

TA/TL/2023/1670

TUGAS AKHIR
PEMANFAATAN KULIT JERUK (*CITRUS SINENSIS*)
DALAM PENYERAPAN LOGAM TIMBAL (Pb) PADA
LIMBAH CAIR BATIK

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



SOFY NURDIANTI
19513145

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

TUGAS AKHIR
PEMANFAATAN KULIT JERUK (*CITRUS SINENSIS*)
DALAM PENYERAPAN LOGAM TIMBAL (Pb) PADA
LIMBAH CAIR BATIK

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



SOFY NURDIANTI
19513145

Disetujui,
Dosen Pembimbing:

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

NIK. 155130112

Tanggal: 15/8 2023

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

NIK. 025100406

Tanggal:



Mengetahui,*

Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII

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

NIK. 045130401

Tanggal: 20/10 - 23

*Apabila sudah pendadaran

HALAMAN PENGESAHAN

**PEMANFAATAN KULIT JERUK (*CITRUS SINENSIS*)
DALAM PENYERAPAN LOGAM TIMBAL (Pb) PADA
LIMBAH CAIR BATIK**

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

**Hari : Jumat
Tanggal : 20 Oktober 2023**

Disusun Oleh:

**SOFY NURDIANTI
19513145**

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.


(Puji)

(Eko)

(Any)

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

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

Yogyakarta, 20 oktober 2023

Yang membuat pernyataan,



Sofy Nurdianti

NIM: 19513145

PRAKATA

Assalamualaikum Wr. Wrb

Puji syukur Alhamdulillah hirobil a'alamin saya ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa Allah SWT yang telah memberikan nikmat serta hidayah-Nya agar saya dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “**Pemanfaatan Kulit Jeruk (*Citrus sinensis*) Dalam Penyerapan Logam Timbal (Pb) Pada Limbah Cair Batik**” untuk memenuhi syarat untuk lulus kuliah serta selesai pada Pendidikan Strata- I dan gelar sarjana Teknik pada jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Daerah Istimewa Yogyakarta.

Dalam rangka proses penyusunan laporan Penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang telah melimpahkan Nikmat-Nya, hidayah-Nya kepada penulis yang mendorong penulis untuk terus menyelesaikan laporan tugas akhir.
2. Bapak **Dani Supriadi** dan Ibu **Cincin Hindsah** sebagai orang tua penulis yang selalu mendukung dan dorongan untuk penulis untuk tetap semangat.
3. Ibu **Puji Lestari, S.Si., M.Sc., Ph.D.** selaku dosen pembimbing 1 Tugas Akhir yang telah memberikan ilmu, arahan, ide yang sangat membantu penyusunan laporan tugas akhir bagi penulis.
4. Bapak **Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D.** selaku dosen pembimbing 2 Tugas Akhir yang telah memberikan masukan, dan saran yang sangat bermanfaat bagi penulis
5. Ibu **Any Juliani, S.T., M.Sc. (Res.Eng.), Ph.D.** selaku Kepala Program studi Teknik lingkungan UII serta dosen penguji Tugas Akhir yang telah membimbing serta memberi saran dan arahan dalam penyelesaian penelitian tugas akhir ini.
6. Seluruh dosen dan *staff* pegawai program studi Teknik lingkungan UII yang telah mengajarkan, *sharing* ilmu bersama penulis serta bantuan dalam administrasi tugas akhir penulis.
7. Teman- teman seperjuangan anggota markas kos putri amarta di kaliurang

Yogyakarta yang selalu semangat dalam penyelesaian penelitian tugas akhir dan sebagai teman piknik serta kulineran dikala sedang jenuh.

8. Teman – teman TL 2019 seperjuangan kelompok topik adsorben di laboratorium kualitas air FTSP UII.
9. Laboran di laboratorium kualitas air FTSP UII yang telah membantu penulis dalam menjalankan penelitian.
10. Pihak – pihak yang terlibat dalam penyelesaian karya tugas akhir penulis.

Maka dari itu semoga seluruh pihak yang terlibat dalam penyusunan tugas akhir mendapat balasan kebaikan dari Allah SWT. Untuk penulisan laporan tugas akhir ini penulis menyadari bahwa masih belum mendekati kata sempurna, sehingga penulis harap untuk kritik dan saran yang bersifat membangun. Semoga laporan tugas akhir ini bisa bermanfaat bagi penulis serta pembaca. Mohon maaf apabila masih ada kesalahan kata serta kalimat, terima kasih atas perhatiannya.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 20 Oktober 2023



Sofy Nurdianti

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ABSTRAK

SOFY NURDIANTI. “Pemanfaatan Kulit Jeruk (*Citrus Sinensis*) Dalam Penyerapan Logam Timbal (Pb) Pada Limbah Cair Batik”. Dibimbing oleh Puji Lestari, S.Si., M.Sc., Ph.D. dan Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D.

Limbah cair industri batik dihasilkan dari proses produksi kain batik yang mana menggunakan air serta pewarna sintetis yang memiliki kandungan logam berat. Salah satu logam berat yang terkandung yakni timbal (Pb) pada limbah cair batik menjadi pencemar di lingkungan karena memiliki sifat toksisitas tinggi. Salah satu metode untuk mengolah logam berat yakni adsorpsi dengan media adsorben kulit jeruk (*Citrus Sinensis*). Metode adsorpsi digunakan karena mampu mengikat ion-ion logam berat pada limbah cair di permukaan adsorben. Kulit jeruk memiliki kandungan senyawa pektin dan selulosa yang memiliki potensi sebagai menangkap ion logam. Tujuan dari penelitian yaitu untuk mengetahui kemampuan dan efisiensi removal logam Pb pada limbah batik. Media adsorben kulit jeruk serbuk ukuran 100 mesh dan diaktivasi asam sitrat 1M. Karakterisasi adsorben menggunakan alat FTIR dan SEM. Untuk pengujian adsorpsi dilakukan variasi pada parameter massa 20,30,40,50 mg; pH 3,5,7,9; waktu kontak 5,10,20,60,120,180 menit; konsentrasi larutan logam Pb 30, 60, 90, 125, 200 mg/L dengan pengadukan 150 rpm serta perbandingan adsorben aktivasi dan tidak aktivasi. Hasil penelitian memperoleh data optimum untuk pH 3, waktu kontak 60 menit, konsentrasi larutan menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi maka semakin besar kapasitas adsorpsi hingga mencapai kesetimbangan pada kapasitas adsorpsi maksimum di 128,21 mg/g. Kondisi optimum adsorben digunakan pada limbah batik adsorben teraktivasi memiliki efisiensi removal logam Pb sebesar 86 % sedangkan tidak aktivasi sebesar 74% dengan massa adsorben 50 mg. Hasil penelitian yaitu adsorben kulit jeruk teraktivasi asam sitrat 1M telah mampu menyerap logam Pb di limbah cair batik dengan cara yang sederhana serta mengurangi sumber pencemar lingkungan.

Kata kunci: Adsorpsi, Kulit Jeruk, Limbah Batik, Timbal

ABSTRACT

SOFY NURDIANTI. “*Utilization of Orange Peel (Citrus sinensis) for Adsorption of Lead (Pb) Heavy Metal in Batik Liquid Waste*”. Supervised by Puji Lestari, S.Si., M.Sc., Ph.D. and Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D.

Batik industrial liquid waste is produced from the production process of batik cloth which uses water and synthetic dyes that contain heavy metals. One of the heavy metals contained is lead (Pb) in batik wastewater becomes a pollutant in the environment because it has high toxicity. Method for reducing heavy metals concentration is adsorption using orange peel (Citrus Sinensis) adsorbent media. The adsorption method is used because it is able to bind heavy metal ions in wastewater on the surface of the adsorbent. Orange peel contains pectin and cellulose compounds which have the potential to capture metal ions. The aim of the research is to determine the ability and efficiency of Pb metal removal in batik waste. The adsorbent media is 100 mesh orange peel powder and activated by 1M citric acid. Adsorbent characterization using FTIR and SEM instruments. For the adsorption test, variations were made on the parameters of mass 20, 30, 40, 50 mg; pH 3,5,7,9; contact time 5,10,20,60,120,180 minutes; concentration of Pb metal solution 30, 60, 90, 125, 200 mg/L with 150 rpm stirring and the ratio of activated and inactivated adsorbents. The research results obtained optimum data for pH 3, contact time 60 minutes. Adsorption maximum capacity is 128.21 mg/g. The optimum condition of the adsorbent used in batik waste activated adsorbent has a lead (Pb) removal efficiency of 86% while non-activated adsorbent is 74% with a mass of 50 mg adsorbent. Based on the research, the adsorbent of orange peel activated with 1M citric acid has been able to adsorb Pb metal in batik wastewater in a simple way and reduce environmental pollutant sources.

Keywords: Adsorption; Batik Wastewater; Orange peel; Lead

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN	iv
PRAKATA	v
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Hipotesis Penelitian	3
1.6 Ruang Lingkup	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Karakteristik Limbah Cair Industri Batik	5
2.2 Logam Timbal (Pb).....	6
2.3 Adsorpsi	6
2.4 Jeruk Manis (<i>Citrus sinensis</i>)	7
2.5 Isoterm Adsorpsi	8
2.6 Penelitian Terdahulu	9
BAB III METODE PENELITIAN	13
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian	13
3.2 Alat dan bahan	13
3.3 Alur Pelaksanaan Penelitian	13
3.4 Pelaksanaan Penelitian.....	15
3.4.1 Studi Literatur.....	15
3.4.2 Sampling Limbah Cair Batik.....	16
3.4.3 Preparasi Adsorben Kulit Jeruk.....	16

3.4.4	Karakterisasi Adsorben.....	18
3.4.5	Proses Adsorpsi	18
3.4.6	Preparasi Limbah Cair Batik	23
3.4.7	Aplikasi Adsorben Pada Limbah Cair Batik	24
3.5	Prosedur Analisa Data	25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		27
4.1	Hasil Karakteristisasi Adsorben Kulit Jeruk.....	27
4.1.1	Pengujian FTIR (<i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i>).....	27
4.1.2	Pengujian SEM (<i>Scanning Electron Microscope</i>).....	32
4.2	Pengujian adsorpsi logam berat Pb	35
4.2.1	Uji Variasi Massa	35
4.2.2	Uji Variasi Nilai pH.....	36
4.2.3	Uji Variasi Waktu Kontak	38
4.2.4	Kinetika Adsorpsi.....	40
4.2.5	Uji Variasi Konsentrasi Larutan	42
4.3	Analisis Isoterm Adsorpsi.....	44
4.4	Aplikasi Adsorben ke Limbah Cair Batik.....	47
4.2.6	Uji Perbandingan Adsorben Aktivasi dan Non Aktivasi.....	48
BAB V SIMPULAN DAN SARAN		49
5.1.	Simpulan	49
5.2.	Saran	49
DAFTAR PUSTAKA.....		50
LAMPIRAN		53
RIWAYAT HIDUP		65

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Penelitian Terdahulu	9
Tabel 2. Analisa Hasil Uji FTIR Adsorben Kulit Jeruk	28
Tabel 3. Hasil Analisis Uji FTIR adsorben kulit jeruk setelah adsorpsi logam Pb	31
Tabel 4. Perbandingan Model Kinetika Adsorpsi Pb	42
Tabel 5. Data Isoterm Adsorpsi Model Langmuir dan Freundlich pada adsorpsi Pb oleh adsorben kulit jeruk.	46
Tabel 6. Hasil Uji Adsorpsi Limbah Batik dengan Adsorben Kulit Jeruk (massa=50 mg, pH=3, t=60 menit, V= 25 mL)	47
Tabel 7. Hasil uji perbandingan Adsorpsi dengan adsorben Aktivasi dan Non Aktivasi (massa= 50 mg, V= 25 ml, pH=3, t=60 menit)	48

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Struktur Senyawa Pektin	8
Gambar 2. Tahapan Penelitian	14
Gambar 3. Tahapan Preparasi Adsorben	17
Gambar 4. Tahapan Penentuan Massa Optimum.....	19
Gambar 5. Tahapan Penentuan pH optimum.....	20
Gambar 6. Tahapan penentuan Waktu Optimum	21
Gambar 7. Tahapan Penentuan Konsentrasi Larutan Logam Optimum	22
Gambar 8. Tahapan Perbandingan Adsorben Aktivasi dan Non Aktivasi.....	23
Gambar 9. Tahapan Destruksi Limbah Cair Batik.....	24
Gambar 10. Tahapan Aplikasi Adsorben ke Limbah Cair Batik.....	25
Gambar 11. Grafik FTIR Adsorben Kulit Jeruk Sumber : Data primer, 2023	28
Gambar 12. Grafik hasil uji FTIR adsorben kulit jeruk setelah proses adsorpsi logam Pb Sumber : Data primer, 2023	30
Gambar 13. Hasil Uji SEM adsorben Kulit Jeruk A. Sebelum Aktivasi B. Sesudah Aktivasi.....	33
Gambar 14. Hasil uji SEM kulit jeruk Aktivasi A= Sebelum Aktivasi , B = Setelah aktivasi Sumber : Data primer,2023	34
Gambar 15. Hasil Uji Variasi Massa Adsorben	35
Gambar 16. Grafik Hasil Efisiensi Removal adsorpsi Logam Pb (V=25 ml; t= 120 menit; massa= 50 mg)	37
Gambar 17. Spesiasi Logam Pb Sumber : Issabayeva dkk, 2006.....	38
Gambar 18. Grafik efisiensi removal hasil uji adsorpsi variasi waktu kontak (V= 25 ml; pH=3; massa= 50 mg)	39
Gambar 19. Grafik Model Kinetika Adsorpsi Pseudo orde satu	41
Gambar 20. Grafik Model Kinetika Adsorpsi Pseudo orde dua	41
Gambar 21. Grafik Pengaruh hasil uji adsorpsi variasi konsentrasi larutan terhadap kapasitas Adsorpsi (Qe) (t = 60 menit; V= 25 ml; pH=3; massa= 50 mg).....	43
Gambar 22. Model Isoterm Langmuir adsorpsi Logam Pb oleh Adsorben Kulit Jeruk Sumber : Data Primer, 2023	45
Gambar 23. Grafik model isoterm Freundlich dari adsorpsi logam Pb oleh adsorben kulit jeruk.....	46

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran I. Alat dan Bahan Penelitian	53
Lampiran II. Dokumentasi Preparasi Adsorben Kulit Jeruk	54
Lampiran III. Data Hasil Uji Adsorpsi logam Pb dengan adsorben kulit jeruk teraktivasi Asam sitrat	58
Lampiran IV. Perhitungan Model Isoterm	59
Lampiran V Perhitungan Kinetika Adsorpsi	62

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Batik memiliki arti pada kamus besar Bahasa Indonesia yakni kain bergambar yang pembuatannya secara khusus dengan menuliskan atau menerapkan malam pada kain, selanjutnya pengolahannya diproses dengan cara tertentu. Batik telah mendapat pengakuan dunia sebagai warisan budaya asli negara Indonesia menjadi identitas bangsa Indonesia pada 2 Oktober 2010 melalui UNESCO (*United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization*).

Kain batik di produksi oleh industri batik yang termasuk ke dalam kegiatan Usaha Kecil Menengah (UKM) dan “*Home Industry*” yang dilakukan oleh pengrajin batik dengan metode yang masih tradisional. Kegiatan dari industri batik menghasilkan limbah cair yang dapat mencemari lingkungan apabila tidak dikelola secara baik dan benar. Keberadaan industri batik pada skala tersebut akan meningkatkan potensi pencemaran lingkungan di kawasan pemukiman padat penduduk ^[1].

Limbah cair industri batik berasal dari proses pencucian dan pewarnaan kain batik yang memiliki beberapa tahapan sesuai dengan area kain yang akan diberi warna ^[2]. Penggunaan bahan wax (malam), pewarna sintetis dan *fixing agent* untuk proses pewarnaan kain batik yang menyebabkan karakteristik dari air limbah memiliki kadar pH tinggi serta memiliki kandungan logam berat yang terdiri dari Cd, Fe, Pb, Cu, Zn, Mn, Al, Mg, Ca, Cr dan Si ^[3]. Pada penelitian terdahulu karakteristik dari limbah cair batik untuk konsentrasi logam berat yaitu Cu 0,019 mg/liter hingga 0,472 mg/liter, Cr 0,09 mg/liter hingga 0,1 mg/liter dan Pb 0,04 mg/liter ^[2].

Logam berat yang dilepas tanpa dilakukan pengolahan yang tepat dapat mengancam kesehatan masyarakat karena adanya persistensi, biomagnifikasi dan

akumulasi pada rantai makanan di lingkungan. Salah satu logam berat di limbah cair yaitu timbal (Pb). Logam ini memiliki sifat toksisitas tinggi yang berarti zat pada kadar yang rendah serta pemaparan yang berulang, terus menerus dapat mengakibatkan keracunan pada manusia dan merusak organ dalam seperti ginjal, hati, sistem reproduksi, otak dan sistem saraf. Maka dari itu untuk mencegah terjadinya paparan logam berat timbal (Pb) dan menyebabkan pencemaran logam berat di lingkungan ini terdapat metode untuk menyerap logam berat tersebut dengan metode adsorpsi ^[3].

Untuk proses penyerapan logam timbal (Pb) pada penelitian ini akan menggunakan metode adsorpsi dengan memanfaatkan adsorben kulit jeruk (*citrus sinensis*). Kulit jeruk memiliki senyawa pektin yang merupakan senyawa polimer dari poli asam 1-4-galakturonat yang terdapat di dinding sel ^[4]. Struktur dari senyawa pektin terdapat gugus aktif karboksilat yang memiliki kemampuan untuk mengikat ion logam berat, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai biosorben ^[3].

Penelitian terdahulu mengenai kulit jeruk yang dijadikan sebagai adsorben untuk menyerap logam berat yakni adsorpsi logam Fe dengan konsentrasi 12 mg/L yang hasilnya menunjukkan bahwa efisiensi adsorpsi dengan pektin kulit jeruk ini sebesar 88,90% ^[3]. Pada penelitian akan dilakukan identifikasi dari kulit jeruk untuk menyerap logam Pb. Sehingga penelitian ini merupakan pengembangan dari penelitian terdahulu. Pada penelitian menggunakan jenis logam timbal Pb untuk menganalisis kemampuan kulit jeruk proses dari penyerapan logam berat Pb pada limbah cair batik dengan metode adsorpsi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang penelitian, maka rumusan masalah yaitu bagaimana kemampuan adsorben kulit jeruk pada proses adsorpsi dalam penurunan konsentrasi dari logam berat timbal (Pb) di limbah cair industri batik?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui dan menganalisis kemampuan adsorben kulit jeruk pada proses adsorpsi dalam penurunan konsentrasi logam timbal (Pb) di limbah cair industri batik.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapatkan dari penelitian ini untuk peneliti, masyarakat dan ilmu pengetahuan yaitu :

1. Untuk para peneliti yang akan datang dapat dijadikan sebagai literatur dari penggunaan kulit jeruk sebagai bahan alam atau limbah organik untuk melakukan penyerapan logam berat timbal (Pb) pada limbah cair industri.
2. Untuk pengetahuan dapat dijadikan sebagai literatur untuk pengembangan penelitian -penelitian selanjutnya.

1.5 Hipotesis Penelitian

H₀: Pengujian adsorpsi dengan variasi parameter massa, pH, waktu kontak dan konsentrasi larutan logam Pb pada adsorben kulit jeruk teraktivasi asam sitrat 1 M tidak mempunyai pengaruh terhadap penyerapan logam berat Pb di limbah cair industri batik.

H₁: Pengujian adsorpsi dengan variasi parameter massa, pH, waktu kontak dan konsentrasi larutan logam Pb pada adsorben kulit jeruk teraktivasi asam sitrat 1 M

mempunyai pengaruh terhadap penurunan konsentrasi logam berat Pb pada limbah cair industri batik

1.6 Ruang Lingkup

Ruang lingkup pada penelitian ini yaitu :

1. Skala penelitian yaitu laboratorium kualitas air Teknik Lingkungan FTSP UII.
2. Sampel air limbah batik diperoleh pada salah satu tempat pembuangan limbah cair industri batik di wilayah Yogyakarta.
3. Pengujian pada adsorben kulit jeruk untuk penyerapan logam berat timbal (Pb) pada limbah cair industri batik.
4. Variabel bebas untuk penelitian yakni variasi massa, pH, waktu kontak, konsentrasi larutan logam Pb.
5. Variabel tetap penelitian yaitu adsorben kulit jeruk, aktivator asam sitrat 1M dan pengadukan dengan *shaker* 150 rpm

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik Limbah Cair Industri Batik

Industri batik termasuk kedalam jenis industri tekstil, industri yang mengolah bahan kain menjadi produk berupa kain batik yang memiliki berbagai macam corak dan khas. Proses dari pembuatan batik memiliki metode sederhana yang mana menggambar dengan alat canting lalu mencelupkan kain ke dalam pewarna. Selain itu ada batik cap dengan metode cetak yang bisa memproduksi massal karena dengan bantuan mesin^[4]. Dalam membuat batik mulai dari proses awal hingga akhir ini dapat diindikasikan menggunakan bahan – bahan kimia yang mempunyai kandungan unsur logam berat, sehingga limbah yang dihasilkan memiliki konsentrasi logam berat ^[5].

Limbah cair industri batik memiliki karakteristik berwarna keruh, berbusa, mempunyai pH dan konsentrasi BOD tinggi serta senyawa logam berat yang bersifat beracun ^[6]. Limbah batik merupakan hasil dari pembuangan yang berasal dari proses pembuatan batik. Tahapan dari pewarnaan batik yang memiliki dua warna atau lebih ini juga memerlukan pewarnaan sesuai dengan jumlah warna, serta bagian motif yang tidak diwarnai ditutup dengan lilin dan pemberian agen pengikat. Bahan – bahan wax (malam), pewarna sintetis dan *fixing agent* untuk proses pewarnaan kain mengakibatkan limbah cair batik mengandung kadar logam berat. Logam berat yang telah diidentifikasi yaitu Cd, Fe, Pb, Cu, Zn, Mn, Al, Mg, Ca, Cr, Ca, dan Si ^[7]. Salah satu logam berat yaitu timbal (Pb) bersumber dari zat pewarna serta zat mordant yakni zat pengikat yang mengandung senyawa $PbCrO_4$ ^[20].

2.2 Logam Timbal (Pb)

Logam timbal (Pb) termasuk ke dalam kategori logam berat pada klasifikasi *U.S Environmental Protection Agency*. Logam timbal (Pb) mempunyai nomor atom 82 dengan berat 207,2 g/mol, titik didih 1755⁰C dan titik leleh sebesar 327 ⁰C [8]. Timbal merupakan logam yang berkilauan warna putih kebiruan atau kelabu keperakan. Logam Pb memiliki tingkat toksisitas tinggi dan tergolong pada bahan pencemar berbahaya dan beracun.

Logam timbal terdiri dari dua jenis yaitu timbal organik dan timbal anorganik. Timbal pada alam dapat ditemukan pada tanah yang bersifat tidak berbau dan tidak berasa. Timbal yang sering ditemukan di lingkungan yaitu timbal anorganik yang ditemukan berasal dari cat, tanah, kosmetik, mainan anak – anak serta produk konsumen. Logam pb memiliki sifat konduktor listrik lemah sehingga tahan terhadap korosi sehingga digunakan untuk bahan pelapis [8]. Senyawa timbal pada lingkungan ini dapat berubah menjadi senyawa timbal lainnya karena dapat bereaksi dan membentuk senyawa seperti timbal oksida (PbO). Namun untuk senyawa kimia yang mengandung timbal ini tidak bisa dihilangkan karena timbal tidak bisa didegradasi [9]. Lalu terdapat sumber yang menyebabkan adanya peningkatan konsentrasi logam timbal yakni aktivitas dari manusia dengan penggunaan kendaraan bermotor yang mengeluarkan asap serta dari kegiatan mesin industri.

2.3 Adsorpsi

Adsorpsi adalah proses yang mana terdapat perbedaan afinitas suatu senyawa terhadap padatan berpori [8]. Adsorpsi adalah suatu fenomena fisik pelekatan suatu molekul pada permukaan. Adsorpsi merupakan proses pemisahan yang dapat mendukung penyisihan dari polutan pada air dan limbah cair. Proses adsorpsi dapat berupa antara gas dengan cair, cair dengan cair, padat dengan cair dan gas dengan padat [10]. Pada adsorpsi terdapat zat yang teradsorpsi pada permukaan ini disebut sebagai adsorbat, sedangkan untuk zat yang berperan

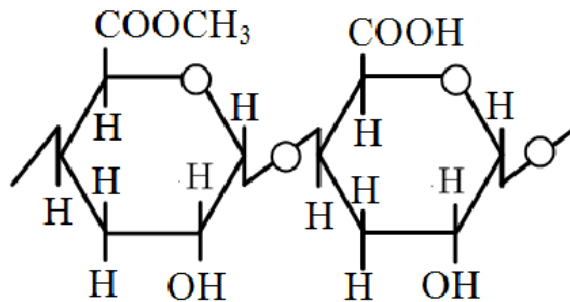
sebagai penyerap atau mengadsorpsi ini disebut adsorben. Adsorben adalah suatu material padat yang berpori berfungsi untuk menjerap molekul adsorbat serta memiliki situs aktif^[8].

Metode adsorpsi merupakan salah satu dari cara yang memiliki efektivitas serta efisiensi relatif tinggi dalam potensi penyisihan logam berat pada air limbah^[23]. Adsorpsi menjadi metode efektif karena adsorben memiliki sifat mudah regenerasi, jumlah, sifat fleksibel serta desain yang sederhana dan akan tetap berjalan walau konsentrasi adsorbat rendah^[11].

2.4 Jeruk Manis (*Citrus sinensis*)

Jeruk manis (*Citrus sinensis*) mempunyai ciri – ciri yang terdiri dari pohon yang bisa tumbuh tinggi setinggi 7,5 m – 15 m seiring bertambah umur pohon tersebut. Jeruk yang berbentuk bulat dan oval. Untuk kulit luar jeruk mempunyai warna oranye atau kekuningan pada saat matang dan hijau ketika belum matang. Pada kulit buah bagian dalam berwarna putih bertekstur kenyal dan non-aromatik^[12]. Untuk bagian kulit jeruk terbagi menjadi 2 yaitu Flavedo yang mana bagian luar yang mempunyai batas dengan epidermis dan Albedo yang merupakan bagian busa. Kulit dari berbagai spesies jeruk ini mempunyai pektin dengan konsentrasi yang cukup tinggi dengan kisaran 15-25 %.

Buah jeruk jenis *citrus sinensis* mudah ditemukan di Indonesia. Kulit jeruk mengandung zat -zat yang bermanfaat yang terdiri dari *liminoids, synephrine, hesperidin flavonoid, polyphenols, pectin*, dan sejumlah *folacin, calcium, potassium, thiamine, niacin and magnesium*^[13]. Pada senyawa tersebut termasuk kedalam gugus fungsi seperti hidroksi dan karboksil yang menjadikan potensi kulit jeruk dimanfaatkan sebagai adsorben^[14] Komponen pada kulit jeruk mengalami proses pengikatan logam oleh senyawa pektin terjadi karena dalam kulit jeruk terdapat gugus karboksilat yang dapat bereaksi dengan ion logam berat sehingga membentuk senyawa kompleks antara pektin dengan logam berat. Berikut pada **Gambar 1**. merupakan struktur kimia dari senyawa pektin.



Gambar 1. Struktur Senyawa Pektin

2.5 Isoterm Adsorpsi

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 ^[15]. Namun untuk persamaan isoterm Langmuir dan Freundlich ini dapat menghubungkan antar serapan logam per satuan berat pada kesetimbangan konsentrasi adsorbat dengan jumlah yang besar dan berfase fluida ^[16].

Pada model isoterm Freundlich merupakan persamaan empiris dengan pendekatan penjerapan zat terlarut dari air limbah menuju permukaan adsorben atau zat padat ^[15]. 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_e = 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 kecapatan 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^[15]. Model persamaan Langmuir pada persamaan (2).

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

Keterangan :

Ce = konsentrasi kesetimbangan larutan (mg/L)

qe = jumlah zat yang diadsorpsi per gram adsorben (mg/g)

Qo = kapasitas adsorpsi (mg/g)

b = intensitas adsorpsi (L/mg)

2.6 Penelitian Terdahulu

Berikut pada **Tabel 1**. Merupakan ringkasan dari penelitian terdahulu mengenai adsorpsi logam berat.

Tabel 1. Penelitian Terdahulu

No	Peneliti	Adsorben dan logam berat	Aktivator	Hasil penelitian
1	Djamilah Arifiyana dan Ratih Kusuma Wardani (2023)	Kulit Jeruk, Logam Timbal (Pb)	Tidak aktivasi	1. Massa optimum yang diperoleh yakni 0,75gram dengan 92,9% dengan larutan konsentrasi awal 40 mg/L. kondisi pH 4 pengadukan 100 rpm selama 180 menit. 2. Kapasitas adsorpsi yang dihasilkan yakni 7,27 mg/g pada massa 0,25 g.

2	Norvi Fatmawati dkk, 2018	Kulit jeruk <i>Citrus nobilis Lour. Var macrocarpa</i> Logam Fe (II)	Ca(OH) ₂	<ol style="list-style-type: none"> 1. Hasil FTIR adsorben jeruk menunjukkan terdapat -OH dan -COOH 2. Kapasitas adsorpsi sebesar 22,727 mg/g pada massa 0,75 g dengan rentang pH 4 – 6 menggunakan isotherm Freundlich 3. Kinetika reaksi pada <i>pseudo orde 2</i> dengan laju 4,097 L/mg.menit.
3	Nafikatus Solika dkk, 2017	Kulit Jeruk Siam (<i>Citrus reticulata</i>) Logam Timbal (Pb)	Tidak aktivasi	<ol style="list-style-type: none"> 1. Massa yang digunakan 0,5 gram, 60 ml larutan logam Pb 100 ppm menghasilkan kondisi optimum di waktu 40 menit dengan kapasitas 4,959 mg/g. 2. Untuk kondisi optimum pH yakni pada nilai pH 4 dengan kapasitas serapan 4,947 mg/g.
4	Ben Khalifa dkk, 2019	Kulit Jeruk Logam Cr	Tidak aktivasi	<ol style="list-style-type: none"> 1. Massa optimum 1,12 g dengan persen removal 97% 2. Kapasitas maksimal adsorpsi yakni 7,14 mg/g 3. pH optimum pada nilai pH 2 dengan suhu ruangan 34,17⁰ C
5	Santos dkk, 2015	Kulit Jeruk Logam timbal Pb	Tidak aktivasi	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kapasitas adsorpsi maksimum dengan nilai 50,5 mg/g 2. pH optimum yakni 5,5 dan

				120 menit untuk waktu kontak 3. Rasio massa adsorben (g) dengan larutan logam (ppm) yakni 0,1 : 25
6	Jena dan Sahoo, 2017	Kulit Jeruk Logam timbal (Pb)	Tidak aktivasi	1. Kapasitas maksimum yaitu 19,146 mg/g 2. Persentasi removal yaitu 95,73% dengan larutan logam 80 ppm
7	Liang dkk, 2010	Kulit Jeruk Logam timbal (Pb)	NaOH 4 M	1. Kapasitas maksimum yakni 218,34 mg/g 2. pH optimum berada pada 5 hingga 5,5
8	Feng dan Guo , 2012	Kulit Jeruk Logam timbal (Pb)	CaCl ₂ 0,8 M	1. Nilai pH berada pada rentang 5 hingga 5,5 dengan waktu kontak 120 menit dan suhu 25 ^o C 2. Kapasitas adsorpsi maksimum yakni 209,8 mg/g.
9	Akinhanmi dkk, 2020	Kulit Jeruk Logam kadmium (Cd)	Tidak Aktivasi	1. Kapasitas maksimum adsorpsi 128,23 mg/g diperoleh dari model isotherm Langmuir 2. Kinetika Adsorpsi diperoleh <i>pseudo-first order</i> . 3. Waktu kontak Optimum berada di 120 menit, pH 5,5 serta suhu 45 ^o C

Berdasarkan tabel 1. Penelitian terdahulu mengenai adsorben kulit jeruk dalam menyerap logam berat dalam larutan ini memiliki potensi yang baik untuk proses adsorpsi. Dalam penelitian terdahulu masih belum banyak yang menggunakan aktivator untuk adsorben, maka dari itu penulis menggunakan aktivator asam sitrat 1 M dan mengaplikasikan adsorben teraktivasi pada limbah cair industri batik untuk penelitian ini.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

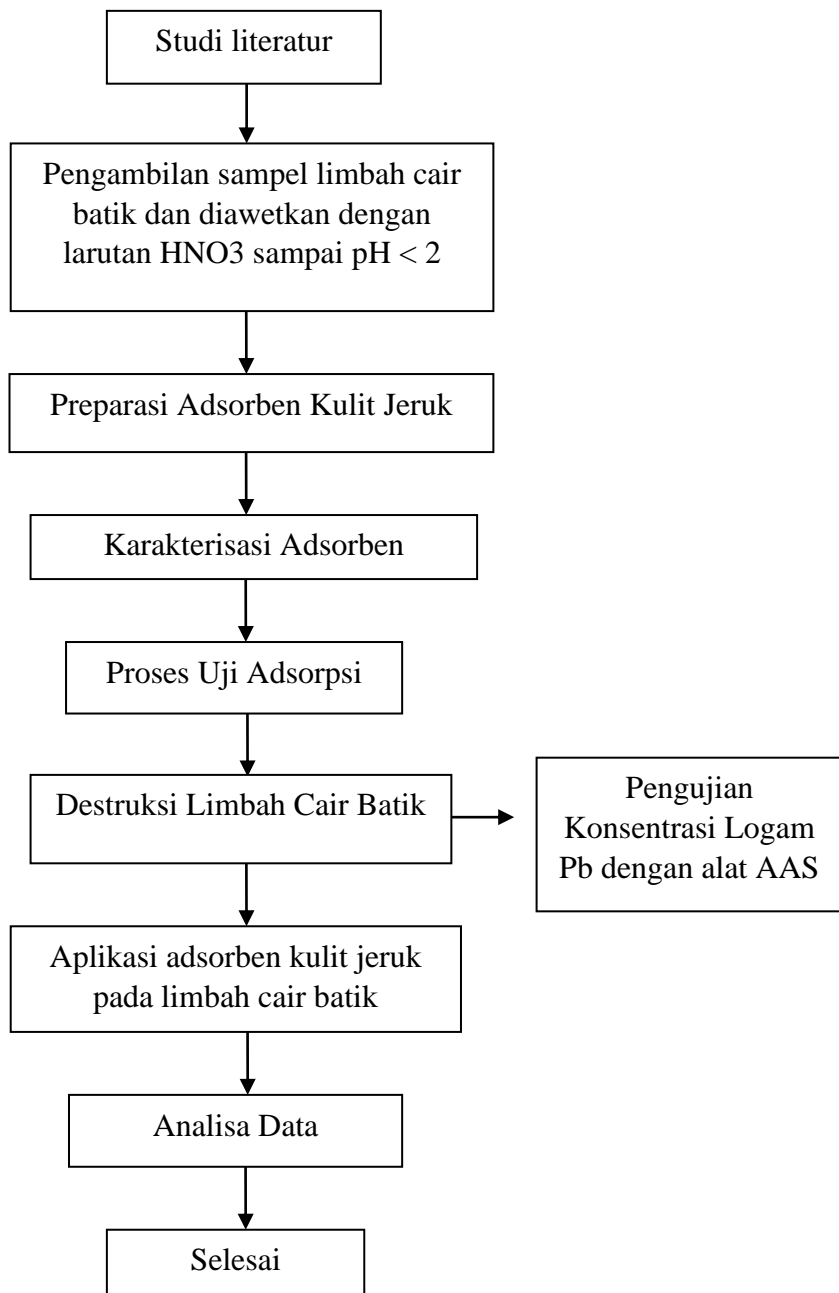
Waktu penelitian dilaksanakan pada bulan Mei hingga Juli tahun 2023. Lokasi untuk penelitian berada di laboratorium kualitas air jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

3.2 Alat dan bahan

Peralatan yang digunakan pada pelaksanaan penelitian yaitu Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) dengan merek , *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR) dengan merek *IRTracer-100 Shimadzu Serial No A217058*, *Scanning Electron Microscope* (SEM) , oven, timbangan analitik merek *Pionerr*, *shaker* merek IKA, *grinder*, cawan porselen, wadah sampel, gelas *beaker*, pipet ukur, labu ukur, corong gelas, sendok besi, labu semprot, mortar, pestle, ayakan 100 mesh, pH universal, kertas saring dan kertas filter 0,45 micron. Bahan yang dipakai untuk penelitian yakni Kulit jeruk manis, larutan induk $Pb(NO_3)_2$, larutan asam sitrat ($C_6H_8O_7$) 1 M, larutan NaOH, larutan HNO_3 , larutan HCl, sampel limbah cair batik dan akuades.

3.3 Alur Pelaksanaan Penelitian

Alur dari tahapan pelaksanaan kegiatan dari penelitian pengujian metode adsorpsi logam berat Pb dalam limbah cair batik secara umum terdapat pada bagan alir di **Gambar 2**.



Gambar 2. Tahapan Penelitian

3.4 Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian dari pengujian metode adsorpsi logam berat Pb pada limbah cair batik dengan adsorben kulit jeruk dalam skala laboratorium dengan eksperimental serta dianalisa menggunakan metode kuantitatif yang meliputi variabel tetap dan bebas. Untuk variabel tetap terdiri dari adsorben kulit jeruk, aktivasi Asam sitrat 1 M, Pengadukan 150 rpm, volume larutan logam dan limbah cair batik 25 mL. Sedangkan variabel bebas bertujuan untuk menentukan optimum yang berarti kondisi terbaik dari adsorben kulit jeruk untuk menyerap logam berat Pb yang terdiri dari variasi:

1. Massa : 20, 30, 40, 50 mg
2. Waktu kontak : 5, 10, 20, 60, 120, 180 menit
3. pH larutan logam : 3, 5, 7, 9
4. Konsentrasi larutan logam Pb : 10, 25, 50, 75, 100, 200 mg/L

Dalam pelaksanaan penelitian secara umum yakni studi literatur, pengambilan sampel limbah cair batik, preparasi adsorben kulit jeruk, karakterisasi adsorben kulit jeruk, proses adsorpsi dengan variasi parameter pH, waktu kontak, konsentrasi larutan dan massa adsorben. Setelah mengetahui kondisi optimum dari masing-masing variabel, adsorben akan diaplikasikan ke limbah cair batik untuk menyerap logam Pb. Selanjutnya dilakukan analisa data serta penyusunan laporan. Berikut penjelasan dari masing – masing tahapan dari pelaksanaan penelitian:

3.4.1 Studi Literatur

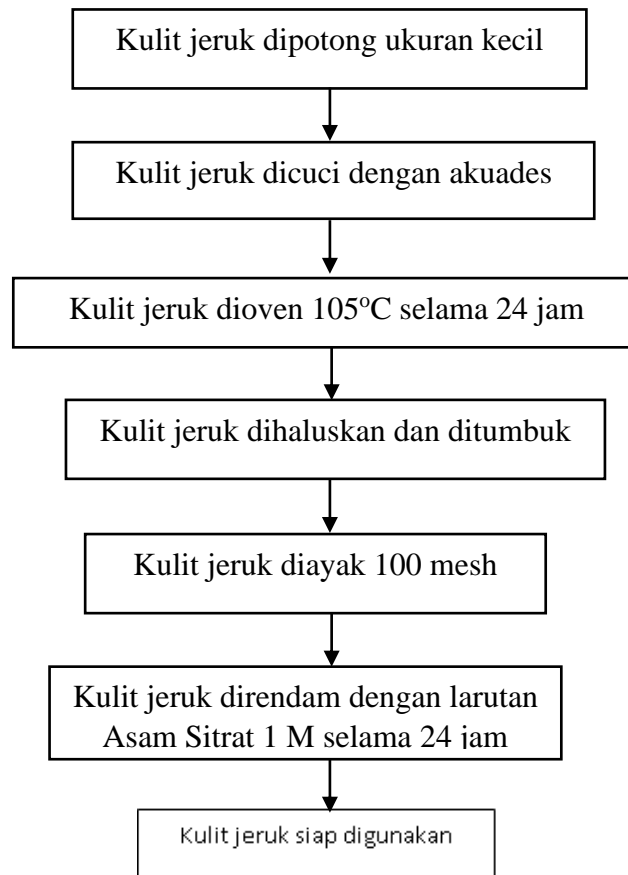
Tahapan studi literatur yang meliputi pencarian referensi, mempelajari dan memahami teori relevan mengenai preparasi adsorben kulit jeruk, efektifitas penyerapan logam Pb dengan adsorben kulit jeruk, komposisi senyawa dan gugus fungsi dari kulit jeruk serta limbah cair batik. Studi literatur dilakukan dengan menggunakan tugas akhir, jurnal penelitian terdahulu yang relevan dengan penelitian yang sedang dilaksanakan oleh penulis.

3.4.2 Sampling Limbah Cair Batik

Tahapan pengambilan sampel limbah cair batik pada industri batik “X” daerah Yogyakarta. Tata cara pengambilan sampel yakni menggunakan metode SNI 6989.59:2008 tentang Metoda Pengambilan Contoh Air Limbah. Pewadahan menggunakan wadah plastik ukuran volume 5 Liter. Waktu lama untuk penyimpanan sampel yaitu 6 bulan. Pengawetan sampel untuk logam terlarut contoh air segera disaring dan menambahkan HNO₃ sampai pH < 2. Kemudian limbah tersebut diuji konsentrasi awal logam Pb dengan mengikuti pedoman dari SNI 6989. 8:2009 tentang cara uji timbal (Pb) secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA).

3.4.3 Preparasi Adsorben Kulit Jeruk

Untuk pembuatan adsorben kulit jeruk untuk menjerap logam. Kulit jeruk sebanyak 11 buah dicuci dengan akuades kemudian kulit jeruk dipotong menjadi ukuran kecil dan dikeringkan menggunakan oven suhu 105°C selama 24 jam. Setelah itu kulit jeruk dihaluskan dengan cara diblender dengan alat *grinder* dan ditumbuk menggunakan mortar. Selanjutnya kulit jeruk diayak dengan ayakan no 100 mesh ^[17]. Berikut alur tahapan preparasi adsorben pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Tahapan Preparasi Adsorben

Setelah kulit jeruk telah siap menjadi adsorben dengan bentuk serbuk yang lolos ayakan 100 mesh, adsorben tersebut diaktivasi dengan menggunakan asam sitrat ($C_6H_8O_7$) 1M rasio 1: 10 untuk berat kulit jeruk, yang mana 10gram adsorben direndam 100 mL larutan asam sitrat ^[21]. Setelah itu diaduk selama 15 menit dan didiamkan selama 24 jam. Kemudian adsorben dicuci menggunakan aquades hingga mencapai pH 6 dan dikeringkan dalam oven suhu 105^0C hingga berat konstan ^[17].

3.4.4 Karakterisasi Adsorben

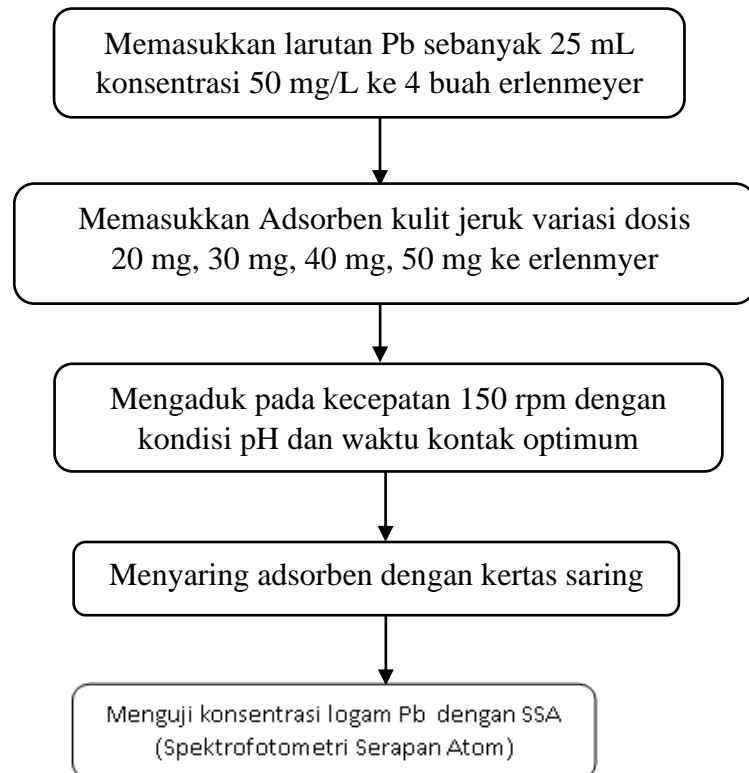
Karakterisasi adsorben dilakukan pada tidak aktivasi, teraktivasi asam sitrat dan setelah melewati proses adsorpsi dengan menggunakan alat *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dan *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR) di laboratorium. Tujuan dari karakteristik adsorben yakni untuk dapat mengetahui gugus fungsi adsorben oleh alat FTIR dan untuk melihat morfologi dari permukaan adsorben oleh alat SEM.

3.4.5 Proses Adsorpsi

Proses adsorpsi menggunakan reactor batch yang mana tempat untuk reaktan serta produk saat bereaksi ini tetap berada di wadah tersebut hingga proses selesai tanpa penambahan dan pengeluaran ketika proses reaksi sedang berjalan. Pada tahapan ini dilakukan pengujian setiap variabel dari massa adsorben, waktu kontak, pH larutan logam berat dan konsentrasi larutan logam. Berikut tahapan dari setiap variabel penelitian.

3.4.5.1 Penentuan Massa Optimum

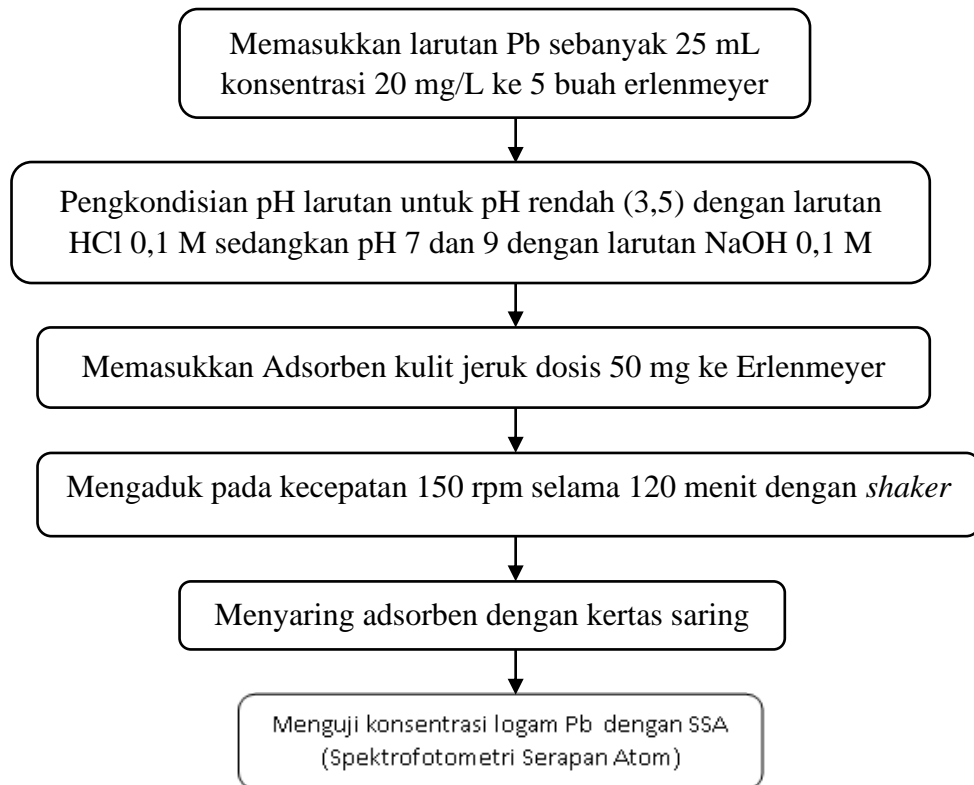
Dalam menentukan massa optimum dilakukan variasi massa pada 20,30, 40, 50 mg. Untuk mengetahui keadaan yang optimum dalam proses adsorpsi. Pada parameter ini digunakan larutan logam Pb pada pH larutan tanpa pengkondisian, waktu kontak 120 menit dan 150 rpm untuk kecepatan pengadukan. Berikut pada Gambar 4. Tahapan untuk menentukan massa optimum.



Gambar 4. Tahapan Penentuan Massa Optimum

3.4.5.2 Penentuan pH Optimum

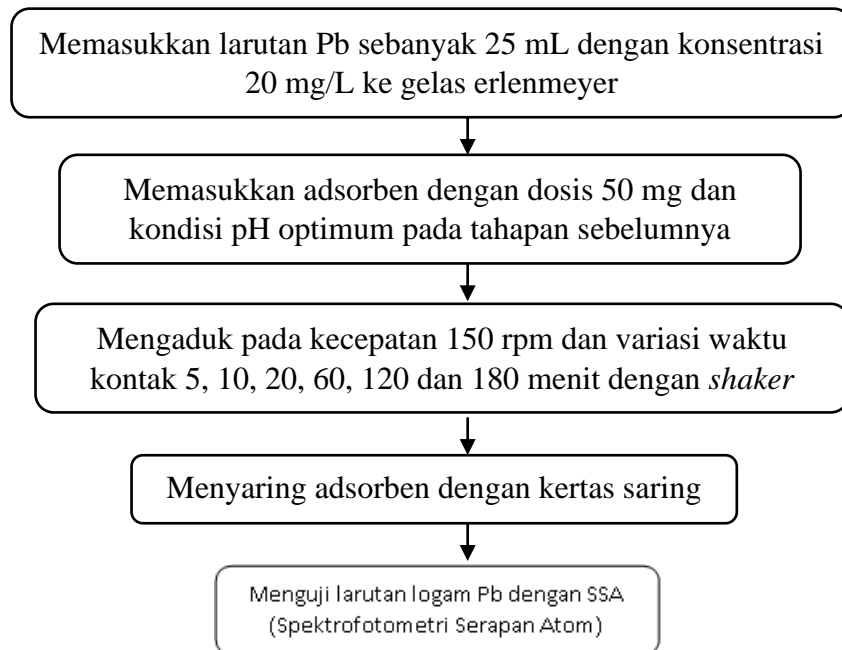
Untuk menentukan pH optimum dilakukan variasi pH 3,5,7,9 pada larutan logam Pb. Untuk variasi tersebut digunakan karena terdapat pada kondisi asam untuk pH 3 dan 5, kondisi netral pH 7 serta kondisi basa di pH 9. Sehingga dapat diketahui pada kondisi pH yang terbaik untuk proses adsorpsi logam berat. Berikut pada **Gambar 5.** langkah untuk menentukan pH optimum.



Gambar 5. Tahapan Penentuan pH optimum

3.4.5.3 Penentuan waktu kontak optimum

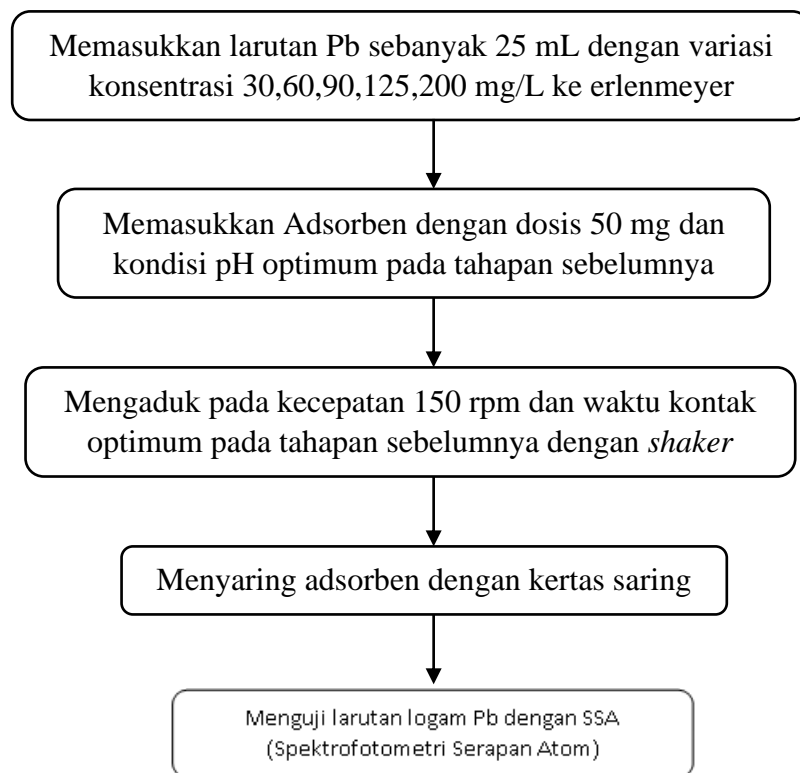
Untuk menentukan uji adsorpsi dengan variasi waktu kontak optimum dilakukan langkah pada **Gambar 6.**



Gambar 6. Tahapan penentuan Waktu Optimum

3.4.5.4 Penentuan konsentrasi larutan optimum

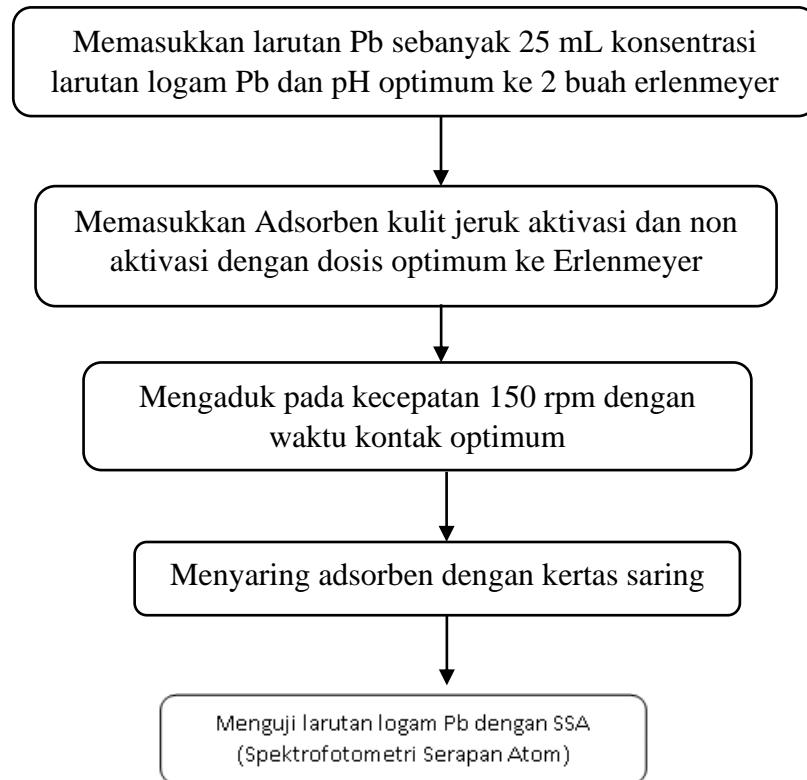
Langkah untuk menentukan variasi dari konsentrasi larutan logam Pb dalam proses adsorpsi terdapat pada **Gambar 7**.



Gambar 7. Tahapan Penentuan Konsentrasi Larutan Logam Optimum

3.4.5.5 Perbandingan Adsorben Aktivasi dan Non Aktivasi

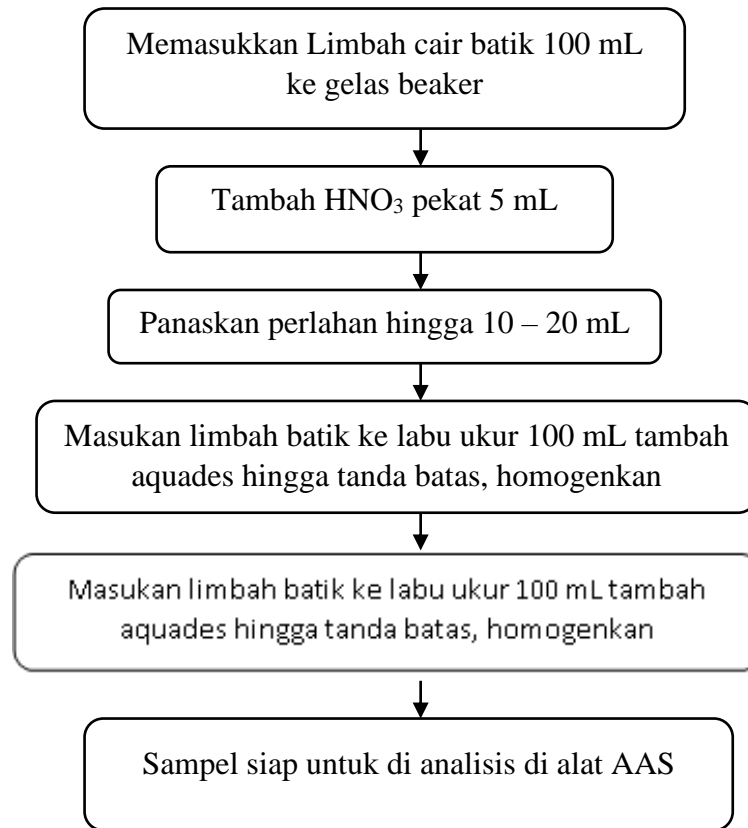
Untuk adsorben teraktivasi dan non aktivasi dilakukan uji adsorpsi dengan menggunakan parameter pH, waktu kontak, konsentrasi larutan dan massa yang telah diketahui kondisi optimum pada tahapan sebelumnya. Uji perbandingan bertujuan untuk mengetahui efektivitas dari tahap aktivasi adsorben yang mana berperan sebagai membersihkan dan memperluas permukaan adsorben sehingga dapat meningkatkan penyerapan logam berat. Untuk tahapan uji perbandingan adsorben aktivasi dan non aktivasi terdapat pada **Gambar 8**.



Gambar 8. Tahapan Perbandingan Adsorben Aktivasi dan Non Aktivasi

3.4.6 Preparasi Limbah Cair Batik

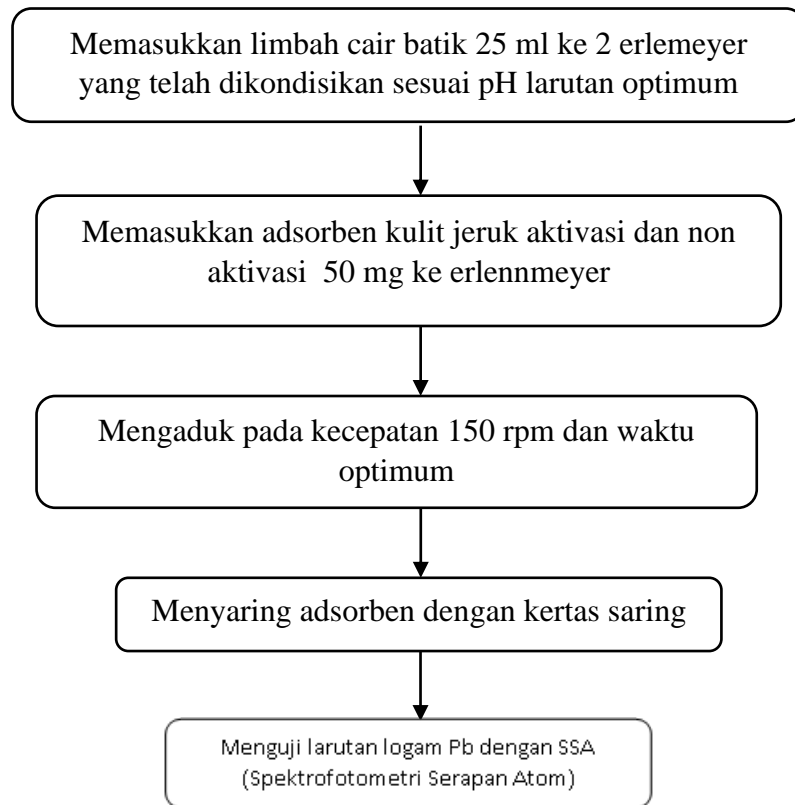
Untuk mengetahui dari kadar logam yang terkandung di limbah cair batik menggunakan metode AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometry*). Preparasi sampel untuk dianalisis pada alat AAS yakni dengan metode destruksi. Metode tersebut merupakan cara untuk menghilangkan atau merombak senyawa, memisahkan unsur logam dengan ion atau komponen lainnya. Tahapan dari destruksi air limbah mengacu pada SNI 6989-84 :2019 mengenai Cara uji kadar logam terlarut dan total secara SSA – Nyala. Berikut pada **Gambar 9**. Tahapan dari proses destruksi limbah cair batik.



Gambar 9. Tahapan Destruksi Limbah Cair Batik

3.4.7 Aplikasi Adsorben Pada Limbah Cair Batik

Setelah diketahui kondisi optimum dari setiap variabel uji adsorpsi, adsorben di aplikasikan ke limbah cair batik. Berikut pada **Gambar 10** tahapan uji adsorpsi logam Pb pada limbah cair batik yang telah melalui tahap destruksi.



Gambar 10. Tahapan Aplikasi Adsorben ke Limbah Cair Batik

3.5 Prosedur Analisa Data

Untuk analisis data setiap pengujian adsorpsi dalam menentukan kondisi optimum setiap variabel dengan melihat efisiensi removal atau kemampuan dan kondisi paling baik untuk dapat menyerap logam berat Pb. Untuk menganalisa efisiensi removal menggunakan persamaan(3) berikut

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

Keterangan :

C_o = Konsentrasi awal logam (mg/L)

C_a = Konsentrasi akhir logam (mg/L)

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

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Karakteristisasi Adsorben Kulit Jeruk

Karakterisasi adsorben dilakukan dengan tujuan melihat potensi dari adsorben kulit jeruk untuk dapat melakukan proses adsorpsi logam berat Pb. Selain itu untuk dapat mengidentifikasi jenis senyawa, gugus fungsi serta bentuk atau pori permukaan adsorben kulit jeruk yang digunakan dengan instrumen laboratorium FTIR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*) dan SEM (*Scanning Electron Microscope*) di laboratorium kualitas air Teknik Lingkungan FTSP UII.

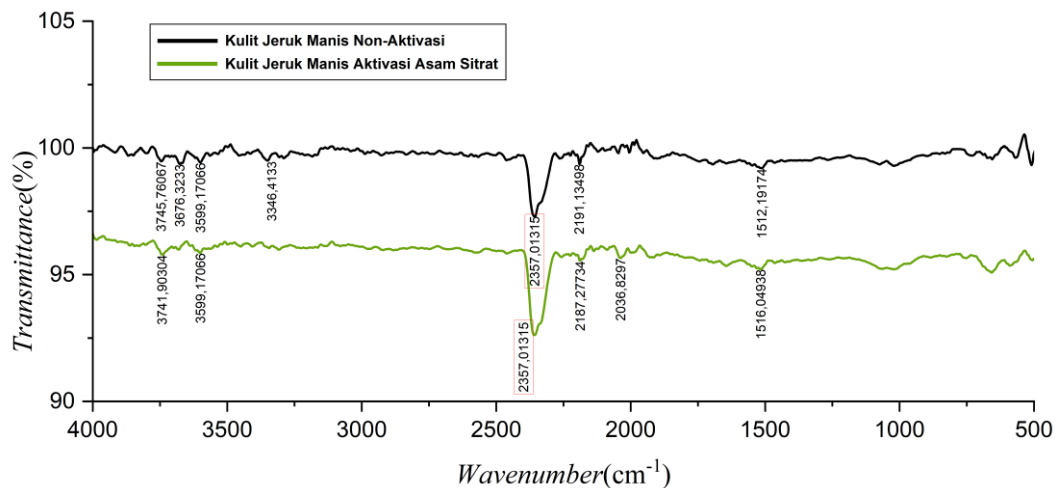
4.1.1 Pengujian FTIR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*)

Pengujian ini bertujuan untuk melakukan identifikasi gugus fungsi serta bagaimana karakter pada adsorben kulit jeruk tidak aktivasi dan teraktivasi asam sitrat 1M dengan instrumen FTIR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*). Instrumen FTIR merupakan salah satu jenis spektrofotometer, alat yang digunakan di laboratorium yang berfungsi untuk mengidentifikasi vibrasi atau serapan molekul dalam memprediksikan struktur senyawa kimia^[18]. Prinsip FTIR yaitu dengan metode berdasarkan pada absorbansi energi molekul yang lewat di radiasi inframerah dengan panjang gelombang rentang 4000 – 500 cm⁻¹ di daerah spektrum, sehingga setiap absorbansi yang diserap ini memiliki perbedaan dan bisa di kelompokkan untuk senyawa atau gugus fungsi yang terbaca.

Gugus fungsi adalah kelompok dari atom – atom yang bisa menyebabkan suatu perilaku dari kimia molekul tersebut^[19]. Senyawa organik digolongkan menurut gugus fungsinya yang memberi khas untuk kelompok senyawa itu. Untuk gugus fungsi organik terdiri dari hidroksil, eter, aldehid, karbonil, karboksilat, ester dan amina^[19]. Gugus fungsi dapat menunjukkan sifat dari bagaimana ikatan – ikatan atom, muatan molekul, cara membedakan senyawa dengan tata nama penamaan senyawa. Pada proses adsorpsi gugus fungsi yang berperan dalam

meningkatkan potensi pengikatan ion logam berat dari proses adsorpsi yaitu gugus hidroksil (O-H) dan gugus Karboksil (COOH-).

Berikut pada **Gambar 11**. Hasil dari uji FTIR dalam bentuk grafik.



Gambar 11. Grafik FTIR Adsorben Kulit Jeruk
Sumber : Data primer, 2023

Berdasarkan Gambar 10. menunjukkan data bilangan gelombang terhadap transmittan, terdapat gelombang yang memiliki puncak. Untuk pembacaan hasil analisis FTIR dilakukan dengan mengidentifikasi bilangan gelombang yang terdapat di puncaknya. Setiap rentang bilangan gelombang memiliki masing – masing gugus fungsi serta kelompok senyawa. Berikut pada **Tabel 2**. Hasil Analisis Uji FTIR adsorben Kulit Jeruk tidak aktivasi dan aktivasi asam sitrat.

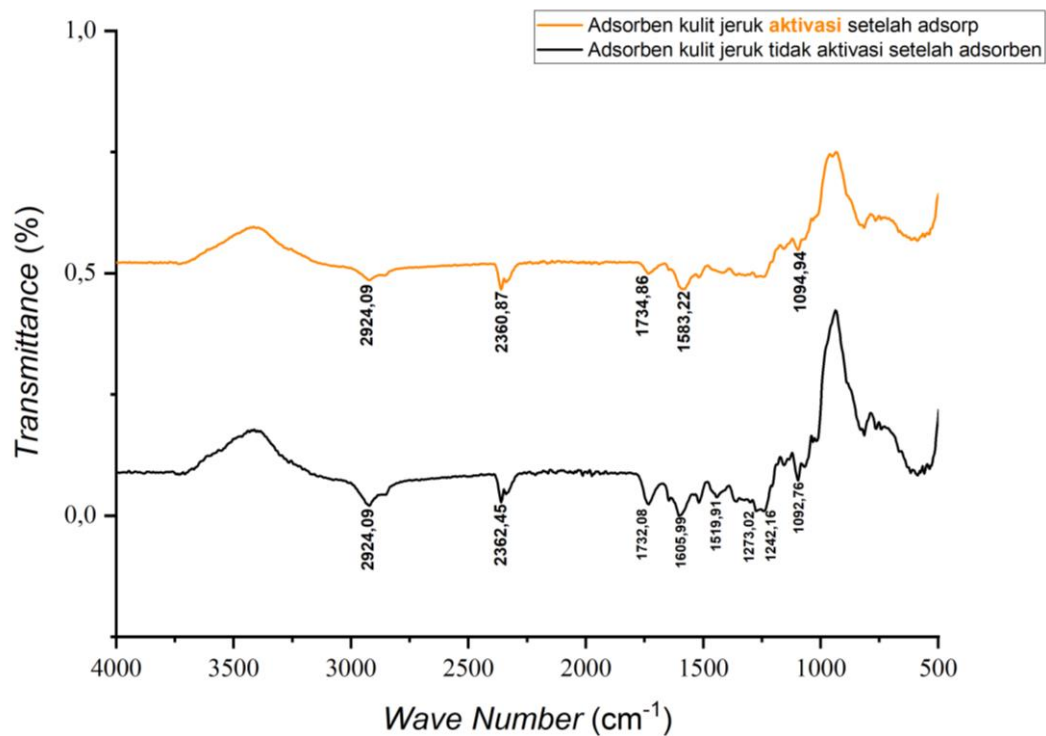
Tabel 2. Analisa Hasil Uji FTIR Adsorben Kulit Jeruk

Adsorben Kulit Jeruk Sebelum Adsorpsi	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)	Gugus Fungsi
	Hasil Uji	
Tidak Aktivasi	3676,23	O-H
	3350,77	O-H
	2357,01	O=C=O
	2191,34	C=C
Aktivasi Asam sitrat	3599,17	O-H
	2357,01	O=C=O
	2187,27	C=C

Pada Tabel 2. Dapat dijelaskan bahwa untuk adsorben dengan perlakuan tidak aktivasi dan aktivasi dengan asam sitrat 1 M tidak memiliki perbedaan jauh, yang mana memiliki pola spektrum yang tidak signifikan berbeda, hanya terjadi sedikit perubahan pada intensitas serta transmittan. Maka untuk proses aktivasi asam sitrat 1 M tidak memberikan dampak seperti penambahan ataupun pengurangan dari gugus fungsi adsorben kulit jeruk.

Berdasarkan puncak nilai pada bilangan gelombang maka dapat diidentifikasi gugus fungsi yang diketahui yakni pada gelombang $3676,23\text{ cm}^{-1}$; $3350,77\text{ cm}^{-1}$ di adsorben tidak aktivasi dan gelombang $3599,17\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan gugus fungsi vibrasi ulur peregangan O-H dengan kelompok senyawa hidroksil yang diindikasikan terdapat pada selulosa serta pektin. Setelah itu terdapat nilai bilangan gelombang $2357,01\text{ cm}^{-1}$ pada kedua sampel adsorben kulit jeruk yang termasuk kelompok senyawa CO_2 atau karbon dioksida yang kemungkinan terbaca oleh instrumen akibat dari udara ruangan. Lalu terdapat puncak gelombang di $2191,34\text{ cm}^{-1}$ dan $2187,27\text{ cm}^{-1}$ termasuk kedalam rentang gugus fungsi $\text{C}=\text{C}$ dalam kelompok senyawa organik alkuna yang memiliki ikatan rangkap 3 memberikan sifat reaktif yang cukup tinggi. Dengan adanya gugus fungsi dengan ikatan kovalen rangkap 3 memberikan potensi bagi adsorben untuk bisa melakukan adsorpsi dalam pengikatan suatu ion.

Setelah dilakukan uji adsorpsi pada kondisi optimal di larutan logam Pb adsorben kulit jeruk teraktivasi dilakukan uji FTIR kembali untuk melihat gugus fungsi yang terdapat di adsorben tersebut. Berikut pada **Gambar 12**. Hasil uji FTIR adsorben kulit jeruk setelah adsorpsi.



Gambar 12. Grafik hasil uji FTIR adsorben kulit jeruk setelah proses adsorpsi logam Pb
 Sumber : Data primer, 2023

Berdasarkan Gambar 12. Untuk adsorben teraktivasi asam sitrat dan yang tidak aktivasi setelah uji adsorpsi logam Pb konsentrasi 30 mg/L dengan kondisi optimum pada pH dan waktu kontak memiliki perbedaan yang tidak signifikan, karena memiliki pola yang hampir sama dan hanya dibedakan oleh nilai intensitas transmittan. Berikut pada **Tabel 3.** hasil analisis gugus fungsi, senyawa yang diketahui dari rentang bilangan gelombang untuk mengetahui jenis gugus fungsi di adsorben tersebut.

Tabel 3. Hasil Analisis Uji FTIR adsorben kulit jeruk setelah adsorpsi logam Pb

Adsorben Kulit Jeruk Setelah Adsorpsi	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)	Gugus Fungsi
	Hasil Uji	
Tidak Aktivasi	2924,09	C-H
	2362,45	O=C=O
	1732,08	C=O
	1604,77	C=C
	1519,91	C=C
	1273,02	C-O
Aktivasi Asam Sitrat		
	2924,09	C-H
	2360,87	O=C=O
	2341,58	O=C=O
	1589,34	C=C

Berdasarkan tabel 3 dapat dikatakan bahwa adsorben kulit jeruk sebelum adsorpsi dengan adsorben yang telah digunakan untuk proses adsorpsi terdapat penambahan dan pengurangan gugus fungsi di adsorben setelah adsorpsi. Untuk penambahan gugus fungsi yakni terjadi pada adsorben tidak aktivasi dan teraktivasi asam sitrat 1 M bertambahnya puncak gelombang pada nilai 2924 cm⁻¹ tergolong rentang gugus fungsi C-H yang mana termasuk ikatan antara karbon dan hidrogen serta termasuk senyawa alkena.

Kemudian penambahan gugus fungsi yakni di puncak gelombang 1604,77 cm⁻¹ dan 1589,34 pada adsorben teraktivasi yang masuk rentang gugus C=C menjelaskan perubahan karena sebelum adsorp memiliki C rangkap 3 C terjadi pengurangan ikatan rangkap di setelah adsorp.

Selanjutnya pada adsorben tidak aktivasi dan aktivasi setelah adsorp terdeteksi memiliki puncak gelombang 2362,45 cm⁻¹, 2360,87 cm⁻¹ dan 2341,58 yang menandakan bahwa masih terdapat senyawa CO₂ baik sebelum dan sesudah adsorpsi, sehingga menjadi kemungkinan adanya faktor udara ruangan saat

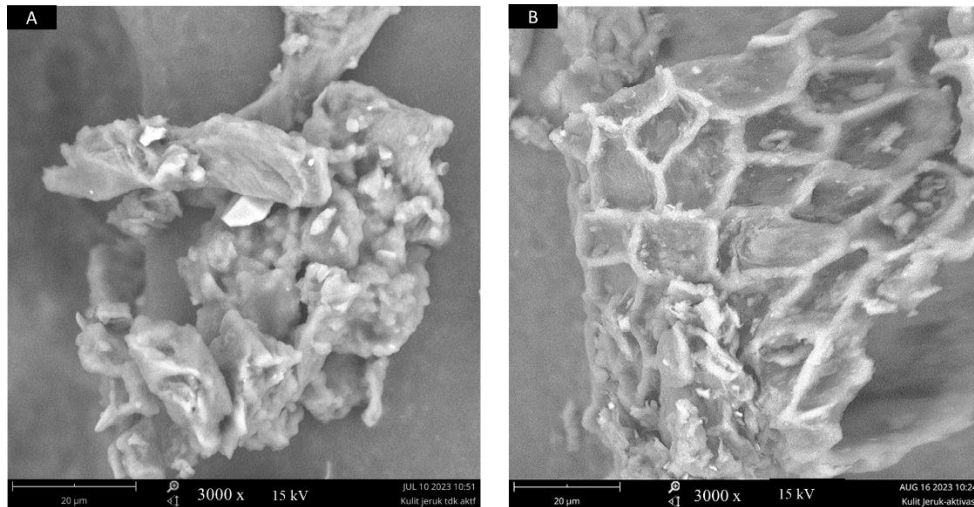
melakukan uji FTIR.

Untuk adsorben tidak aktivasi setelah adsorp juga terdeteksi puncak gelombang baru yaitu 1732,08 cm⁻¹ yang masuk gugus C=O yang termasuk rentang kelompok senyawa ester. Selain itu juga terdapat nilai puncak gelombang 1273,02 yang termasuk gugus fungsi C-O kelompok senyawa ether.

Terjadinya penambahan dan pengurangan dari gugus fungsi pada sebelum dan setelah proses adsorpsi dapat menjadi indikasi bahwa ada kemungkinan tanda berlangsungnya peristiwa pengikatan ion dari logam atau penyerapan ion logam Pb yang terdapat di larutan dan limbah batik.

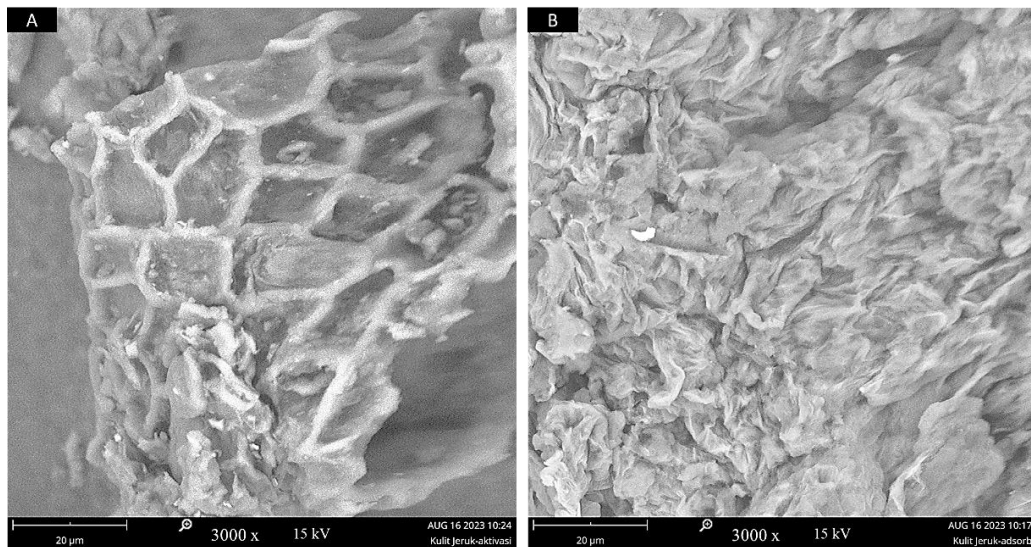
4.1.2 Pengujian SEM (*Scanning Electron Microscope*)

Instrumen SEM merupakan Tujuan dari pengujian SEM (*Scanning Electron Microscope*) pada sampel adsorben teraktivasi asam sitrat 1 M adalah untuk melihat morfologi atau bentuk permukaan pori serta luas pori - pori pada adsorben kulit jeruk secara mikro. Semakin luas dari pori -pori di permukaan adsorben memberikan peluang untuk menjalankan proses adsorpsi logam berat Pb. Pengujian SEM dilakukan pada sampel adsorben tidak aktivasi, teraktivasi dan setelah adsorpsi logam berat. Berikut pada gambar 13 untuk hasil dari uji sem pada adsorben sebelum dan sesudah aktivasi.



Gambar 13. Hasil Uji SEM adsorben Kulit Jeruk
A. Sebelum Aktivasi B. Sesudah Aktivasi

Berdasarkan gambar 13 terlihat perbedaan pada permukaan adsorben di Gambar A sebelum aktivasi pori – pori pada adsorben kurang terbuka dibandingkan dengan pada gambar B yang mana telah dilakukan aktivasi oleh asam sitrat 1 M . Maka tujuan dari aktivasi adsorben ini telah menunjukkan pengaruh pada perbedaan ukuran pori – pori adsorben tersebut, yang memberi peluang untuk menyerap ion logam atau adsorbat.. Selanjutnya berikut Hasil dari uji SEM untuk adsorben kulit jeruk teraktivasi dan setelah adsorpsi pada limbah batik terdapat pada Gambar 14.



Gambar 14. Hasil uji SEM kulit jeruk Aktivasi
A= Sebelum Aktivasi , B = Setelah aktivasi
Sumber : Data primer,2023

Berdasarkan hasil uji gambar SEM pada Gambar 14 A dengan perbesaran 3000x telah terlihat struktur morfologi permukaan dari adsorben kulit jeruk yang diaktivasi dengan asam sitrat 1 M. Adsorben teraktivasi memiliki permukaan dengan pori- pori yang terbuka dan membentuk seperti ruang – ruang kosong yang berpotensi sebagai tempat adsorbat menempel pada permukaan adsorben. Hal ini menunjukkan bahwa pada tahap aktivasi adsorben memiliki pengaruh terhadap luas permukaan dari pori- pori adsorben serta mengurangi kotoran seperti debu yang terdapat pada permukaan adsorben. Proses aktivasi adsorben dengan bahan kimia seperti asam memiliki kemampuan untuk melarutkan zat pengotor dan dekomposisi garam mineral anorganik yang menempel pada adsorben, sehingga poros serta pori adsorben menjadi lebih terbuka dan meningkatnya luas permukaan adsorben [20].

Pada Gambar 14. B Dapat dilihat permukaan adsorben kulit jeruk teraktivasi dengan kondisi telah digunakan untuk proses adsorpsi logam Pb dengan perbesaran 3000 x. Permukaan adsorben kulit jeruk memiliki perbedaan pada saat belum digunakan yang mana saat setelah digunakan morfologi adsorben memiliki pori yang tertutup, tidak teratur dan tidak terdapat lubang yang terbuka. Selain itu

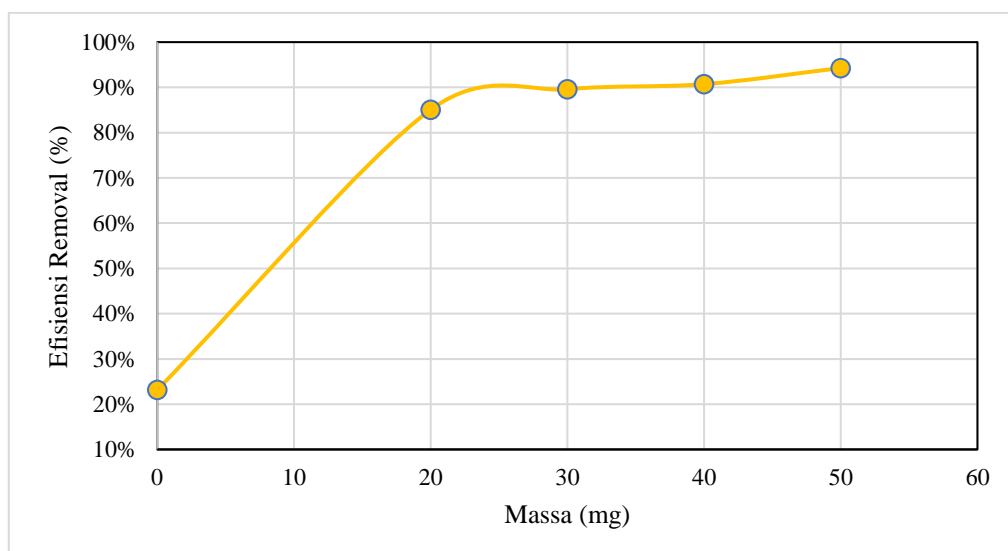
permukaan tampak kasar dengan adanya sedikit partikel yang tidak beraturan tersebar pada permukaan adsorben^[21]. Hal tersebut juga terjadi pada penelitian terdahulu dengan penelitian adsorben kulit jeruk yang menyerap logam Pb.

4.2 Pengujian adsorpsi logam berat Pb

Pada tahapan pengujian kemampuan adsorben dalam adsorpsi logam berat dilakukan variasi pada parameter pH, waktu kontak dan konsentrasi larutan untuk mendapat kondisi optimum adsorben yang selanjutnya diaplikasikan ke limbah cair batik untuk menyerap logam berat Pb.

4.2.1 Uji Variasi Massa

Dalam pengujian variasi massa memiliki tujuan untuk mengetahui kondisi optimal dalam berat dari adsorben. Variasi pengujian massa juga dapat mempengaruhi bagaimana jumlah dari pori – pori adsorben dalam proses penyerapan logam Pb. Berikut pada Gambar 15. Pengaruh variasi massa adsorben terhadap efisiensi removal konsentrasi logam Pb dalam bentuk grafik.

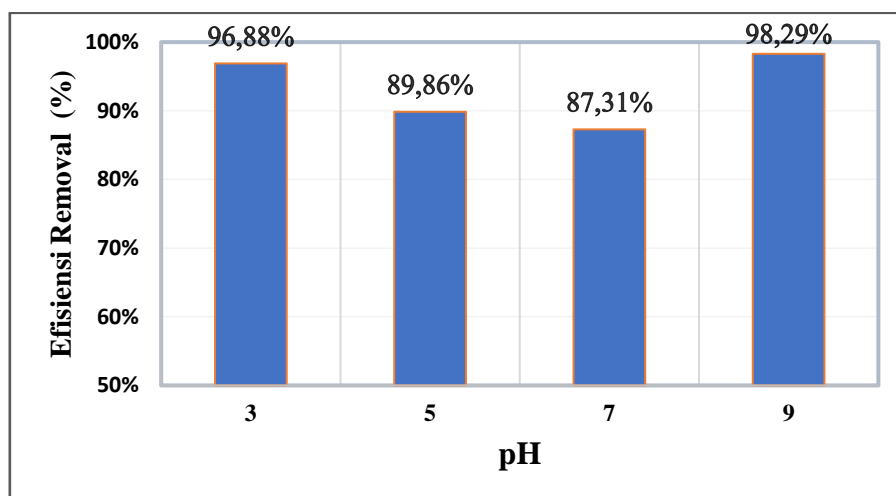


Gambar 15. Hasil Uji Variasi Massa Adsorben

Berdasarkan gambar 15. bahwa semakin berat dari massa adsorben efisiensi removal semakin optimal. Hasil menunjukkan untuk massa 50 mg memiliki persen removal yang tinggi dan maksimal sehingga 50 mg menjadi massa optimal untuk variasi massa. Penyebab dari semakin banyaknya massa adsorben dalam peningkatan efisiensi removal karena dapat pengaruh dari banyaknya situs aktif dan pori – pori yang terdapat di permukaan adsorben sehingga dapat meningkatkan efisiensi removal konsentrasi logam Pb. Namun pada 40 mg dapat dikatakan kondisi massa efisien karena removal yang diperoleh hasilnya tidak jauh berbeda secara signifikan dengan massa 50 mg karena sudah masuk kedalam kondisi equilibrium.

4.2.2 Uji Variasi Nilai pH

Pengujian variasi nilai pH atau derajat keasamaan dengan kondisi larutan asam, netral dan basa untuk dapat mengetahui pada kondisi bagaimana adsorben dapat menyerap ion logam Pb dengan baik. Untuk rangkaian pengkondisian larutan menggunakan larutan penyangga HCl 0,1 M untuk pengkondisian larutan asam dan NaOH 0,1 M untuk pengkondisian larutan basa. Larutan logam Pb yang diujikan yaitu dengan volume 25 mL, massa adsorben 50 mg, waktu kontak 120 menit serta variasi pH 3,5,7,9. Pemilihan nilai pH tersebut karena bisa mewakili setiap kondisi larutan asam, basa dan netral. Untuk hasil pengujian variasi pH pada larutan logam Pb terdapat pada Grafik di **Gambar 16**.

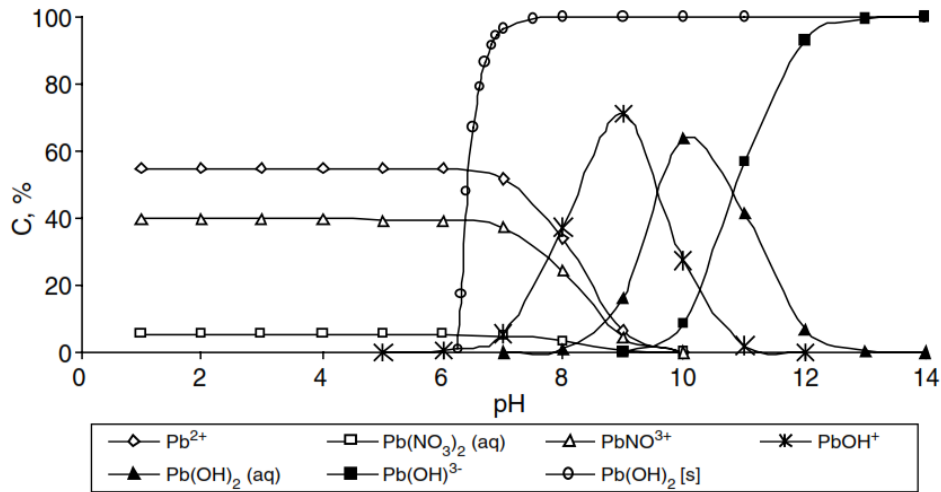


Gambar 16. Grafik Hasil Efisiensi Removal adsorpsi Logam Pb
(V=25 ml; t= 120 menit; massa= 50 mg)

Pada Gambar 14. pada kondisi pH 3 memiliki persen removal 96,88%. Namun pada pH 5 dan 7 persen efisiensi removal mengalami penurunan,, kemudian meningkat kembali pada pH 9 kondisi larutan basa. pH merupakan derajat keasaman yakni untuk menyakan kondisi tingkat keasaman atau kebasaaan dari larutan [22]. Derajat keasaman menjadi salah satu faktor pengaruh dari proses adsorpsi. Logam terlarut dalam air jika kondisi pH semakin asam maka semakin besar nilai kelarutannya serta keadaan asam ini juga mempengaruhi muatan pada ion H^+ , sedangkan jika kondisi basa maka semakin kecil kelarutan ditandai dengan terdapatnya endapan atau larutan logam menjadi keruh^[22]. Selain itu keadaan pH menjadi pengaruh untuk jenis logam yang akan berinteraksi dengan situs gugus aktif pada permukaan adsorben^[23].

Pada pH 3 efisiensi removal paling tinggi dari pH lainnya yang mana menjadikan kondisi terbaik untuk menyerap ion logam. Karena pada pH 3-5 ion terdapat banyak ion Pb^{2+} . Selain itu terdapat faktor juga dari pH untuk adsorbat sehingga untuk nilai pH memberikan pengaruh terhadap adsorben dan adsorbat atau ion logam. Untuk larutan logam menggunakan padatan Pada spesiasi pH logam Pb. Kemampuan adsorpsi untuk logam berat meningkat pada pH rendah, serta pada penelitian terdahulu adsorpsi untuk logam Pb pada pH 3 dan 4^[24].

Penurunan yang terjadi pada pH 5 dan pH 7 atau netral terjadi karena ion pada timbal mulai mengalami reaksi hidrolisis yang mana muatan positif timbal berkurang menjadi +1 dan menjadi tidak stabil sehingga mengurangi interaksi antara permukaan adsorben dan ion logam ^[17]. Kemudian pada pH basa ion logam timbal telah mulai membentuk endapan hidroksida meningkatnya OH^- sehingga untuk keadaan pH 9 konsentrasi ion H^+ semakin kecil dan interaksi kompetisi dengan logam semakin berkurang menyebabkan jumlah logam teradsorpsi dan removalnya mengalami peningkatan. Terdapatnya ion hidroksida membuat gugus fungsi bermuatan negatif menjadikan reaktif berikatan dengan logam Pb ^[22]. Pada Gambar 17. merupakan diagram dari spesiasi pH untuk logam Pb



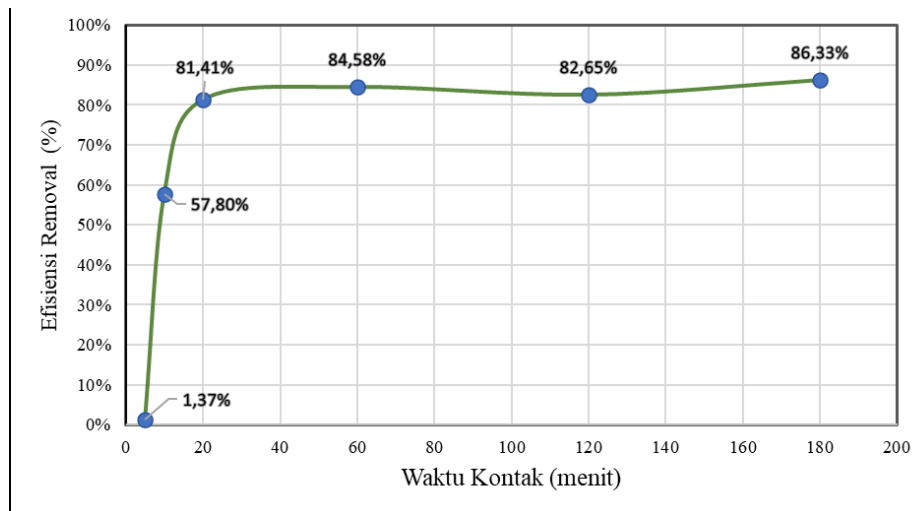
Gambar 17. Spesiasi Logam Pb
 Sumber : Issabayeva dkk, 2006

Pada gambar 17 dapat dilihat bahwa untuk spesiasi Pb²⁺ berada pada rentang pH 1 hingga 6 di kondisi larutan asam. Sehingga pada penelitian ini mendapat pH optimum 3 untuk adsorpsi terdapat kemungkinan bahwa terjadi penyerapan ion logam Pb²⁺ oleh adsorben. Selain itu dalam pembuatan larutan logam Pb menggunakan serbuk Pb(NO₃)₂, sehingga juga terdapat kemungkinan untuk terserapnya PbNO³⁺ dalam rentang pH asam atau 1-6. Untuk variasi pH dalam proses adsorpsi di penelitian ini mendapat pH 3 karena terdapat pengaruh juga pada pH dari adsorben yang dapat mendukung proses penyerapan ion logam berat.

4.2.3 Uji Variasi Waktu Kontak

Setelah mendapatkan kondisi pH optimum pada tahap sebelumnya, kemudian di uji waktu kontak antar adsorben dengan larutan dengan pengadukan 150 rpm di alat *shaker*. Untuk volume larutan logam 25 mL, pH 3 dengan larutan penyangga HCl. Variasi waktu kontak diujikan pada penelitian karena merupakan salah satu dari faktor yang berpengaruh terhadap proses adsorpsi. Terdapat gaya adhesi atau interaksi kontak antara adsorbat (ion logam Pb) dan permukaan adsorben^[17]. Variasi waktu kontak yang digunakan yakni 5, 10, 20, 60, 120 dan 180 menit. Berikut pada Gambar 18 hasil uji adsorpsi dengan plot grafik

hubungan antara variasi waktu kontak adsorpsi dengan nilai persen efisiensi removal.



Gambar 18. Grafik efisiensi removal hasil uji adsorpsi variasi waktu kontak (V= 25 ml; pH=3; massa= 50 mg)

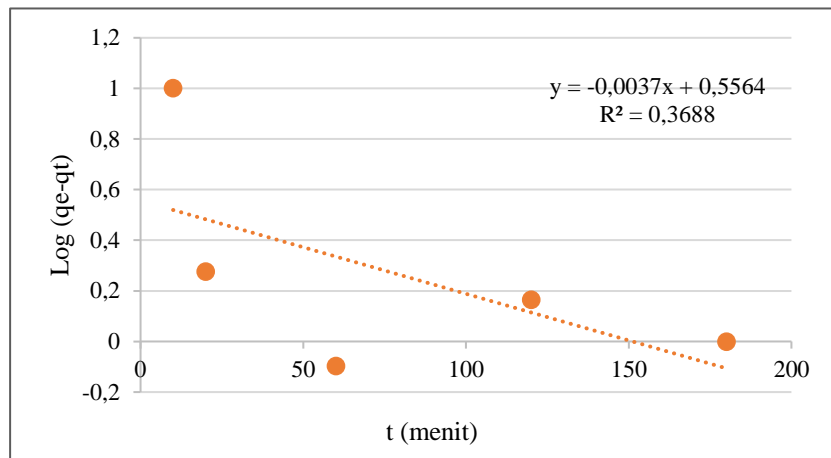
Berdasarkan Gambar 15. Menunjukkan bahwa semakin lama waktu kontak adsorben dengan larutan logam Pb nilai efisiensi persen removal semakin tinggi hingga waktu 60 menit. Kemudian pada menit ke 120 terjadi penurunan efisiensi removal yang tidak signifikan, cenderung tidak memberikan pengaruh terhadap penurunan dari konsentrasi logam Pb^[25]. Karena adsorben telah mencapai titik jenuh atau kesetimbangan antara adsorbat yang terlarut dengan permukaan material organik atau adsorben kulit jeruk. Karena kemungkinan lemahnya ikatan ion logam dengan adsorben sehingga ion logam akan terlepas kembali ke dalam larutan^[17]. Selain itu kemampuan dari adsorben kulit jeruk mengalami penurunan karena telah terisinya sisi aktif oleh ion logam Pb.

Saat mencapai waktu 180 menit efisiensi removal mengalami kenaikan kembali namun dengan laju kenaikan efisiensi removal atau penurunan konsentrasi logam Pb ini melambat. Hal ini terjadi karena diindikasikan bahwa ion logam Pb mengalami adsorpsi secara fisik yang seiring bertambahnya waktu kontak dapat menyebabkan lepasnya ion Pb ke larutan ^[25]. Sehingga berdasarkan data yang diperoleh kondisi waktu kontak optimum berada pada rentang waktu 20 hingga 60 menit untuk melakukan adsorpsi logam Pb dengan kulit jeruk.

4.2.4 Kinetika Adsorpsi

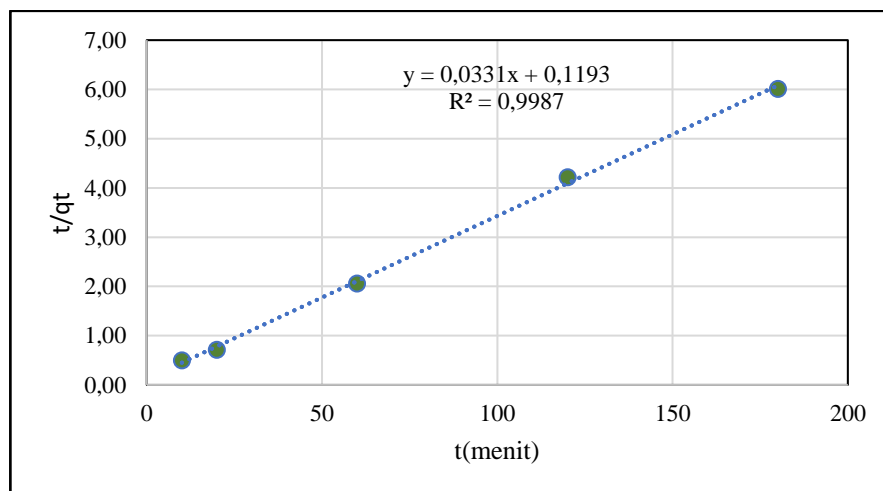
Kinetika adsorpsi yaitu untuk mengetahui laju adsorpsi proses dari penyerapan suatu zat atau molekul oleh adsorben dalam fungsi waktu. Laju adsorpsi diketahui dari konstanta laju adsorpsi serta orde reaksi yang diperoleh dari model kinetika adsorpsi^[26]. Kinetika adsorpsi merupakan bagian dari parameter dari adsorpsi yang digunakan untuk menganalisa tentang mekanisme reaksi, tingkat penyerapan zat terlarut untuk dapat menentukan model kesetimbangan^[27]. Untuk penentuan model kesetimbangan bergantung pada nilai koefisien korelasi (R^2) dengan nilai yang lebih tinggi atau mendekati angka 1 maka semakin data tersebut memiliki tingkat kecocokan yang baik^[28]. Pada penelitian ini menggunakan model kinetika pseudo orde pertama dan pseudo orde kedua.

Kinetika *pseudo* orde satu mengindikasikan bahwa konsentrasi dari adsorbat memiliki jumlah yang lebih daripada jumlah sisi aktif dari adsorben yang digunakan^[29]. Sedangkan untuk *pseudo* orde dua berarti terdapat dugaan bahwa kapasitas adsorpsi memiliki nilai proporsional terhadap jumlah dari sisi aktif adsorben. Berikut hasil model kinetika pseudo orde satu untuk adsorpsi logam Pb oleh adsorben kulit jeruk pada **Gambar 19**.



Gambar 19. Grafik Model Kinetika Adsorpsi *Pseudo* orde satu

Selanjutnya pada **Gambar 20.** Menunjukkan grafik untuk model kinetika *pseudo* orde dua



Gambar 20. Grafik Model Kinetika Adsorpsi *Pseudo* orde dua

Berdasarkan Gambar 19. serta Gambar 20. Yang mana terdapat persamaan linear dari masing – masing orde, selanjutnya dapat menentukan konstanta kecepatan adsorpsi atau $K(\text{menit}^{-1})$ dari persamaan linear. Berikut pada **Tabel 4** perbandingan hasil persamaan linear pada model kinetika pseudo orde satu dan pseudo orde 2.

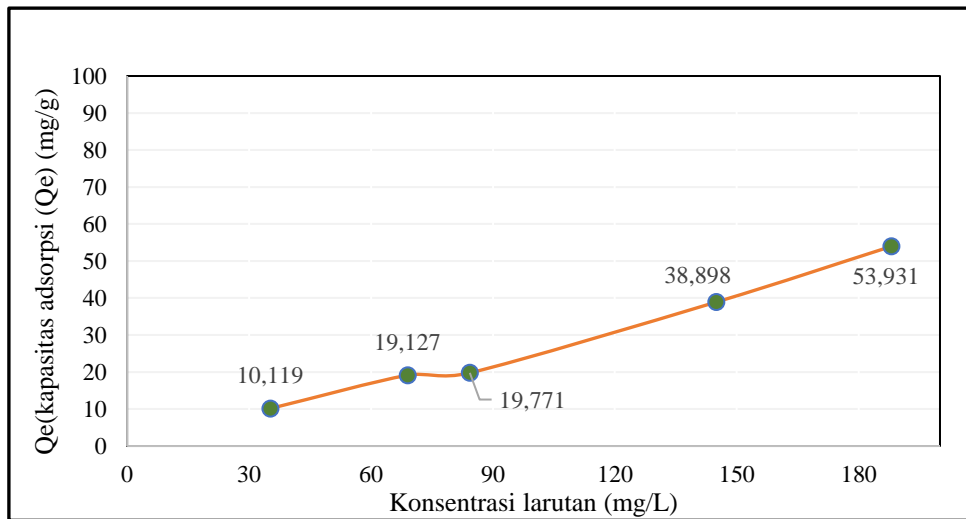
Tabel 4. Perbandingan Model Kinetika Adsorpsi Pb

<i>Pseudo orde satu</i>		<i>Pseudo orde 2</i>	
Intersep	0,5564	Intersep	0,0331
K ₁ (menit ⁻¹)	0,0037	K ₂ (menit ⁻¹)	0,0011
q _e (mg/g)	1,74	q _e (mg/g)	30,21
R ²	0,3688	R ²	0,9987

Berdasarkan tabel 4 untuk perbandingan model kinetika dapat disimpulkan bahwa untuk pseudo orde 2 memiliki koefisien korelasi (R^2) dengan nilai 0,9987 yang mana mendekati angka 1 menggambarkan bahwa adsorpsi dengan pseudo orde 2 memiliki kesesuaian untuk adsorpsi logam Pb dengan adsorben kulit jeruk manis. Pada kinetika adsorpsi pseudo orde dapat diasumsikan bahwa untuk penentu laju reaksi untuk proses adsorpsi yakni meliputi pertukaran ion antar adsorbat dan adsorben,^[28]. Selain itu pada model kinetika pseudo orde 2 memiliki nilai q_e atau kapasitas adsorpsi (mg/g) lebih tinggi yakni 30,21 mg/g daripada pseudo orde 1 hanya 1,74 mg/g. Sehingga penurunan dari konsentrasi logam Pb pada proses adsorpsi dapat diketahui kinetika adsorpsinya dengan model *pseudo* orde 2, sehingga pada penelitian ini dalam proses adsorpsi terdapat pengaruh dari adsorben dan adsorbat.

4.2.5 Uji Variasi Konsentrasi Larutan

Setelah mengetahui keadaan optimum untuk pH 3 dan waktu kontak 60 menit tahapan selanjutnya yaitu pengujian variasi konsentrasi larutan logam Pb. Pengujian ini memiliki tujuan untuk dapat menganalisa bagaimana kemampuan adsorben secara maksimal dalam menyerap logam Pb atau kapasitas maksimum. Variasi konsentrasi rencana yang digunakan yaitu 30, 60, 90, 125, 200, mg/L dengan pengadukan 150 rpm pada *shaker*. Berikut pada **Gambar 21** hasil uji adsorpsi konsentrasi larutan (mg/L) terhadap Kapasitas Adsorpsi (Q_e) dalam bentuk grafik.



Gambar 21. Grafik Pengaruh hasil uji adsorpsi variasi konsentrasi larutan terhadap kapasitas Adsorpsi (Qe) (t = 60 menit; V= 25 ml; pH=3; massa= 50 mg)

Pada Gambar 21. Menunjukkan bahwa jumlah ion timbal pada larutan mempengaruhi proses adsorpsi logam. Pada konsentrasi rendah jumlah ion logam yang berada larutan lebih sedikit daripada situs aktif yang ada di permukaan adsorben. Sedangkan pada konsentrasi tinggi ion logam semakin banyak namun situs aktif adsorben tidak bertambah banyak sehingga kemampuan dalam menyerap ion logam berkurang^[30].

Tujuan dari menganalisa kapasitas adsorpsi yaitu untuk dapat melihat besar kemampuan adsorben teraktivasi asam sitrat dalam proses adsorpsi logam Pb. Kapasitas adsorpsi diketahui dengan cara menganalisis konsentrasi awal logam timbal dan konsentrasi akhir setelah dilakukan uji adsorpsi dengan massa adsorben dan volume larutan.

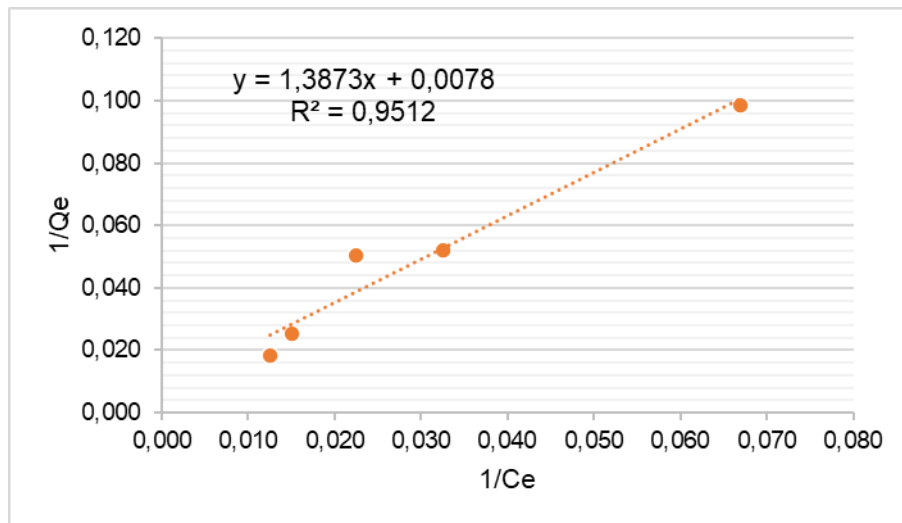
Berdasarkan hasil di gambar 21. Pada kurva grafik dapat disimpulkan bahwa pada konsentrasi logam yang meningkat maka kapasitas adsorpsi juga semakin naik. Hal ini terjadi karena adsorben belum mencapai titik jenuh atau seimbang, sehingga proses adsorpsi tetap dapat berjalan dengan baik dan optimal^[31]. Pada penelitian sebelumnya dengan adsorben ampas kopi aktivasi HCl untuk

adsorpsi logam berat Pb, bahwa semakin meningkatnya konsentrasi maka seiring dengan peningkatan dari kapasitas adsorpsi ^[31].

4.3 Analisis Isoterm Adsorpsi

Analisis dari isoterm adsorpsi bertujuan untuk mengetahui hubungan dari jumlah zat yang terserap dengan persatuan berat dari adsorben dengan konsentrasi terlarut di temperatur tetap atau tertentu^[31]. Isoterm dapat ditentukan dari data yang telah diketahui pada uji variasi konsentrasi adsorpsi. Isoterm adsorpsi mengidentifikasi bagaimana hubungan dari banyaknya ion atau zat yang teradsorpsi terhadap konsentrasi dari zat yang terlarut ^[28]. Mekanisme dari proses adsorpsi yakni dapat diilustrasikan dengan suatu molekul yang meninggalkan larutan dan melekat di permukaan adsorben baik secara kimia dan fisika ^[32]. Pada penelitian ini digunakan persamaan model Isoterm dan model Freundlich yang mana dari kedua model tersebut didapatkan persamaan korelasi yang selanjutnya dipakai untuk menganalisis kapasitas maksimum adsorpsi atau Q_{max} (mg/g) dan konstanta kesetimbangan adsorpsi.

Untuk model Isoterm Langmuir adalah model dengan proses adsorpsi dengan kapasitas maksimum terjadi pada satu lapisan atau monolayer di permukaan adsorben. Adsorpsi dengan model Langmuir terjadi pada ikatan kimia antara situs aktif permukaan adsorben dengan adsorbat yang dipengaruhi oleh densitas elektron^[28]. Berikut pada **Gambar 22**. Plot grafik dari model Langmuir untuk proses adsorpsi logam Pb oleh adsorben kulit jeruk.

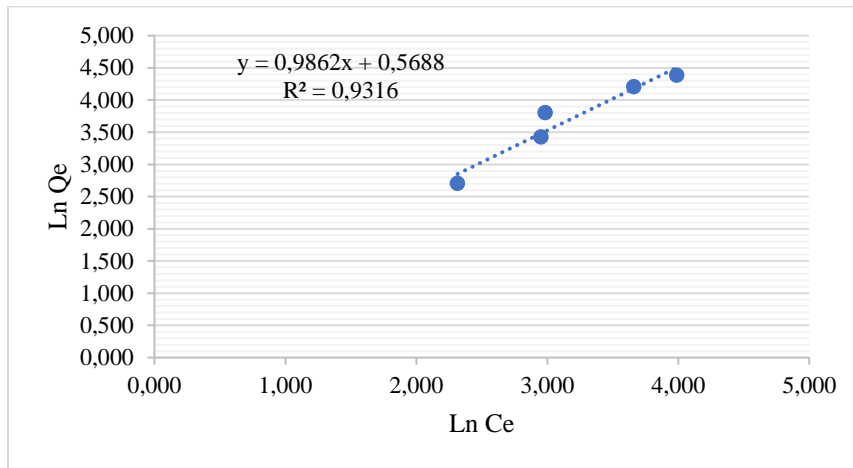


Gambar 22. Model Isoterm Langmuir adsorpsi Logam Pb oleh Adsorben Kulit Jeruk
Sumber : Data Primer, 2023

Pada Gambar 22. Dari persamaan tersebut dapat diketahui kapasitas maksimum adsorpsi logam Pb dengan menghitung satu per intersep yang menghasilkan Q_{max} dengan nilai 128,21 mg/g. Arti dari kapasitas maksimum adsorpsi yang diperoleh bahwa setiap satu gram adsorben kulit jeruk teraktivasi asam sitrat dapat menyerap maksimal 128,21 mg berat dari logam berat Pb di larutan.

Model isoterm Freundlich merupakan model adsorpsi yang mana mengilustrasikan hubungan antara banyaknya komponen molekul yang terserap per unit adsorben serta konsentrasi komponen molekul pada kesetimbangan. Model isoterm Freundlich terjadi di *multilayer* dan menunjukkan heterogenitas yang meliputi senyawa organik serta situs aktif pada permukaan adsorben [33]. Pada isotermn Freundlich terdapat K_f (kapasitas adsorpsi maksimum) yang mana semakin besar nilai dari K_f aka kapasitas adsorpsi maksimum juga semakin tinggi nilainya. Penentuan model isotherm Freundlich yaitu dengan cara dibuat plot grafik kurva hubungan antara $\ln C_e$ (konsentrasi akhir) terhadap $\ln Q_e$ (kapasitas adsorpsi).

Berikut pada **Gambar 23.** hasil model Freundlich adsorpsi Logam Pb oleh adsorben Kulit Jeruk dengan persamaan $y = 0,9862x + 0,5688$.



Gambar 23. Grafik model isoterm Freundlich dari adsorpsi logam Pb oleh adsorben kulit jeruk

Model kesetimbangan adsorpsi yaitu bentuk matematika dalam kondisi isothermal yang khusus pada adsorben. Untuk menentukan model kesetimbangan yang memiliki pendekatan sesuai yaitu dengan melihat harga koefisien korelasi (R^2) yang lebih tinggi atau mendekati angka satu. Berikut pada **Tabel 5.** Data korelasi yang diperoleh dari persamaan isotherm Langmuir dan Freundlich.

Tabel 5. Data Isoterm Adsorpsi Model Langmuir dan Freundlich pada adsorpsi Pb oleh adsorben kulit jeruk.

Isoterm Langmuir					
Slope	Intersep	R^2	KL	RL	Qmax (mg/g)
1,3873	0,0078	0,9512	0,0056	0,01961	128,21
Isoterm Freundlich					
Slope	Intersep	R^2	Kf	1/n	Ln Kf
0,9862	0,5688	0,9316	3,7051	1,01399	1,3097

Sumber : Data Primer,2023

Berdasarkan tabel 5. Memperoleh bahwa adsorpsi logam Pb oleh adsorben kulit jeruk teraktivasi asam sitrat memiliki kecenderungan ke model isotherm

Langmuir karena memiliki nilai koefisien korelasi (R^2) dengan 0,9512 yang lebih tinggi dibanding dengan model isotherm Freundlich dengan nilai 0,9316. Sehingga dapat disimpulkan untuk mekanisme dari proses adsorpsi yaitu situs aktif dengan permukaannya homogen serta hanya bisa menyerap satu molekul adsorbat atau ion logam pada situs aktif di permukaan adsorben. Hal ini berarti setiap situs aktif di adsorben yang menyerap adsorbat dan menempati di lapisan tunggal atau *monolayer*. Penyerapan adsorbat yang terjadi tidak lebih dari jumlah situs aktif yang tersedia di permukaan adsorben^[31].

4.4 Aplikasi Adsorben ke Limbah Cair Batik

Setelah diketahui kondisi optimum dari setiap parameter yang diuji pada pH, waktu kontak serta konsentrasi larutan hingga mengetahui kapasitas maksimum adsorpsi, adsorben diaplikasikan ke limbah cair industri batik untuk dapat menurunkan konsentrasi logam berat Pb pada limbah tersebut. Berikut pada **tabel 6**. Hasil dari adsorpsi limbah cair industri oleh adsorben kulit jeruk.

Tabel 6. Hasil Uji Adsorpsi Limbah Batik dengan Adsorben Kulit Jeruk (massa=50 mg, pH=3, t=60 menit, V= 25 mL)

Adsorben Kulit Jeruk	Konsentrasi awal (mg/L)	Konsentrasi Akhir (mg/L)	Efisiensi Removal (%)
Aktivasi	3,09	0,45	86%
Non Aktivasi		0,80	74%

Sumber : data primer, 2023

Berdasarkan tabel 6 untuk adsorben aktivasi memiliki efisiensi removal 86% dengan konsentrasi akhir 0,45 mg/L. Untuk adsorben tidak aktivasi tetap bisa melakukan adsorpsi namun tidak semaksimal yang telah di aktivasi oleh Asam sitrat 1M, sehingga dapat dimaksimalkan dengan adsorben aktivasi untuk mendapat efisiensi removal lebih untuk hasil baik. Maka dari itu adsorben Kulit jeruk dapat disarankan sebagai bahan adsorben untuk proses adsorpsi limbah cair batik dalam menurunkan kadar logam berat yang terkandung dalam limbah tersebut.

4.2.6 Uji Perbandingan Adsorben Aktivasi dan Non Aktivasi

Selanjutnya setelah mendapat nilai optimum setiap variabel dari massa, pH, waktu kontak dan konsentrasi larutan yakni uji perbandingan adsorben aktivasi dan non aktivasi. Uji ini dilakukan untuk dapat mengetahui efisiensi removal dari masing – masing adsorben yang berbeda perlakuan pada adsorben. Untuk adsorben yang diaktivasi menggunakan Asam sitrat 1 M serta yang tidak di aktivasi di uji dengan volume 25 ml larutan logam, massa 50 mg, pH 3, dan konsentrasi larutan 150 ppm, pengadukan 150 rpm. Untuk hasil terdapat pada **Tabel 7**.

Tabel 7. Hasil uji perbandingan Adsorpsi dengan adsorben Aktivasi dan Non Aktivasi (massa= 50 mg, V= 25 ml, pH=3, t=60 menit)

Adsorben Kulit Jeruk	Konsentrasi Awal (mg/L)	Konsentrasi Akhir (mg/L)	Efisiensi Removal (%)
Aktivasi	134,63	24,08	82%
Non Aktivasi		90,64	33%

Sumber : data primer, 2023

Berdasarkan **tabel 7**. Untuk adsorben teaktivasi memiliki efisiensi removal 82% dengan konsentrasi awal 134,631 mg/L dan konsentrasi akhir 24,079 mg/L. Sedangkan untuk adsorben non aktivasi yaitu 33%. Maka dapat disimpulkan pada adsorben yang diaktivasi oleh asam sitrat memiliki kondisi optimum yang berarti ideal untuk melakukan penyerapan logam berat Pb. Aktivator asam sitrat ($C_6H_8O_7$) termasuk kedalam asam organik yang larut dalam air, memiliki gugus karboksil COOH.

BAB V SIMPULAN DAN SARAN

5.1.Simpulan

Kesimpulan dari penelitian yang telah dilaksanakan yaitu adsorben kulit jeruk telah mampu menurunkan kandungan logam berat Pb yang terkandung pada limbah cair industri batik dengan kapasitas adsorpsi maksimum 128,21 mg/g dengan parameter massa 50 mg adsorben kulit jeruk teraktivasi asam sitrat 1 M dalam keadaan larutan logam Pb pada pH 3 dan waktu 60 menit mencapai keadaan efektivitas untuk menyerap logam pb. Untuk efisiensi removal dari logam berat Pb di limbah cair batik dengan adsorben teraktivasi asam sitrat 1M yaitu 86%. Selain itu untuk adsorben tidak aktivasi memiliki removal sebesar 74% yang mana tetap bisa mengurangi kadar konsentrasi logam Pb tersebut.

5.2.Saran

Berikut saran yang dapat diberikan untuk penelitian di masa yang akan datang yaitu Untuk adsorben kulit jeruk dapat dilakukan modifikasi dengan membuat adsorben jenis fiber. Melakukan karakterisasi terhadap limbah batik sebelum proses adsorpsi supaya bisa lebih mengenali sampel limbah batik yang akan digunakan. Penggunaan adsorben kulit jeruk dapat diaplikasikan ke limbah industri lainnya seperti limbah cair penyamakan, limbah cair elektronik yang mengandung logam berat yang lain. Kemudian d penelitian lebih lanjut mengenai zeta potensial dari adsorben kulit jeruk dalam hal besarnya gaya tarik menarik antar molekul.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Apriyani,. 2018. “Industri Batik: Kandungan Limbah Cair dan Metode Pengolahannya,” *Media Ilm. Tek. Lingkung.*, vol. 3, no. 1, hal. 21–29,
- [2] A. Juliani, S. Rahmawati, and M. Yoneda,. 2021. “Heavy Metal Characteristics of Wastewater From Batik Industry in Yogyakarta Area, Indonesia,” *Int. J. GEOMATE*, vol. 20, no. 80, hal. 59–67,
- [3] W. P. Rahayu, I. W. Harisma, Y. Syamsuddin, S. Sofyana, dan S. Mulyati,.2021. “Ekstraksi Pektin dari Kulit Jeruk dan Kulit Pisang sebagai Biosorben pada Proses Adsorpsi Logam Berat Fe,” *J. Serambi Eng.*, vol. 6, no. 2, hal. 1899–1907.
- [4] H. S. Riwayati, Indah; Hartati Indah dan Purwanto,. 2014. “Adsorpsi Logam Berat Timbal Dan Kadmium Pada Limbah Batik Menggunakan Biosorbent Pulpa Kopi Terxanthasi,” *Snast*, no. November, hal. 211–216.
- [5] D. P. Sasongko dan W. P. Tresna,. 2010. “Identifikasi Unsur dan Kadar Logam Berat Pada Limbah Pewarna Batik dengan Metode Analisis Pengaktifan Neutron,” *J. Ilmu Pengetah. dan Teknol. TELAAH*, vol. 27, hal. 22–27, 2010.
- [6] N. Natalina dan H. Firdaus,.2018. “Penurunan Kadar Kromium Heksavalen (Cr6+) Dalam Limbah Batik Menggunakan Limbah Udang (Kitosan),” *Teknik*, vol. 38, no. 2, hal. 99.
- [7] Yuliana,. 2022. “Risiko Penggunaan Pewarna Sintetis Pada Pewarnaan Batik Untuk Kesehatan Pengrajin The Risk of Using Synthetic Dyes in Batik Coloring to the Health of Craftsmen,” hal. 1–6,
- [8] T. T. Irianti, Kuswadi, S. Nuranto, dan A. Budiyatni,. 2017.“Logam Berat dan Kesehatan,” *Graf. Indah ISBN 979820492-1*, hal. 1–131.
- [9] ATSDR, 2007. “Public Health Statement Lead CAS#: 7439-92-1,” *Div. Toxicol. Environ. Med.*, pp. 1–13.
- [10] R. Delaroza,.2018. “Adsorpsi logam berat menggunakan adsorben alami pada air limbah industri,” hal. 5-10.
- [11] H. Sureshkumar,. 2015. “Removal of heavy metals from wastewater: A review,” *Int. J. Appl. or Innov. Eng. Manag.*, vol. 4, no. 10, hal. 19–22.
- [12] O. B. Akpor dan M. Muchie,.2010. “Remediation of heavy metals in drinking water and wastewater treatment systems: Processes and applications,” *Int. J. Phys. Sci.*, vol. 5, no. 12, hal. 1807–1817.
- [13] E. Etebu dan A. B. Nwauzoma,.2014. “A review on sweet orange (*Citrus sinensis*) health, diseases and management,” *Am. J. Res. Commun.*, vol. 2,

no. 2, hal. 33–70.

- [14] H. F. Mansour, A. G. El-Said, dan A. M. Gamal, 2012 “Volume 7, Issue 3, Spring 2012,” vol. 7, no. 3 hal. 1–13.
- [15] Yustinah, Hudzaifah dan M. Aprilia, 2019. “Keseimbangan Adsorpsi Logam Berat (Pb) Dengan Adsorben Tanah Diatomit Secara Batch,” *J. KONVERSI*, vol. 9, no. 1, hal 17–28.
- [16] P. Senthil Kumar, C. Vincent, K. Kirthika, dan K. Sathish Kumar, 2010 “Kinetics and equilibrium studies of Pb²⁺ ion removal from aqueous solutions by use of nano-silversol-coated activated carbon,” *Brazilian J. Chem. Eng.*, vol. 27, no. 2, hal. 339–346.
- [17] N. Solika, M. Napitupulu, dan S. T. Gonggo, 2018. “Bioadsorpsi Pb(II) Menggunakan Kulit Jeruk Siam (*Citrus Reticulata*),” *J. Akad. Kim.*, vol. 6, no. 3, p. 160.
- [18] M. Sulistyani dan N. Huda, 2018 “Perbandingan Metode Transmisi dan Reflektansi Pada Pengukuran Polistirena Menggunakan Instrumentasi Spektroskopi Fourier Transform Infra Red,” *Indones. J. Chem. Sci.*, vol. 7, no. 2, hal. 195–198.
- [19] D. Firmansyah, 2020. “Identifikasi Gugus Hidroksil dan Karbonil dalam Senyawa Organik Pada Tanaman Daun Nanas,” *SainsTech Innov. J.*, vol. 3, no. 1, pp. 49–53.
- [20] H. Alfiany dan S. Bahri, 2013 “Kajian Penggunaan Arang Aktif Tongkol Jagung Sebagai Adsorben Logam Pb Dengan Beberapa Aktivator Asam,” *J. Nat. Sci.*, vol. 2, no. 3, hal. 75–86.
- [21] F. O. Afolabi, P. Musonge dan B. F. Bakare, 2019. “Adsorption of Copper and Lead Ions in a Binary System onto Orange Peels: Optimization, Equilibrium, and Kinetic Study,” *Sustain.*, vol. 14, no. 17, hal. 1–16,
- [22] J. S. Tangio, 2013 “Adsorpsi logam timbal (Pb) dengan menggunakan biomassa enceng gondok (*Eichhornia crassipes*),” *J. Entropi*, vol. 8, no. 1, pp. 500–506.
- [23] Safrianti, W. Nelly dan T. Zaharah 2012, “Adsorpsi Timbal (II) Oleh Selulosa Limbah Jerami Padi Teraktivasi Asam Nitrat: Pengaruh Ph Dan Waktu Kontak”. vol. 1, no. 1, hal. 44–48.
- [24] E. M. Gultom and M. T. Lubis, 2014 “Aplikasi Karbon Aktif Dari Cangkang Kelapa Sawit Dengan Aktivator H₂O₂ Untuk Penyerapan Logam Berat Cd Dan Pb,” *J. Tek. Kim. USU*, vol. 3, no. 1, Hal. 5, 2014.
- [25] Ningsih Dwi Arista, Said Irwan dan Purnama Ningsih, 2013 “Pengaruh berat dan waktu kontak untuk adsorpsi timbal(II) oleh adsorben kulit batang jambu biji (*psidium guajava L.*),” *J. Kim. Mulawarman*, vol. 8, no. 1, hal. 6–9,.

- [26] U. Meila Anggriani. 2021. “Kinetika Adsorpsi Karbon Aktif Dalam Penurunan Konsentrasi Logam Tembaga (Cu) Dan Timbal (Pb) Kinetic Adsorption Of Activated Carbon In Decreasing Concentrations Of Copper (Cu) And Lead (Pb) Metals,” *J. Kinet.*, vol. 12, no. 02, hal. 29–37.
- [27] N. Fatmawati, T. Usman, dan T. A. Zahara. 2019 “Bioadsorpsi Fe(II) Oleh Kulit Buah Jeruk Citrus nobilis Lour. var microcarpa Termodifikasi Ca(OH)₂,” *Indones. J. Pure Appl. Chem.*, vol. 1, no. 3, hal. 98.
- [28] N. Fatmawati. 2018 “Indonesian Journal of Pure and Applied Chemistry Bioadsorpsi Fe (II) Oleh Kulit Buah Jeruk Citrus Nobilis Lour . Var Microcarpa Termodifikasi Ca (Oh) 2,” vol. 1, no. 3, hal. 98–113.
- [29] Maihendra. 2013. “Kinetika Adsorpsi pada Penjerapan Ion Timbal Pb²⁺ Terlarut dalam Air Menggunakan Partikel Tricalcium Phosphate,” *Jom FTEKNIK*, vol. 3, hal. 1–5.
- [30] S. L. Nuha,. 2021 “Efektivitas penyisihan ion logam Pb²⁺ menggunakan pasir silika sebagai adsorben,” Skripsi. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- [31] A. Imawati dan Adhitiyawarman, 2021 “Kapasitas adsorpsi maksimum ion Pb (II) oleh arang aktif ampas kopi teraktivasi HCl dan H₃PO₄,” *J. Kim. Khatulistiwa*, vol. 4, no. 2, hal. 50–61.
- [32] M. Tahir, I. Safitri, dan A. Suhaenah, 2019. “Analisis Pektin Albedo Buah Jeruk Pamelos sebagai Adsorben Logam Berat Timbal (Pb), Kadmium (Cd) dan Tembaga (Cu),” *J. Farm. Galen. (Galenika J. Pharmacy)*, vol. 5, no. 2, hal. 158–165,
- [33] N. S. S. Miri and Narimo,. 2022. “Review : Kajian Persamaan Isoterm Langmuir dan Freundlich pada Adsorpsi Logam Berat Fe (II) dengan Zeolit dan Karbon Aktif dari Biomassa,” *J. Kim. dan Rekayasa*, vol. 2, no. 2, hal. 58–71.

LAMPIRAN

Lampiran I. Alat dan Bahan Penelitian

Alat :

1. Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)
2. *Fourier Transform Infrared* (FTIR)
3. *Scanning Electron Microscopy* (SEM)
4. Ayakan 100 mesh
5. Oven
6. *Shaker*
7. *Magnetic stirrer*
8. *Grinder* (alat giling)
9. *Vacuum Filter*
10. Neraca analitik
11. Alat – alat gelas laboratorium
12. Wadah plastik
13. Mortar
14. Kertas saring
15. Cawan porselen
16. pH universal

Bahan

1. Kulit Jeruk Manis
2. Larutan HNO_3
3. Larutan NaOH
4. Larutan HCl
5. Larutan $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$
6. Akudes

Lampiran II. Dokumentasi Preparasi Adsorben Kulit Jeruk

(1) Pemotongan kecil Kulit jeruk



(2) Oven Kulit Jeruk



(3) Penggilingan Kulit Jeruk oleh grinder



(4) Proses ayak 100 mesh kulit jeruk



(5) Proses Aktivasi Adsorben Kulit Jeruk



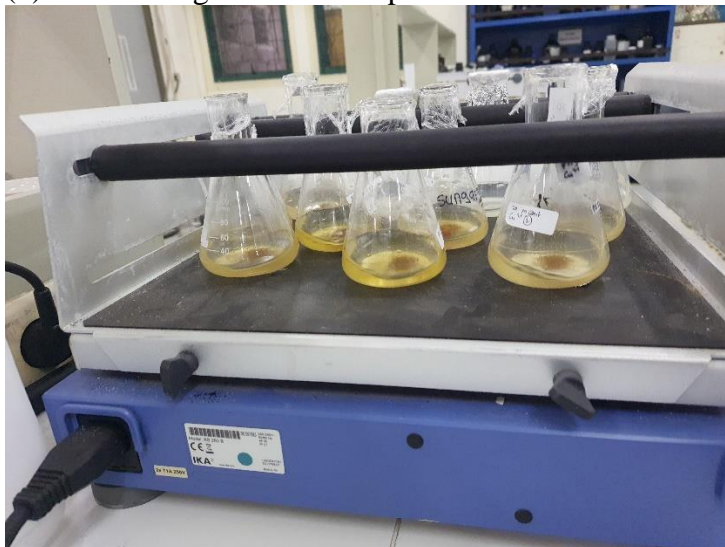
(6) Proses penyaringan adsorben



(7) Adsorben Kulit Jeruk



(8) Proses Pengadukan Adsorpsi



Lampiran III. Data Hasil Uji Adsorpsi logam Pb dengan adsorben kulit jeruk teraktivasi Asam sitrat

A. Data hasil uji adsorpsi variasi massa

Volume Larutan = 25 mL

Waktu pengadukan = 120 menit

pH = 5

Massa (mg)	Konsentrasi Awal (mg/L)	Konsentrasi Akhir (mg/L)	Efisiensi Removal (%)
Kontrol	78,83	60,58	23,15%
20	134,631	20,10	85,07%
30		14,02	89,59%
40		12,497	90,72%
50		7,700	94,28%

B. Data hasil uji adsorpsi variasi pH

Volume larutan = 25 mL

Massa adsorben = 50 mg

Waktu pengadukan= 120 menit

pH awal	pH akhir	Konsentrasi Awal (mg/L)	Konsentrasi Akhir (mg/L)	Efisiensi Removal (%)
3	3	17,176	0,536	96,88%
5	6	6,063	0,615	89,86%
7	7	5,712	0,725	87,31%
9	9	7,934	0,136	98,29%
Kontrol (ph 5)	5	28,875	27,471	4,86%

C. Data hasil uji adsorpsi logam variasi waktu kontak

Volume larutan = 25 mL

Massa adsorben = 50 mg

pH larutan = 3

Waktu Kontak (menit)	Konsentrasi Awal (mg/L)	Konsentrasi Akhir (mg/L)	Efisiensi Removal (%)
5	68,860	67,92	1,37%
10		29,06	57,80%
20		12,80	81,41%
60		10,62	84,58%
120		11,95	82,65%
180		9,02	86,33%
Kontrol (120)		60,58	12,03%

D. Data hasil uji adsorpsi variasi konsentrasi larutan

Volume = 25 ml

Waktu kontak = 60 menit

Massa adsorben = 50 mg

pH awal larutan = 3

pH akhir larutan = 3

Konsentrasi rencana (mg/L)	Konsentrasi Awal (mg/L)	Konsentrasi Akhir (Ce) (mg/L)	Kapasitas Adsorpsi (Qe) (mg/L)
30	35,19	14,95	10,119
60	69,00	30,75	19,127
90	84,33	44,79	19,771
125	144,93	67,13	38,898
200	187,98	80,12	53,931

Lampiran IV. Perhitungan Model Isoterm

A. Isoterm Langmuir

Volume = 25 ml

Waktu kontak = 60 menit

Massa adsorben = 50 mg

pH awal larutan = 3

pH akhir larutan = 3

Konsentrasi Awal (mg/L)	Konsentrasi Akhir (Ce) (mg/L)	Kapasitas Adsorpsi (Qe) (mg/L)	1/qe	1/ce
35,19	14,95	10,119	0,099	0,067
69,00	30,75	19,127	0,052	0,033
84,33	44,79	19,771	0,051	0,022
144,93	67,13	38,898	0,026	0,015
187,98	80,12	53,931	0,019	0,012

Setelah diperoleh 1/Qe dan 1/Ce di plotkan pada grafik dengan plot 1/Qe terhadap 1/Ce

<i>Isoterm Langmuir</i>					
Slope(b)	Intersep (a)	R ²	K _L	R _L	Q _{max}
0,6856	0,0078	0,9512	0,0056	0,01961	128,21

Persamaan Regresi Linear model Langmuir pada penelitian ini :

$$y = bx + a$$

$$y = 0,6856x - 0,0039$$

1. Menghitung kapasitas maksimum (Q_{max})

$$Q_{\max} = \frac{1}{a} = \frac{1}{0,0078} = 128,21 \text{ mg/g}$$

2. Menghitung konstanta Langmuir (K_L)

$$K_L = \frac{1}{Q_{\max} \times a} = \frac{1}{128,21 \times 0,0078} = 0,0056$$

3. Menghitung R_L

$$\frac{1}{1 + C_i \times K_L} = \frac{1}{1 + 100 \times 0,0057} = 0,1961$$

B. Isoterm Freundlich

Konsentrasi Awal (mg/L)	Konsentrasi Akhir (Ce) (mg/L)	Kapasitas Adsorpsi (Qe) (mg/L)	Ln qe	Ln ce
35,19	14,95	10,119	2,314	2,705
69,00	30,75	19,127	2,951	3,426
84,33	44,79	19,771	2,984	3,802
144,93	67,13	38,898	3,661	4,207
187,98	80,12	53,931	3,988	4,383

<i>Isoterm Freundlich</i>					
Slope(a)	Intersep (b)	R ²	Kf	1/n	Ln Kf
0,9862	0,5688	0,9316	3,705101	1,013993	1,3097104

Persamaan Regresi Linear model Langmuir pada penelitian ini :

$$y = bx + a$$

$$y = 0,9862x + 0,5688$$

1. Mengitung Konstanta Freundlich (Kf)

Konstanta Freundlich mempunyai kaitan dengan kapasitas adsorpsi(mg/g)

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

$$Kf = 10^{0,9862}$$

$$Kf = 3,705101$$

2. Menghitung n

n adalah konstanta Freundlich kaitannya dengan afinitas pada adsorpsi

$$\frac{1}{n} = \frac{1}{\text{slope}} = \frac{1}{0,9862} = 1,013$$

Lampiran V Perhitungan Kinetika Adsorpsi

1. Kinetika Pseudo orde satu

Kondisi Setimbang

t (menit)	Massa (g)	Co (mg/l)	Ce setimbang (mg/l)	V (ml)	qe (mg/g)
180	0,05	68,86	10,62	25	29,92

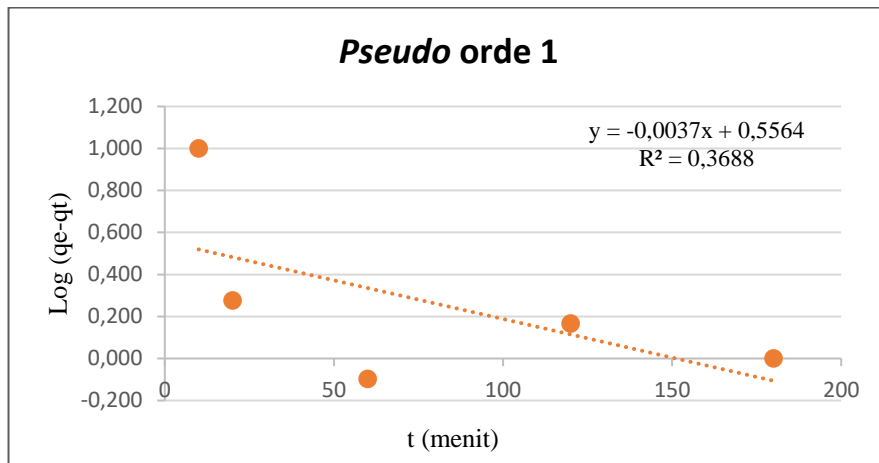
Kondisi setiap variasi waktu kontak

Massa adsorben = 50 mg = 0,05 g

t (menit)	Co (mg/l)	Ce (mg/l)	V (Liter)	qt (mg/g)	Qe-Qt	Log qt	Log (qe-qt)
5	68,86	67,92	0,025	0,47	29,45	-0,328	1,469
10		29,06	0,025	19,90	10,02	1,299	1,001
20		12,80	0,025	28,03	1,89	1,448	0,277
60		10,62	0,025	29,12	0,80	1,464	-0,097
120		11,95	0,025	28,46	1,47	1,454	0,166
180		9,02	0,025	29,92	0,00	1,476	#NUM!

$$qt = \frac{(Co - Ce) \times V}{W}$$

$$qt = \frac{(68,86 \text{ mg/L} - 67,92 \text{ mg/L}) \times 0,025 \text{ L}}{0,05 \text{ g}} = 0,47 \text{ mg/g}$$



$$y = ax + b$$

$$y = -0,0037x + 0,5564$$

$$\text{Log}(qe - qt) = \text{Log}(qe) - \frac{k}{b} t$$

$$\text{Log}(q_e - q_t) = \text{Log}(q_e) - \frac{k}{0,5564} t$$

Sehingga diperoleh nilai q_e dan k :

$$\text{Log } q_e = 0,5564$$

$$Q_e = 3,6008 \text{ mg/g}$$

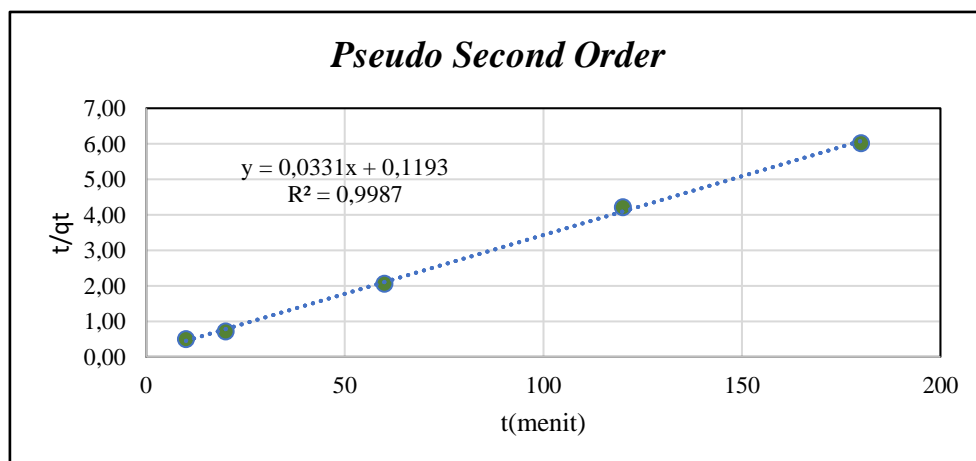
$$-\frac{k}{0,5564} = -0,0037$$

$$k = 0,002 \text{ menit}^{-1}$$

Slope (a)	Intersep (b)	k(menit ⁻¹)	q _e (mg/g.menit)	R ²	Log q _e
-0,0037	0,5564	0,002	3,60	0,3688	0,55

2. Kinetika pseudo orde 2

t (menit)	Co (mg/l)	Ce (mg/l)	qt (mg/g)	t/qt
5	68,86	67,92	0,47	10,64
10		29,06	19,90	0,50
20		12,80	28,03	0,71
60		10,62	29,12	2,06
120		11,95	28,46	4,22
180		9,02	29,92	6,02



$$Y = ax + b$$

$$Y = 0,331x + 0,1193$$

Menghitung nilai q_e

$$\frac{t}{qt} = \frac{1}{k q_e^2} + \frac{1}{q_e} t$$

$$\frac{1}{q_e} = 0,0331$$

$$q_e = 30,21 \text{ mg/g}$$

Menghitung nilai k

$$\frac{1}{k q_e^2} = 0,1193$$

$$\frac{1}{k(30,21)^2} = 0,1193$$

$$k = 0,009 \text{ g/mg.menit}$$

Slope (a)	Intercep (b)	q_e	q_e^2	$k \text{ (menit}^{-1}\text{)}$	R^2
0,0331	0,1193	30,21	912,73	0,009	0,9987

RIWAYAT HIDUP

Penulis memiliki nama Sofy Nurdianti dengan nama panggilan sofy. Penulis lahir di Garut, 30 Januari 2001 namun dibesarkan di Kota Jakarta Selatan. Sofy merupakan anak pertama dari bapak Dani Supriadi dan Ibu Cincin Hindsah serta memiliki satu orang adik perempuan bernama Arini Julianti. Sofy telah menempuh pendidikan di SDN 09 Bintaro selama 6 tahun kemudian di SMPN 161 Jakarta selama 3 tahun dan SMAN 29 Jakarta 3 tahun. Sofy melanjutkan perkuliahan di Yogyakarta yakni Universitas Islam Indonesia Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan dengan program studi Teknik Lingkungan.

Selama masa perkuliahan sofy telah mengikuti UKM media dan menjadi sekretaris UKM, kegiatan kepanitiaan *event* Envirotation dengan menjadi staff dekorasi dan dokumentasi, *event* Lilin menjadi staff publikasi. Selain kegiatan kepanitiaan sofy juga mengikuti kegiatan organisasi HMTL (Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan) diberikan amanah sebagai sekretaris departemen Informasi dan Komunikasi (Infokom) selama satu periode. Selain kegiatan non akademik, pada akademik sofy berhasil meraih penghargaan sebagai mahasiswa berprestasi akademik tahun ajaran 2020/2021 di FTSP.