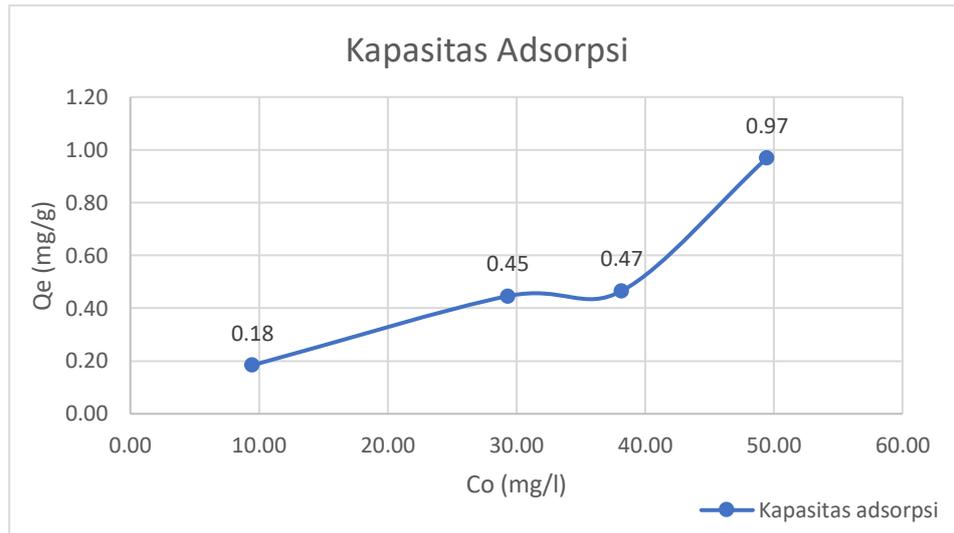
#### 4.4.4 Variasi Konsentrasi

Uji variasi konsentrasi dilakukan untuk mengetahui maksimum adsorben dalam menyerap logam  $\text{Cr}^{6+}$  pada larutan. Pengujian ini menggunakan variasi konsentrasi 10 ppm, 30 ppm, 40 ppm dan 50 ppm. Pada uji variasi konsentrasi, dosis yang digunakan yakni 50 mg. pH yang digunakan merupakan pH optimum dari hasil uji variasi pH sebelumnya yakni pH 3. Waktu kontak yang digunakan merupakan waktu kontak optimum dari hasil uji variasi waktu kontak sebelumnya yakni 120 menit. Data dan grafik percobaan adsorpsi menggunakan variasi konsentrasi larutan  $\text{Cr}^{6+}$  dapat dilihat pada Tabel 7 dan Gambar 20 berikut ini :

Tabel 7. Hasil Adsorpsi Variasi Konsentrasi

Co (mg/l)	Ca (mg/l)	Volume Larutan (L)	Massa (g)	Qe (mg/g)	% Removal
9.49	8.88	0.015	0.05	0.18	6.47%
29.33	27.84			0.45	5.07%
38.18	36.63			0.47	4.06%
49.48	46.24			0.97	6.53%

Sumber : Data Primer, 2023



Sumber : Data Primer, 2023

Gambar 20. Grafik Hasil Adsorpsi Variasi Konsentrasi

Berdasarkan Tabel 7 dan Gambar 20 dapat dilihat bahwa persentase efisiensi removal (%) logam  $\text{Cr}^{6+}$  konsentrasi larutan Cr 50 ppm yakni sebesar 6,53%. Persentase efisiensi removal (%) pada logam  $\text{Cr}^{6+}$  konsentrasi larutan Cr 30 ppm turun menjadi 4,06%. Persentase efisiensi removal (%) logam  $\text{Cr}^{6+}$  naik kembali menjadi 5,07% pada konsentrasi larutan Cr 30 ppm. Persentase efisiensi removal (%) logam  $\text{Cr}^{6+}$  terus meningkat hingga sebesar 6,47% pada konsentrasi larutan 10 ppm.

Semakin tinggi konsentrasi larutan Cr maka nilai efisiensi removal (%) akan semakin rendah dikarenakan semakin besarnya beban adsorben dalam mengadsorpsi logam  $\text{Cr}^{6+}$ . Hal tersebut terjadi karena pori yang tersedia pada adsorben tidak cukup untuk menampung banyaknya logam  $\text{Cr}^{6+}$  yang terkandung dalam larutan sehingga logam  $\text{Cr}^{6+}$  tidak dapat terserap dengan baik. Sedangkan pada konsentrasi rendah, lebih banyak pori adsorben yang tersedia karena logam  $\text{Cr}^{6+}$  yang terkandung lebih sedikit sehingga memperkecil beban adsorben dalam mengadsorpsi logam  $\text{Cr}^{6+}$ . Maka dari itu, adsorben dapat menyerap logam  $\text{Cr}^{6+}$  dengan baik pada konsentrasi rendah. Dari penjelasan tersebut, maka konsentrasi optimum adsorben batu apung aktivasi  $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$  0,5 M untuk mengadsorpsi logam  $\text{Cr}^{6+}$  yakni larutan Cr konsentrasi 10 ppm sehingga konsentrasi ini yang akan digunakan dalam percobaan selanjutnya.

Berdasarkan Tabel 7 dan Gambar 20, dapat dilihat pula bahwa kapasitas adsorpsi ( $Q_e$ ) dari adsorben terus meningkat seiring bertambahnya konsentrasi  $Cr^{6+}$  dalam adsorbat. Kapasitas adsorben dimulai dari konsentrasi terkecil yakni 10 ppm dengan kapasitas adsorpsi sebesar 0,18 mg/g hingga konsentrasi terbesar yakni 50 ppm kapasitas adsorpsi sebesar 0,97 mg/g. Fenomena ini menyatakan bahwa semakin besar konsentrasi larutan, maka akan semakin banyak pula jumlah zat terlarut yang teradsorpsi. Hingga pada akhirnya akan mencapai titik keseimbangan tertentu dimana laju zat yang terserap akan sama dengan zat yang terlepas dari adsorben [30].

#### 4.4.5 Perbandingan Adsorben Batu Apung Aktivasi dan Non-aktivasi

Perbandingan adsorben batu apung aktivasi dan non-aktivasi bertujuan untuk mengetahui reaksi limbah cair batik dengan adsorben dalam kondisi optimum serta membuktikan asumsi penelitian. Adapun hasil dari perbandingan adsorpsi antara adsorben batu apung aktivasi dan non-aktivasi dapat dilihat pada Tabel 8 berikut ini :

Tabel 8. Hasil Adsorpsi Perbandingan Adsorben

Adsorben	Co (mg/l)	Ca (mg/l)	% Removal
Aktivasi	9.60	8.63	10.10%
Non-aktivasi		7.01	26.94%

*Sumber : Data Primer, 2023*

Dari Tabel 8 dapat dilihat bahwa persentase removal (%) dari adsorben batu apung teraktivasi sebesar 10,10% sedangkan persentase removal (%) dari adsorben batu apung non-aktivasi sebesar 26,94%. Nilai persentase removal adsorben batu apung teraktivasi lebih kecil dari adsorben batu apung non-aktivasi. Hal tersebut kemungkinan disebabkan pori-pori adsorben teraktivasi secara fisik telah tertutup oleh logam  $Mn^{2+}$  dalam senyawa  $Mn(NO_3)_2$ .

Pada awalnya tujuan melapisi batu apung dengan senyawa ini untuk membuat suasana adsorben menjadi lebih asam dengan cara protonisasi menggunakan  $Mn^{2+}$  supaya dapat lebih maksimal dalam menyerap  $Cr^{6+}$  dalam bentuk  $Cr_2O_7^{2-}$  atau  $HCrO_4^-$ . Namun pada faktanya terjadi protonisasi dan deprotonisasi secara bersamaan pada adsorben ketika diaktivasi sehingga

muncul gugus fungsi  $H^+$  dan  $OH^-$  yang baru secara bersamaan. Maka dari itu, adsorben teraktivasi tidak dapat bekerja di suasana lebih netral seperti pH 4 dan 5 akibat adanya gugus fungsi  $OH^-$  yang menghalangi. Namun adsorben juga tidak dapat bekerja maksimal di suasana asam sebab adsorben telah terprotonisasi dengan  $Mn^{2+}$  sehingga ion  $H^+$  pada suasana asam terhalangi untuk memprotonisasi adsorben. Adapun ion  $H^+$  pada suasana asam dapat memprotonisasi adsorben namun hanya pada sedikit bagian adsorben yang mengalami deprotonisasi dengan munculnya gugus fungsi  $OH^-$ . Sedangkan adsorben batu apung non-aktivasi hanya dominan mengandung  $SiO_2$  yang merupakan asam lemah sehingga ion  $H^+$  akan lebih mudah memprotonisasi adsorben dalam suasana asam. Pada kesimpulannya, adsorben teraktivasi tidak terprotonisasi dengan sempurna pada pH optimum sedangkan adsorben non-aktivasi lebih terprotonisasi dengan sempurna sehingga dapat menyerap  $Cr^{6+}$  dalam bentuk  $Cr_2O_7^{2-}$  atau  $HCrO_4^-$  lebih banyak.

#### 4.4.6 Preparasi Limbah Cair Batik

Preparasi limbah cair batik dilakukan dengan menyaring limbah cair batik menggunakan kertas filter 0,45  $\mu m$ . Hal ini dilakukan sesuai dengan SNI 6989-71:2009. Penyaringan dilakukan untuk memisahkan padatan pada limbah cair batik yang berpotensi menghalangi proses adsorpsi. Adapun proses preparasi limbah cair batik dapat dilihat pada Gambar 21 berikut ini :



*Sumber : Data Primer, 2023*

Gambar 21. Proses Preparasi Limbah Cair Batik

#### 4.4.7 Implementasi Kondisi Optimum Adsorben dengan Limbah Cair Batik

Implementasi kondisi optimum adsorben dengan limbah cair batik dilakukan untuk mengetahui reaksi limbah cair batik dengan adsorben dalam kondisi optimum. Hal ini yang menentukan kecocokan adsorben dengan limbah cair batik. Adsorben dapat disimpulkan cocok dengan limbah cair batik jika efisiensi removal adsorben terhadap kandungan  $\text{Cr}^{6+}$  di limbah cair batik berkurang cukup signifikan. Sebaliknya, adsorben dapat disimpulkan tidak cocok dengan limbah cair batik jika efisiensi removal adsorben terhadap kandungan  $\text{Cr}^{6+}$  di limbah cair batik hanya berkurang sedikit atau bahkan tidak berkurang sedikitpun. Adapun hasil dari implementasi kondisi optimum dengan limbah cair batik antara adsorben batu apung aktivasi dan non-aktivasi dapat dilihat pada Tabel 9 berikut ini :

Tabel 9. Hasil Adsorpsi Limbah Cair Batik

Adsorben	Co (mg/l)	Ca (mg/l)	% Removal
Aktivasi	0.063	0.063	0.00%
Non-aktivasi		0.063	0.00%
<b>Ket : Co dan Ca telah diganti LoD</b>			

Sumber : Data Primer, 2023

Berdasarkan tabel tersebut, dapat terlihat bahwa tidak terdeteksi kandungan  $\text{Cr}^{6+}$  dalam sampel limbah cair batik. Setelah ditelusuri kepada pemilik perusahaan, hal ini disebabkan cat yang digunakan perusahaan batik sebagian berasal dari bahan alami dan sebagian lainnya menggunakan cat kimia yang hanya mengandung nitrit dan HCl. Bahan kimia seperti nitrit dan HCl yang berperan dalam pewarnaan batik dapat berpotensi berkontribusi pada pembentukan  $\text{Cr}^{6+}$  dari senyawa besi di dalam Tunjung (*Ferrous Sulfate*). Namun interaksi ini tidak terjadi secara signifikan yang dibuktikan dengan adanya nilai absorbansi dibawah LoD (Limit of Detection) dan LoQ (Limit of Quantity) pada pada spektrofotometri Uv-Vis.

## 4.6 Isoterm Adsorpsi

Kemampuan suatu adsorben untuk mengadsorpsi ion logam berat dari suatu larutan disebut kapasitas adsorpsi. Konsentrasi logam berat dalam air limbah atau larutan merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kemampuan adsorpsi. Pada penelitian ini dilakukan observasi tipe isoterm yang digunakan adsorben batu apung aktivasi  $Mn(NO_3)_2$  menggunakan isoterm Langmuir dan Freundlich. Isoterm tipe Langmuir menunjukkan homogenitas permukaan adsorben sedangkan isoterm Freundlich mengindikasikan adanya heterogenitas pada permukaan adsorben [23].

Perbandingan model isothermal Langmuir dan Freundlich dilakukan untuk menganalisis kapasitas adsorpsi. Dari keempat variasi konsentrasi adsorben digunakan model Langmuir dilakukan perhitungan nilai  $1/Q_e$  yang dibandingkan dengan  $1/C_e$ . Kemudian pada model Freundlich dilakukan perhitungan nilai  $\log Q_e$  yang dibandingkan dengan nilai  $\log C_e$ . Dari model isotherm tersebut didapatkan nilai  $R^2$ . Nilai  $R^2$  tertinggi atau yang paling mendekati 1 dipilih sebagai model isotherm yang sesuai sebab memiliki hubungan yang lebih kuat dengan kapasitas adsorpsi batu apung aktivasi  $Mn(NO_3)_2$ .

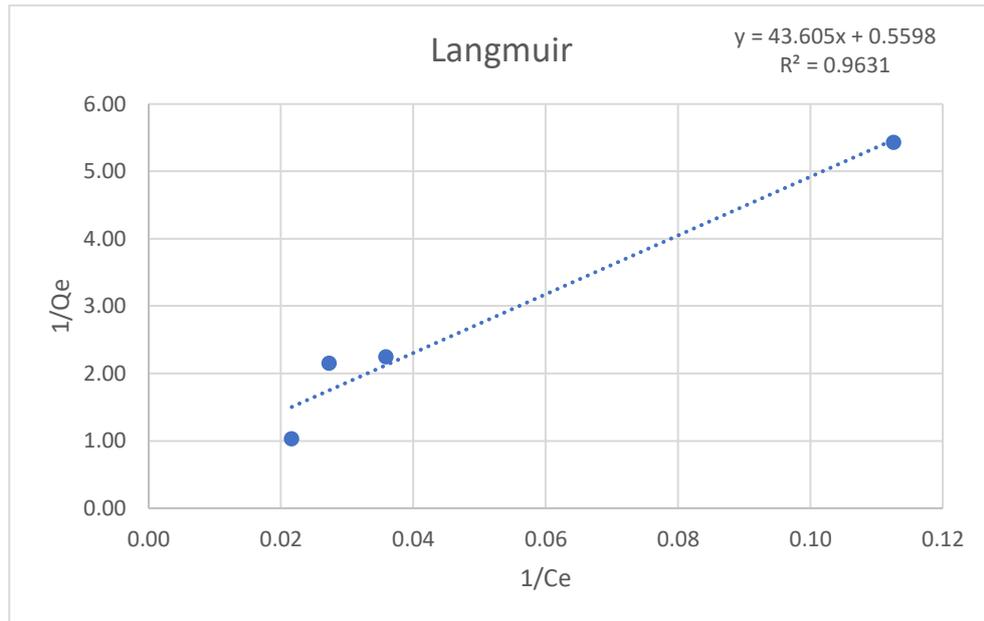
### 4.6.1 Langmuir

Pada analisis model kesetimbangan adsorpsi melalui isoterm Langmuir diperoleh nilai  $R^2 = 0,9631$ . Dari hasil perhitungan persamaan  $y = 43,605x + 0,5598$  diperoleh hasil kemampuan daya serap adsorben ( $Q_m$ ) sebesar 1,79 mg/g yang menunjukkan bahwa ion  $Cr^{6+}$  yang dapat terserap dalam 1 gram adsorben teraktivasi yakni sebesar 1,79 miligram. Rincian hasil perhitungan dan grafik isotherm Langmuir dapat dilihat pada Tabel 10 dan Gambar 22 berikut ini :

Tabel 10. Hasil Perhitungan Isoterm Langmuir

Langmuir				
Slope	Intercept	Q max (mg/g)	KL	R <sup>2</sup>
43.61	0.56	1.79	0.01	0.96

Sumber : Data Primer, 2023



*Sumber : Data Primer, 2023*

Gambar 22. Grafik Isoterm Langmuir

Model isotermal Langmuir lebih cocok untuk menjelaskan kapasitas adsorpsi batu apung aktivasi  $Mn(NO_3)_2$  dikarenakan nilai  $R^2$  yang melebihi 0,9. Nilai slope pada isoterm langmuir adalah 43,605. Nilai  $R^2$  yang mendekati 1 menunjukkan bahwa kemampuan adsorpsi dari adsorben batu apung berlangsung baik. Adsorpsi batu apung aktivasi  $Mn(NO_3)_2$  yang teridentifikasi dengan model isotermal Langmuir menjelaskan bahwa mekanisme adsorpsi yang terjadi berada pada situs spesifik yang homogen yang berarti satu jenis molekul menempati satu permukaan atau layer <sup>[19]</sup>.

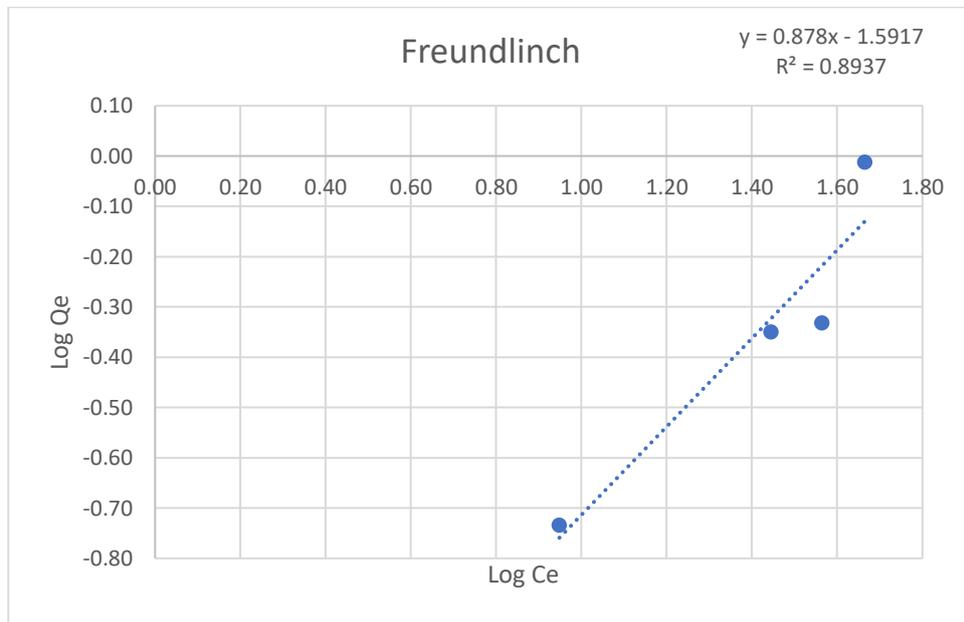
#### 4.6.2 Freundlinch

Berdasarkan analisis kesetimbangan adsorpsi dengan isoterm Freundlich yang telah dilakukan, diperoleh nilai  $R^2 = 0,8937$  dan memperoleh persamaan  $y = 0,878x + 1,5917$ . Rincian hasil perhitungan dan grafik isotherm Langmuir dapat dilihat pada Tabel 11 dan Gambar 23 berikut ini :

Tabel 11. Hasil Perhitungan Isoterm Freundlinch

Freundlinch				
Slope	Intercept	1/n	Kf	R <sup>2</sup>
0.88	1.59	1.14	39.06	0.89

Sumber : Data Primer, 2023



Sumber : Data Primer, 2023

Gambar 23. Grafik Isoterm Freundlinch

Model isotermal Freundlich kurang cocok dengan hasil penelitian adsorpsi batu apung aktivasi  $Mn(NO_3)_2$  walaupun memiliki nilai  $R^2 = 0,8937$ .

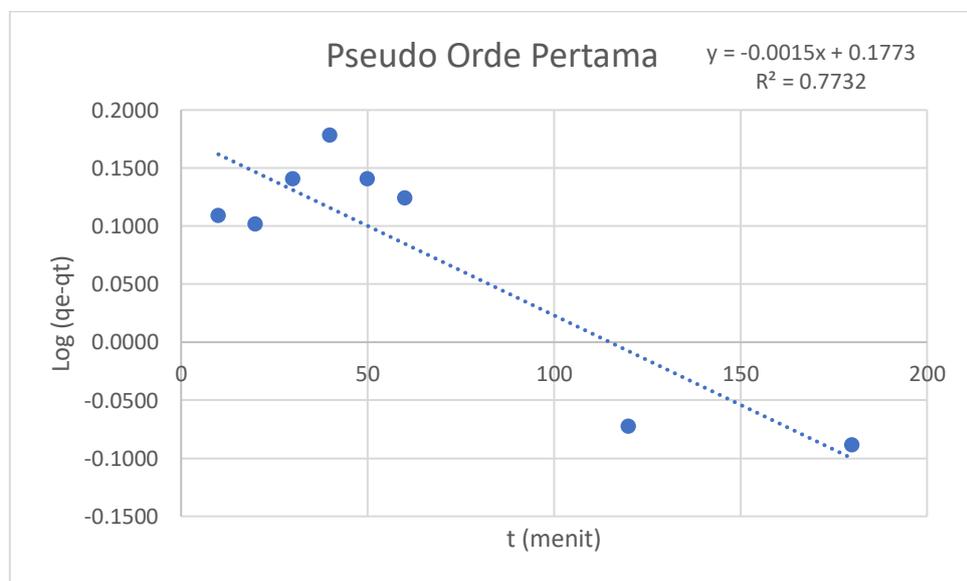
Adsorpsi batu apung aktivasi  $Mn(NO_3)_2$  yang diperlihatkan dengan model isotermal Langmuir menjelaskan bahwa mekanisme adsorpsi yang terjadi berlangsung homogen yang berarti satu jenis molekul menempati satu permukaan atau layer (*monolayer*). Hal ini sesuai dengan fakta bahwa senyawa utama dari adsorben batu apung yakni silikon dioksida yang dapat digunakan untuk mengadsorpsi  $Cr^{6+}$ . Peristiwa yang mungkin terjadi yakni molekul  $Cr^{6+}$  terjerap oleh silikon dioksida yang terkandung pada adsorben.

#### 4.7 Kinetika Adsorpsi

Kinetika adsorpsi merupakan kecepatan atau laju suatu adsorben dalam mengadsorpsi suatu adsorbat. Kinetika adsorpsi sangat berkaitan dengan variasi

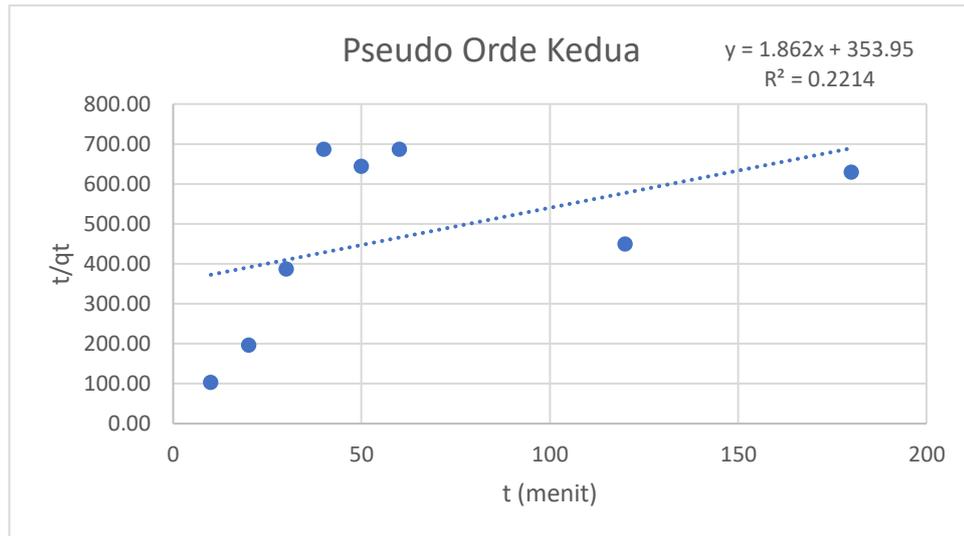
waktu kontak sebab waktu kontak adsorben merupakan dasar untuk mengetahui jenis kinetika adsorpsi. Kinetika adsorpsi dilakukan untuk mengetahui efisiensi waktu kontak dalam proses adsorpsi. Pada umumnya analisis yang digunakan berupa regresi linier menggunakan persamaan *pseudo-first orde* dan *pseudo-second orde*.

Pengukuran dilakukan secara *batch* yaitu 200 mg adsorben dalam 30 ml larutan diaduk menggunakan *orbital shaker* kemudian diambil setiap waktu 10, 20, 30, 40, 50, 60, 120 dan 180 menit untuk analisis menggunakan Spektrofotometer Uv-Vis sehingga diketahui perubahan konsentrasi ion  $\text{Cr}^{6+}$  dalam larutan pada setiap perubahan waktu. Hasil penentuan mekanisme adsorpsi logam  $\text{Cr}^{6+}$  menggunakan model *pseudo-first order* dan *pseudo-second order* yang dapat dilihat pada grafik Gambar 24 dan Gambar 25 berikut ini.



Sumber : Data Primer, 2023

Gambar 24. Grafik Kinetika Pseudo Orde Pertama



Sumber : Data Primer, 2023

Gambar 25. Grafik Kinetika Pseudo Orde Kedua

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. Grafik orde satu digambarkan dengan menginterpretasikan data percobaan antara  $\log(q_e - qt)$  terhadap waktu atau  $t$  (menit). Sedangkan pada grafik orde dua menjelaskan data hasil uji antara  $t/qt$  terhadap  $t$ . Hasil perhitungan dan analisis konstanta tiap model kinetika disajikan dalam Tabel 12 berikut ini :

Tabel 12. Perbandingan Hasil Perhitungan Kinetika Pseudo Orde Pertama dan Orde Kedua

<i>Pseudo First Order</i>			<i>Pseudo Second Order</i>		
<b>qe</b>	<b>K1</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>qe</b>	<b>K2</b>	<b>R<sup>2</sup></b>
1.19	0.0015	0.7732	0.54	3.47	0.2214

Sumber : Data Primer, 2023

Berdasarkan analisis kinetika adsorpsi yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa reaksi adsorpsi pada larutan  $\text{Cr}^{6+}$  dengan model kinetika *pseudo-first order* dan *pseudo-second order*. Konstanta laju kinetika yang dihitung dari regresi linear data adalah ( $K_1$ ) untuk orde pertama dan ( $K_2$ ) untuk orde kedua, dengan nilai koefisien determinasi atau  $R^2$  yaitu 0,7732 untuk orde satu dan 0,2214 untuk orde dua

menunjukkan bahwa model ini secara baik menjelaskan hubungan antara perubahan konsentrasi dengan waktu kontak dalam proses adsorpsi. Nilai  $R^2 = 0,7732$  pada orde pertama termasuk dalam kategori hubungan yang kuat sedangkan Nilai  $R^2 = 0,2214$  pada orde kedua termasuk dalam kategori hubungan yang lemah. Maka dari itu, hubungan perubahan konsentrasi  $Cr^{6+}$  dengan waktu kontak dapat dijelaskan dengan baik menggunakan model kinetika *pseudo-first order*.

## **BAB V**

### **SIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Simpulan**

Berdasarkan data penelitian beserta analisisnya, dapat diambil kesimpulan bahwa :

1. Kondisi optimum untuk proses adsorpsi dengan batu apung aktivasi  $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$  yaitu pada kondisi massa adsorben 100 mg, dalam pH adsorbat 3 dan waktu kontak adsorben selama 120 menit.
2. Kemampuan adsorpsi batu apung yang teraktivasi lebih rendah dibandingkan batu apung yang tidak diaktivasi. Hal ini disebabkan pori batu apung yang telah diaktivasi  $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$  telah terisi oleh logam berat  $\text{Mn}^{2+}$  sehingga menghalangi penyerapan logam berat  $\text{Cr}^{6+}$ .
3. Berdasarkan nilai efisiensi removal yang didapat, maka dapat disimpulkan bahwa parameter yang mempengaruhi efektivitas adsorben batu apung aktivasi  $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$  yaitu massa adsorben, pH adsorbat, waktu kontak adsorben, dan konsentrasi adsorbat.

#### **5.2 Saran**

Dari penelitian yang telah dilakukan, penulis mengajukan beberapa saran yang diajukan sebagai perbaikan untuk penelitian kedepannya. Adapun saran yang diberikan adalah sebagai berikut :

1. Pemilihan bahan utama adsorben dapat menggunakan bahan lain yang lebih baik untuk proses adsorpsi secara fisika dan kimia.
2. Pemilihan aktivator untuk adsorben batu apung dapat menggunakan bahan lain yang lebih baik untuk proses adsorpsi secara fisika dan kimia.
3. Menggunakan adsorben non-aktivasi dalam pengujian setiap variasi keadaan optimum untuk mengetahui perbedaan keadaan optimum antara adsorben non-aktivasi dan aktivasi.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Listiana, V. 2013. *Analisis Kadar Logam Berat Kromium (Cr) dengan Ekstraksi Pelarut Asam Sulfat ( $H_2SO_4$ ) Menggunakan Atomic Absorption Spectrofotometry (AAS) di Sungai Donan (Cilacap) pada Jarak 2 km sesudah PT. Pertamina*. Semarang: Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan Institut Agama Islam Negeri Walisongo.
- [2] Natalina, Firdaus, H. *Penurunan Kadar Kromium Heksavalen ( $Cr^{6+}$ ) Dalam Limbah Batik Menggunakan Limbah Udang (Kitosan)*. Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Malahayati.
- [3] Setyaningtyas, Tien, Zufahair, Suyata. 2005. *Pemanfaatan Abu Sekam Padi Sebagai Adsorben Kadmium (II) dalam Pelarut Air*. Majalah Kimia Universitas Jenderal Soedirman. 33-41.
- [4] Endahwati, L. 2011. *Kombinasi Proses Aerasi, Adsorpsi dan Filtrasi Pada Pengolahan Air Limbah Industri Perikanan*. Jawa Timur : Fakultas Teknologi Industri, UPN Veteran Jawa Timur.
- [5] Heidari, M., Moattar, F., Naseri, S., Samadi, M. T., dan Khorasani, N. 2011. *Evaluation of Aluminium Coated Pumice As A Potensial Arsenic (v) Adsorbent From Water Resources*. Iran: Faculty Of Environment And Energy, Islamic Azad University. Tehran.
- [6] Cicek, E., Cojocar, C., Grazyna, Z., 2008. *Response Surface Methodology for Cobalt Removal from Aqueous Solutions Using Isparta Pumice and Zeolite 4A Adsorbents*. Jurnal Nukleonika. Vol 53: 121-128.
- [7] Liu, T., Wang, Z. L., Yan, X., Zhang, B. 2014. *Removal of Mercury (II) and chromium (VI) from wastewater using a new and effective composite: Pumice-*

*Supported nanoscale zero valent iron*. Jurnal Chemical Engineering. Volume 137: 453-461.

- [8] Mohiuddin, K. M., Ogawa, Y., Zakir, H. M., Otomo, K., Shikazono, N. 2011. *Heavy metals contamination in the water and sediments of an urban river in a developing country*. International Jurnal of Environmental Science and Technology. Volume 8:723–736.
- [9] Widowati, W., Sastiono, A., Jusuf, R. R. 2008. *Efek Toksik Logam*. Yogyakarta: Penerbit Andi. Universitas Brawijaya. Bab II : Tinjauan Pustaka Adsorpsi Kromium (Cr).
- [10] Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.
- [11] Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah.
- [12] Palar, H. 2012. *Pencemaran dan toksikologi logam berat*. Jakarta: Rineka Cipta.
- [13] Tyas, N. M., Batu, D. T. F. L., Affandi, R. 2017. *Uji toksisitas letal Cr<sup>6+</sup> terhadap ikan nila (*Oreochromis niloticus*)*. Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia, Vol 21(2) : 128-132.
- [14] Cecen, F. dan Aktas, O. 2012. *Activated Carbon For Water and Wastewater Treatment*. Germany: Wiley-VCH Verlag & Co. KgaA.
- [15] Hendra, R. 2008. *Manufacture of Activated Carbon Made from Indonesian Coal with Physics Activation Methods and Characteristics*. (research paper Department of Mechanical Engineering). University of Indonesia.

- [16] Aisyahlika, S. Z., Firdaus, M. L., dan Elvia R. 2018. *Kapasitas adsorpsi arang aktif cangkang bintaro (Cerbera odollam) terhadap zat warna sintetis reactive red-120 dan reactive blue-198*. Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Kimia, 2 (2), hal.148-155.
- [17] Yustinah, Hudzaifah Hudzaifah, Maya Aprilia, Syamsudin Ab. 2019. *Keseimbangan Adsorpsi Logam Berat (Pb) dengan Adsorben Tanah Diatomit Secara Batch*. Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jakarta.
- [18] Senthil Kumar, P., Vincent, C., Kirthika, K., dan 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.
- [19] Deniz. 2017. *Manganese Adsorption by Iron Impregnated Pumice Composite*. Corlu: Engineering Faculty, Environmental Engineering Department, Namik Kemal University.
- [20] Handojo, L. 2019. *Teknologi Kimia. Bagian 2*. Jakarta : PT. Pradnya Paramita.
- [21] Babaie L., Soury B., Heidari M., Khoshnavazi R. 2012. *Evaluation of Iron and Manganese Coated Pumice Application for the Removal of As(V) from Aqueous Solution*. Iranian Journal of Environmental Health Sciences & Engineering 2012, 9:21.
- [22] Maula N.A., Hidayah M., Azizati Z. 2020. *Adsorpsi Ion Logam Kromium Heksavalen (Cr(VI)) dalam Larutan Menggunakan Manganese Oxide Coated Zeolit (MOCZ)*. Jurusan Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Walisongo Semarang.

- [23] Hasan A., Yerizam M., Yahya M.H. 2021. *Mekanisme Adsorben Zeolit dan Manganese Zeolit Terhadap Logam Besi*. Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya.
- [24] SNI 6989-71:2009 tentang cara uji krom heksavalen (Cr-VI) dalam contoh uji secara spektrofotometri.
- [25] Sepehr, M. N., Zarrabi, M., Kazemian, H., Amrane, A., Yaghmaian, K., Ghaffari, H. R. 2013. *Removal Ofhardness Agents, Calcium and Magnesium, Bynatural and Alkaline Modified Pumice Stones Insingle and Binary Systems*. Applied Surface Science 274:295–305. DOI: 10.1016/j.apsusc.2013.03.042.
- [26] Ahmad, A., M. Rafatullah, O. Sulaiman, M.H. Ibrahim, Y.Y. Chii, and B.M. Siddique. 2009. *Removal of Cu(II) and Pb(II) Ions from Aqueous Solutions by Adsorption on Sawdust of Meranti Wood, Desalination*. Desalination 247 (1–3): 636–46.
- [27] Mohan D. and Pittman Jr. C. U. 2006. *Activated Carbons and Low Cost Adsorbents for Remediation of tri- and Hexavalent Chromium from Water*. J. Hazard. Mater. 137. 762-811.
- [28] Sulastri, S., Nuryono, Kartini, I., Kunarti, E.S. 2014. *Kinetika dan Keseimbangan Adsorpsi Ion Kromium (III) dalam Larutan pada Senyawa Silika dan Modifikasi Silika Hasil Sintesis dari Abu Sekam Padi*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta.
- [29] Marlinawati, Yusuf, B. and Alimudin. 2015. *Pemanfaatan Arang Aktif Dari Kulit Durian (Durio Zibethinus L) Sebagai Adsorben Ion Logam Kromium*. Jurusan Kimia Mulawarman, 13(1), pp. 23–27.
- [30] Handayani, Murni, and E Sulistiyono. 2009. Uji Persamaan Langmuir Dan Freundlich Pada Penyerapan Limbah Chrom (VI) Oleh Zeolit. Prosiding 42

Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Nuklir PTNBR – BATAN, no. VI: 130-36.

## LAMPIRAN

### Lampiran 1. Sampling Limbah Cair Industri Batik

Limah cair batik diambil dari salah satu pada salah satu industri batik di Indonesia tepatnya pada koordinat  $7^{\circ}48'39.2''S$   $110^{\circ}20'57.4''E$ . Kegiatan pengambilan dan pengawetan limbah cair batik berdasarkan pada SNI 6989-84:2019 tentang cara uji kadar logam terlarut dan logam total secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)-nyala. Limbah diambil menggunakan jerigen plastik sesuai dengan pedoman SNI. Setelah itu, limbah ditambahkan  $HNO_3$  hingga  $pH < 2$  sambil diaduk supaya larutan  $HNO_3$  terlarut sempurna dalam limbah cair batik. Pengecekan pH menggunakan pH universal secara bertahap seiring ditambahkan  $HNO_3$  ke dalam limbah cair batik. Limbah cair batik kemudian diawetkan dalam suhu ruang dan tahan hingga 6 bulan.

Seharusnya pengawetan limbah cair batik untuk spektrofotometri Uv-Vis berdasarkan SNI 6989-17:2009 dengan cara limbah diambil menggunakan jerigen plastik, diberi NaOH hingga pH 9 sehingga Kromium Heksavalen (Cr-VI) terendapkan. Kondisi penyimpanannya pun seharusnya pada suhu berkisar  $2^{\circ}C$  hingga  $4^{\circ}C$ . Lama penyimpanan limbahnya juga hanya maksimal 30 hari.



Gambar Sampling Limbah Cair Industri Batik

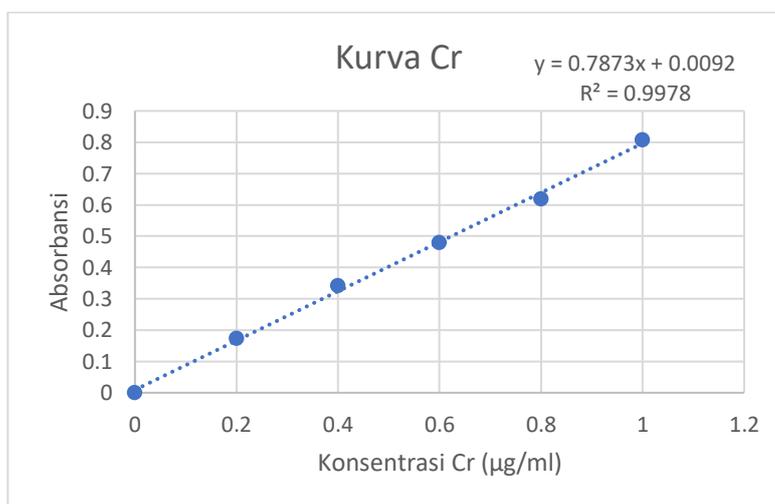
Pengambilan Limbah Cair Batik (kiri), Penambahan  $HNO_3$  pada Limbah Cair Batik (tengah), Pengecekan pH Limbah Cair Batik (kanan)

## Lampiran 2. Larutan Standar Cr-VI

Larutan standar Cr-VI dibuat dari larutan induk  $K_2Cr_2O_7$  yang dilarutkan kedalam aquades hingga konsentrasi 100 ppm. Variasi larutan standar yang dibuat yaitu 0 ppm menggunakan akuades, 0,2 ppm, 0,4 ppm, 0,6 ppm, 0,8 ppm, dan 1 ppm. Variasi tersebut menandakan bahwa konsentrasi Cr-VI yang dapat diukur berkisar antara 0 ppm hingga 1 ppm. Berdasarkan hasil kalibrasi, larutan standar Cr memiliki nilai  $R^2 = 0,99785$ . Nilai tersebut mendekati 1 serta lebih dari  $R^2 = 0,95$  yang menandakan sehingga tingkat akurasi baik sehingga membentuk garis lurus linier pada rentang konsentrasi yang dibuat.

Tabel 13. Kurva Standar Cr-VI pada Spektrofotometri UV-Visible

Label Sampel	Konsentrasi	Rata-Rata Absorbansi
	$\mu\text{g/ml}$	
Standard 1	0	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
Koefisien Korelasi		0.99837374
Slope		0.7735
Intersep		0.0193
Sy/x		0.01612762
IoD		0.06255055
IoQ		0.20850182

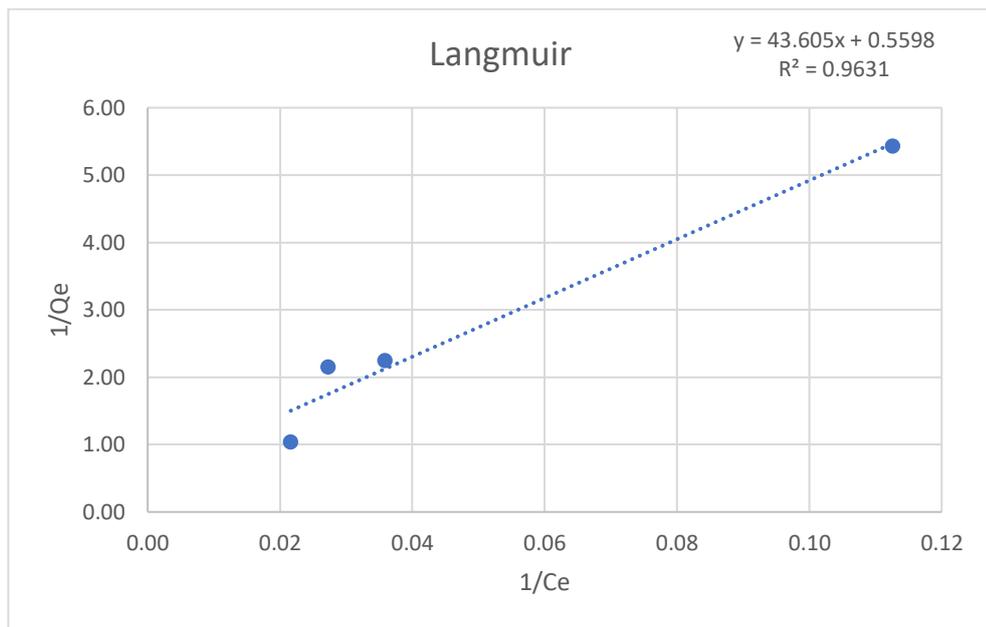


Gambar 26. Grafik Kurva Standar Cr-VI pada Spektrofotometri UV-Visibl

### Lampiran 3. Perhitungan Isoterm Langmuir dan Freundlinch

Konsentrasi (mg/l)	Co (mg/l)	Ca (mg/l)	Delta C	% Removal	Qe (mg/g)	1/Qe	1/Ce	Log Qe	Log Ce
10	9.49	8.88	0.61	6.47%	0.18	5.43	0.11	-0.73	0.95
30	29.33	27.84	1.49	5.07%	0.45	2.24	0.04	-0.35	1.44
40	38.18	36.63	1.55	4.06%	0.47	2.15	0.03	-0.33	1.56
50	49.48	46.24	3.23	6.53%	0.97	1.03	0.02	-0.01	1.67

#### a. Isoterm Langmuir



Langmuir					
Slope	Intercept	Q max (mg/g)	KL	RL	R <sup>2</sup>
18.04	0.56	1.79	0.03	1.00	0.96

- Menghitung Q max

$$Q \text{ max} = \frac{1}{\text{intersep}}$$

$$Q \text{ max} = \frac{1}{0,56}$$

$$Q \text{ max} = 1,79 \text{ mg/g}$$

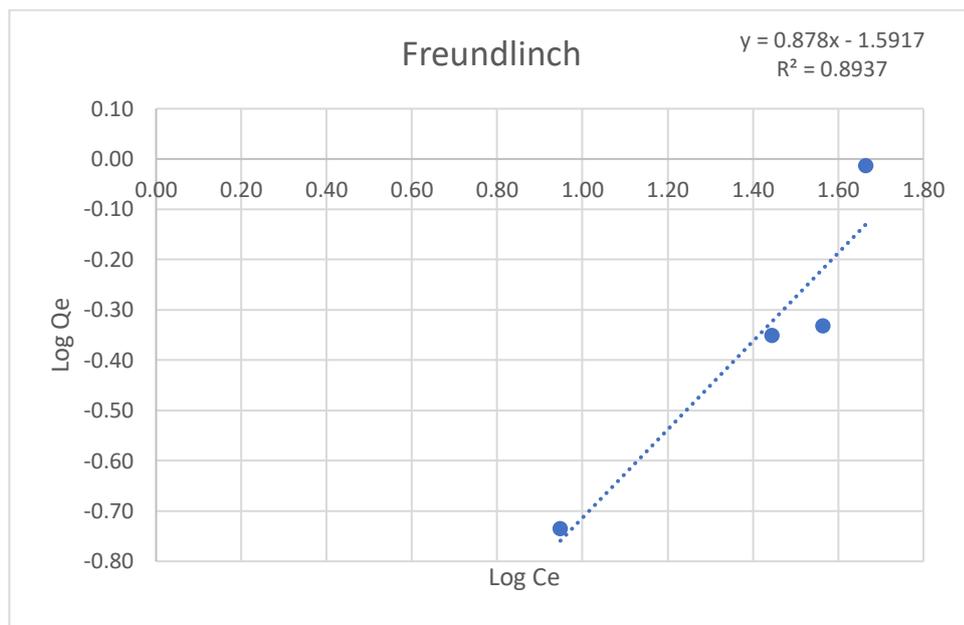
- Menghitung KL

$$KL = \frac{1}{(\text{slope} \times Q_{max})}$$

$$KL = \frac{1}{(18,04 \times 1,79)}$$

$$KL = 0,03$$

## b. Isoterm Freundlinch



Freundlinch				
Slope	Intercept	1/n	Kf	R <sup>2</sup>
0.27	1.09	3.67	12.23	0.38

- Menghitung 1/n

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

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

$$n = \frac{1}{0,27}$$

$$n = 3,67$$

- Menghitung Kf

$$Kf = \text{Antilog Intersep}$$

$$Kf = 10^{\text{intersep}}$$

$$Kf = 10^{1,09}$$

$$Kf = 12,23$$

## Lampiran 4. Perhitungan Kinetika Adsorpsi Pseudo Orde pertama dan Pseudo Orde Kedua

### a. Pseudo Orde Pertama

Persamaan

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

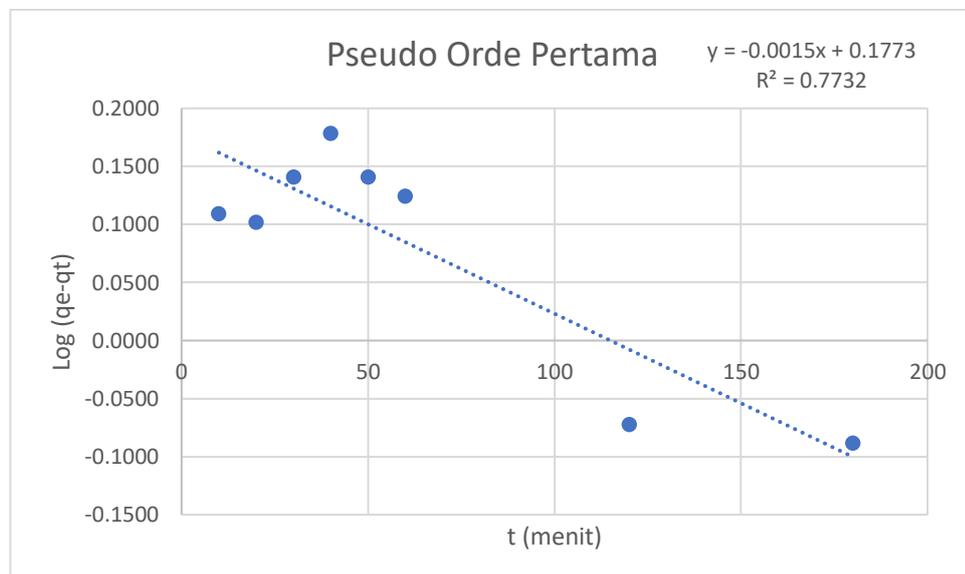
Keterangan:

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

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

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

t (menit)	Co (mg/l)	Ce (mg/l)	C (Co-Ce)	V (L)	Massa (g)	qt (mg/g)	Log qt	Log (qe-qt)
10	8.45	7.16	1.29	0.03	0.20	0.19	-0.7119	0.1089
20		7.09	1.36			0.20	-0.6907	0.1017
30		7.41	1.04			0.16	-0.8087	0.1404
40		7.67	0.78			0.12	-0.9334	0.1780
50		7.41	1.04			0.16	-0.8087	0.1404
60		7.29	1.16			0.17	-0.7576	0.1241
120		4.89	3.56			0.53	-0.2729	-0.0727
180		4.63	3.82			0.57	-0.2424	-0.0886



- $y = ax + b$
- $dq/dt = K_1(q_e - q_t)$
- $y = -0,0015x + 0,1773$

Slope (a)	Intercep (b)	K1 (menit-1)	qe	R <sup>2</sup>	Log qe
-0.0015	0.1773	0.0015	1.19	0.7732	0.08

b. Pseudo Orde Kedua

<p>Persamaan</p> $\frac{dq_t}{dt} = k_2(q_e - q_t)^2$
---

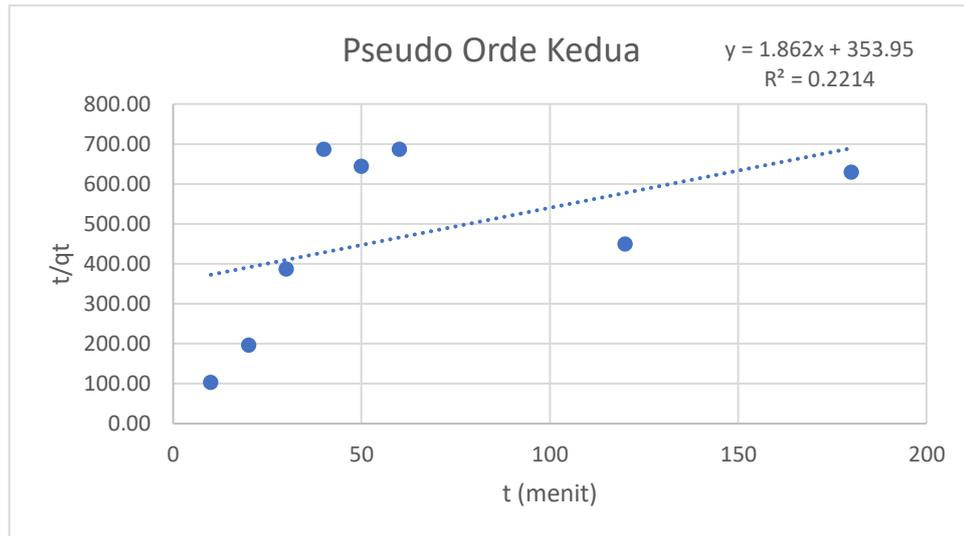
Keterangan:

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

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

K<sub>2</sub> = konstanta laju order dua (g/mg.menit<sup>-1</sup>)

t (menit)	Massa (g)	Co (mg/l)	Ce (mg/l)	C (Co-Ce)	V (ml)	qt (mg/g)	t/qt
10	0.2	8.45	7.16	1.29	0.015	0.10	103.02
20			7.09	1.36		0.10	196.24
30			7.41	1.04		0.08	386.23
40			7.67	0.78		0.06	686.33
50			7.41	1.04		0.08	643.72
60			7.29	1.16		0.09	686.74
120			4.89	3.56		0.27	449.86
180			4.63	3.82		0.29	629.06



- $y = ax + b$
- $t/qt = 1/q_e t + 1/K_2 q_e^2$
- $y = 1,862x + 353,95$

Slope (a)	Intercep (b)	Qe	qe <sup>2</sup>	K2 (menit-1)	R <sup>2</sup>
1.862	353.95	0.54	0.29	3.47	0.2214

## RIWAYAT HIDUP



**Shike Pramayshela**, atau akrab disapa Shike, lahir di Sleman, 5 Mei 2001. Ia merupakan anak dari pasangan Alm. Agus Sutrisno dan Dewi Suprihati. Ia merupakan anak sulung dari dua bersaudara, adiknya bernama Prada Adhiasa. Ia bersekolah di SMAN 1 Cibarusah dan memutuskan untuk melanjutkan studi sebagai mahasiswa program studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Disamping kegiatan perkuliahannya, ia juga aktif mengikuti organisasi yakni Marching Band Universitas Islam Indonesia sebagai sekretaris bidang teknis marching band. Ia juga turut aktif sebagai asisten laboratorium pada mata kuliah praktikum kimia dasar di laboratorium kualitas air (tahun 2020) dan asisten laboratorium pada mata kuliah praktikum mikrobiologi lingkungan di laboratorium bioteknologi lingkungan (tahun 2021) Universitas Islam Indonesia.

Dengan ketekunan, motivasi tinggi untuk terus belajar dan berusaha, penulis telah berhasil menyelesaikan pengerjaan Tugas Akhir berupa Skripsi yang berjudul **“Penurunan Kandungan Logam Berat Kromium Heksavalen (Cr-VI) dalam Larutan Menggunakan Adsorben Batu Apung”**. Semoga penulisan Tugas Akhir ini mampu memberikan kontribusi positif bagi lingkungan dan menjadi referensi untuk penelitian selanjutnya.