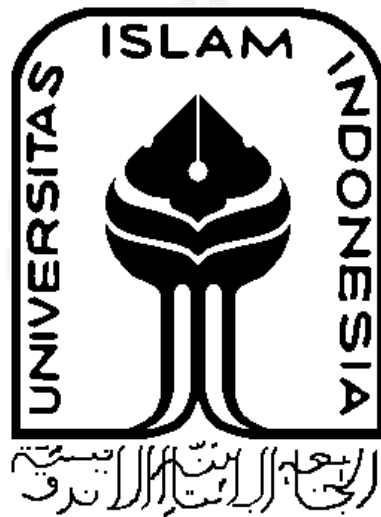


TUGAS AKHIR
KEMAMPUAN BATU APUNG DENGAN Fe-COATED
PUMICE SEBAGAI ADSORBEN PENYISIHAN LOGAM
BERAT Mn PADA AIR

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



ZELLA VINANDELA REGITA YUHAZ

17513085

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2021

TUGAS AKHIR
KEMAMPUAN BATU APUNG DENGAN Fe-COATED
PUMICE SEBAGAI ADSORBEN PENYISIHAN LOGAM
BERAT Mn PADA AIR

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



ZELLA VINANDELA REGITA YUHAZ

17513085

Disetujui,
Dosen Pembimbing:

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

NIK. 025100406

Tanggal: 17 Desember 2021

Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII

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

NIK. 025100406

Tanggal: 17 Desember 2021

HALAMAN PENGESAHAN

**KEMAMPUAN BATU APUNG DENGAN Fe-
COATED PUMICE SEBAGAI ADSORBEN
PENYISIHAN LOGAM BERAT Mn DALAM AIR**

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Jumat
Tanggal : 5 November 2021

Disusun Oleh:

**ZELLA VINANDELA REGITA YUHAZ
17513085**

Tim Penguji :

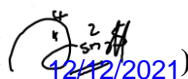
Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D

()

Elita Nurfitriyani Sulisty, S.T., M.Sc.

()

Lutfia Isna Ardhayanti, S.Si., M.Sc.

( 2/11/2021)

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, 15 Oktober 2021

Yang membuat pernyataan,



Zella Vinandela R.Y

NIM: 17513085

PRAKATA

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *Subhanahu Wa Ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak April 2021 ini ialah ”**KEMAMPUAN BATU APUNG DENGAN Fe-COATED PUMICE SEBAGAI ADSORBEN PENYISIHAN LOGAM BERAT Mn PADA AIR**”. Laporan ini diajukan kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta untuk memenuhi persyaratan memperoleh derajat Sarjana Strata Satu (S1) di Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Tidak dapat disangkal bahwa butuh usaha yang keras, kesabaran, dan kegigihan dalam menyelesaikan pengerjaan tugas akhir ini. Namun disadari tugas akhir ini tidak akan selesai tanpa orang-orang tercinta disekeliling saya yang selalu *support* dan membantu saya. Terima kasih yang sebesar-besarnya saya sampaikan kepada:

1. Kedua orangtua saya yakni Ayah Muhazir dan Ibu Waryuni serta saudara saya Mas Artha, Mba Tiara, Mas Dika, Rani, Ica, dan Geca yang saya sayangi yang selalu memberikan dukungan, doa, dan selalu ada dalam setiap usaha yang saya lakukan.
2. Bapak Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES, Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia dan selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, saran, dan semangat kepada saya. Terima kasih banyak atas masukan dan bimbingannya.
3. Ibu Elita Nur Fitriyani Sulistiyo, S.T., M.Sc. dan Ibu Lutfia Isna Ardhayanti, S.Si., M.Sc. selaku *reviewer* yang memberikan banyak masukan selama proses pengerjaan tugas akhir.
4. Seluruh dosen Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia. Terima kasih untuk bekal ilmu yang telah diberikan, semoga ilmu menjadi berkah.

5. Mba Ratna Widiastuti, S.Kom dan Mas Heriyanto, A.Md. selaku staff Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia yang telah banyak membantu dalam pengurusan seluruh administrasi dari awal hingga akhir.
6. Mas dan Mba laboran yang banyak membantu dalam penelitian di Laboratorium Kualitas Air. Terimakasih untuk ilmunya.
7. Teman-temanku tersayang, Almar R. M., Marwa, Cindy, Erika, Ika, Ayu, Diah, Tatak, Suci, Melsa, Bella, dan Tias yang selalu ada dalam suka maupun duka.
8. Diah, Rima, Citra, Adit, Naufal, Annisa, teman-teman Acara, dan teman-teman Kopuki, terimakasih untuk hari-hari yang menyenangkan, semoga nanti masih bersama.
9. Teman-teman tugas akhir, Ayu, Rere, Kiki, Dina, Fika, Iqbal, Fikir, Iki, Adel, dan Ariko yang sudah saling membantu dan memberi *support* satu sama lain sehingga penelitian menjadi berkesan.
10. Semua pihak yang telah membantu dan tidak dapat disebutkan satu persatu.

Semoga segala kebaikan dan pertolongan semuanya mendapat berkah dari Allah SWT. Dan penulis menyadari sepenuhnya bahwa penulisan laporan memiliki banyak kekurangan. Untuk itu saya dengan kerendahan hati mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari pembaca untuk membangun laporan penelitian ini. Semoga laporan ini dapat bermanfaat.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Yogyakarta, 15 Oktober 2021


Zella Vincandela Regita Yuhaz

ABSTRAK

ZELLA VINANDELA REGITA YUHAZ. Kemampuan Batu Apung dengan *Fe-Coated Pumice* sebagai Adsorben Penyisihan Logam Berat Mn pada Air. Dibimbing oleh EKO SISWOYO, S.T., M.Sc.ES., Ph.D.

Banyak ditemukan logam berat dalam air permukaan dengan konsentrasi tinggi yang dapat mencemari lingkungan dan mengganggu kesehatan tubuh, salah satunya ialah Mangan (Mn). Adsorpsi merupakan salah satu cara yang dapat mengurangi kadar Mn dengan menggunakan berbagai media adsorben. Batu apung diketahui dapat menyerap logam berat hingga mencapai efektifitas yang baik dan relatif berbiaya rendah. Untuk mencapai efektifitas yang tinggi maka dilakukan pelapisan batu apung. Dalam penelitian ini batu apung dicoba dengan dilapisi Besi (Fe). Pengaruh dosis, pH, waktu kontak serta konsentrasi menjadi variasi yang perlu diperhatikan dalam peningkatan pemisahan logam Mn. Hasil akhir dari konsentrasi logam Mn setelah melalui proses adsorpsi dapat diukur dengan Spektroskopi Serapan Atom (SSA), serta mengetahui karakterisasi batu apung melalui *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dan *Fourier Transform Infrared* (FTIR). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa batu apung yang dimodifikasi dengan dilapisi Fe lebih efektif dalam menghilangkan Mn dibandingkan dengan batu apung murni dan batu apung yang terktivasi HCl.

Kata kunci: Adsorpsi, Batu Apung, Besi, Mangan

ABSTRACT

ZELLA VINANDELA REGITA YUHAZ. *Ability of Pumice with Fe-Coated Pumice as Adsorbent for Removal of Mn Heavy Metal in Water. Supervised by EKO SISWOYO, S.T., M.Sc.ES., Ph.D.*

There are many heavy metals in surface water with high concentrations which can explain environmental and health problems, one of which is Manganese (Mn). Adsorption is one way that can reduce Mn levels by using various adsorbent media. Pumice is known to be able to absorb heavy metals up to a good level and relatively low cost. To achieve high effectiveness, pumice stone coating is carried out. In this study, pumice stone was tested with iron (Fe) coating. The effect of dose, pH, contact time, and concentration are variations that need to be considered in increasing the separation of Mn metal. The final result of the concentration of Mn metal after the adsorption process can be measured by Atomic Absorption Spectroscopy (AAS), and to determine the characterization of pumice through Scanning Electron Microscopy (SEM) and Fourier Transform Infrared (FTIR). The results of this study showed that pumice treated with Fe coated was more effective in removing Mn than pure pumice and HCl-activated pumice

Keywords: *Adsorption, iron, manganese, pumice*

DAFTAR ISI

PERNYATAAN	
PRAKATA	v
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Asumsi Penelitian	3
1.6 Ruang Lingkup	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Logam Berat	5
2.2 Pencemaran Air oleh Logam Berat Mn	6
2.3 Adsorpsi	7
2.4 Batu Apung	10
2.5 FTIR	10
2.6 <i>Scanning Electron Microcope (SEM)</i>	11
2.7 <i>Atomic Absorption Spectroscopy (AAS)</i>	12
2.8 <i>Fe-coated pumice</i>	12
2.9 Penelitian Terdahulu	13
BAB 3 METODE PENELITIAN	15
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian	15

3.2 Alat dan Bahan.....	15
3.2.1 Alat	15
3.2.2 Instrumen	15
3.2.3 Bahan	15
3.3 Parameter Penelitian dan Metode Uji.....	17
3.4 Variabel Penelitian	17
3.5 Prosedur Analisis Data	17
3.5.1 Preparasi Adsorben.....	19
3.5.2 Aktivasi dan Modifikasi Adsorben.....	19
3.5.3 Modifikasi Adsorben	20
3.5.4 Karakteristik Adsorben.....	20
3.5.5 Proses Adsorpsi	20
3.5.6 Penentuan Massa Optimum	20
3.6 Penentuan pH Optimum	21
3.7 Analisis Efisiensi Kemampuan Adsorben	21
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1 Karakterisasi Adsorben	23
4.1.1 FTIR (Fourier Transform Infra Red).....	23
4.1.2 SEM.....	26
4.2 Proses aktivasi adsorben.....	27
4.3 Larutan Standar Mn.....	28
4.4 Penentuan Kondisi Optimum.....	29
4.4.1 Penentuan Massa Optimum	29
4.4.2 Penentuan pH Optimum.....	30
4.4.3 Penentuan Waktu Kontak Optimum.....	33
4.4.4 Penentuan Konsentrasi Optimum	36

BAB 5 SIMPULAN DAN SARAN.....	39
5.1 Simpulan.....	39
5.2 Saran.....	39
DAFTAR PUSTAKA	40
LAMPIRAN I PERHITUNGAN.....	45
LAMPIRAN II TABEL KORELASI GUGUS FUNGSI PADA UJI FTIR	47
LAMPIRAN IV DOKUMENTASI.....	55
RIWAYAT HIDUP	57



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitiar terdahulu	24
Tabel 4.1 Data FTIR adsorben sebelum divariasi	24
Tabel 4.2 Data FTIR adsorben sesudah divariasi.....	25
Tabel 4.3 Data Percobaan variasi massa.....	29
Tabel 4.4 Perbandingan data variasi pH	30
Tabel 4.5 Perbandingan data variasi waktu kontak.....	24
Tabel 4.6 Perbandingan data variasi konsentrasi Mn.....	25



DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Diagram prosedur penelitian	18
Gambar 3.2 Diagram alir preparasi adsorben.....	19
Gambar 3.3 Diagram alir penentuan massa optimum.....	21
Gambar 4.1 Hasil uji FTIR terhadap adsorben sebelum dilakukan variasi.....	23
Gambar 4.2 Hasil uji FTIR terhadap adsorben sesudah dilakukan variasi	24
Gambar 4.3 SEM pada <i>raw pumice</i>	26
Gambar 4.4 SEM pada <i>Fe-coated pumice</i>	27
Gambar 4.5 Hubungan antara variasi massa terhadap persentase <i>removal</i> ..	224



DAFTAR LAMPIRAN

1. Perhitungan	44
2. Tabel Korelasi Gugus Fungsi pada Uji FTIR	46
3. Data Spektra.....	50
4. Dokumentasi	54



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Ketersediaan air yang cukup secara kuantitas, kualitas dan kontinuitas sangat penting untuk kelangsungan hidup. Akan tetapi, pelayanan air bersih belum dirasakan secara merata oleh sebagian besar masyarakat sehingga masih menggunakan air tanah sebagai sumber air bersih. Air tanah pada umumnya tergolong bersih dilihat dari segi mikrobiologis, namun kadar kimia air tanah tergantung dari formasi litosfir yang dilaluinya atau mungkin adanya pencemaran dari lingkungan sekitar. Mangan (Mn) merupakan salah satu logam berat yang menjadi bahan pencemar yang dapat merusak lingkungan dan mengganggu kesehatan manusia. Air dengan kandungan mangan (Mn) dalam jumlah berlebih dapat menimbulkan warna (coklat/ungu/hitam), rasa, dan kekeruhan (Fauziah, 2010).

Untuk menghindari bahan pencemar yang berbahaya maka dilakukan penelitian dan studi literatur untuk menganalisis efektifitas penyisihan logam berat mangan (Mn) pada air tanah menggunakan adsorben batu apung yang dilapisi logam besi (Fe). Untuk menyisihkan logam Mn dalam air, salah satu pengolahannya dapat menggunakan metode adsorpsi. Proses adsorpsi dengan menggunakan mineral alami seperti zeolit, dolomit, perlit dan batu apung sebagai adsorben low-cost mendapat perhatian khusus karena selain harga yang relatif murah juga tersedia dalam jumlah yang berlimpah (Khorzughy dan Sara, 2015).

Batu apung merupakan jenis batuan yang mengandung buih yang terbuat dari gelembung berdinding gelas, berwarna terang dan sering disebut sebagai batuan gelas vulkanik silikat. Batu apung memiliki banyak kapiler halus, dan struktur yang berpori, sehingga akan terjadi proses adsorpsi pada adsorbat (Endahwati, 2011). Beberapa penelitian telah dilakukan terkait kemampuan adsorpsi batu apung Sungai Pasak, Pariaman dalam menyisihkan berbagai parameter pencemar seperti logam besi (Hasibuan, 2014), mangan (Pratiwi, 2014), nitrat (Sari, 2016), nitrit (Abdullah, 2016), kromium (Marchelly, 2016), tembaga (Farnas, 2016), dan seng (Zarli, 2016)

dari air tanah dengan efisiensi penyisihan berkisar 10-80%. Khusus untuk penyisihan logam Mn diperoleh efisiensi sebesar 56% (Adha, 2017).

Pada penelitian Humaedi (2012) telah diamati bahwa adsorben batu apung dalam kondisi setelah diaktifasi mempunyai kemampuan menyerap ion-ion logam sebesar 66-99.5%, sedangkan adsorben yang tidak diaktifasi dapat menyerap sebesar 55-89%. Beberapa keunggulan dari pemanfaatan batu apung sebagai media adsorpsi yaitu ekonomis, ramah lingkungan, dan aplikasi dilapangan yang mudah untuk dilakukan serta sederhana. Batu apung merupakan batuan yang mengandung banyak pori-pori yang berukuran mikro dan mineral silikat yang sangat baik dalam proses penyerapan banyak mengandung unsur-unsur logam didalam limbah cair.

Kemampuan mineral alami sebagai adsorben telah diuji dalam beberapa penelitian, namun kadangkala efisiensinya masih relatif rendah sehingga perlu dilakukan modifikasi untuk meningkatkan kemampuan adsorben tersebut salah satunya dengan *Fe-coated pumice* dalam penyisihan logam Mn pada air tanah. Batu apung berlapis besi merupakan adsorben alternatif yang efisiensi penyisihan konsentrasi Mn dapat meningkat dengan baik dan berbiaya rendah, oleh karena itu dapat berfungsi sebagai bahan yang efektif dan efisien untuk mengolah air tanah.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana kondisi pH, waktu kontak, konsentrasi, dan dosis dalam penurunan Mn dengan *Fe-coated pumice*?
2. Apakah penggunaan *Fe-coated pumice* lebih efektif untuk menurunkan kadar Mn dibandingkan dengan batu apung biasa?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini antara lain:

1. Mengidentifikasi kondisi optimum pH, waktu kontak, konsentrasi, dan dosis dalam penurunan Mn dengan *Fe-coated pumice*.

2. Mengidentifikasi adsorben yang lebih efektif dalam menurunkan kandungan logam berat mangan (Mn).

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat pada penelitian ini antara lain:

1. Penelitian ini dapat memberikan informasi ilmiah perihal kandungan logam berat mangan (Mn) pada air.
2. Meningkatkan kemampuan adsorpsi batu apung dalam pengolahan air.
3. Hasil dari penelitian ini dapat dijadikan bahan referensi guna memanfaatkan batu apung sebagai media adsorbansi.

1.5 Asumsi Penelitian

Berdasarkan uraian pada tinjauan pustaka dan landasan teori, maka dalam penelitian ini diasumsikan bahwa batu apung yang diaktivasi HCl dan dimodifikasi dengan dilapisi besi (Fe) dapat menyerap logam mangan (Mn) dengan efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan batu apung yang tidak diaktivasi.

1.6 Ruang Lingkup

Terdapat ruang lingkup pada penelitian ini, yaitu:

1. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kualitas Air Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Kampus terpadu Universitas Islam Indonesia.
2. Variasi yang dianalisis dalam menentukan optimum penghilangan logam Mn ialah massa, pH, waktu kontak, dan konsentrasi.
3. Pengujian kadar Mn mengacu pada SNI 6989.5:2009 tentang Cara Uji Mangan (Mn) Secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) – nyala.
4. Pengujian adsorben batu apung dianalisa menggunakan *Fourier Transform Infrared* (FTIR) dan *Scanning Electron Microscope* (SEM).
5. Air limbah yang digunakan yaitu air limbah sintesis (buatan) yang mengandung ion logam mangan dengan konsentrasi 10, 25, 50, 75, dan 100 mg/L.
6. Variabel penelitian dilakukan pada:

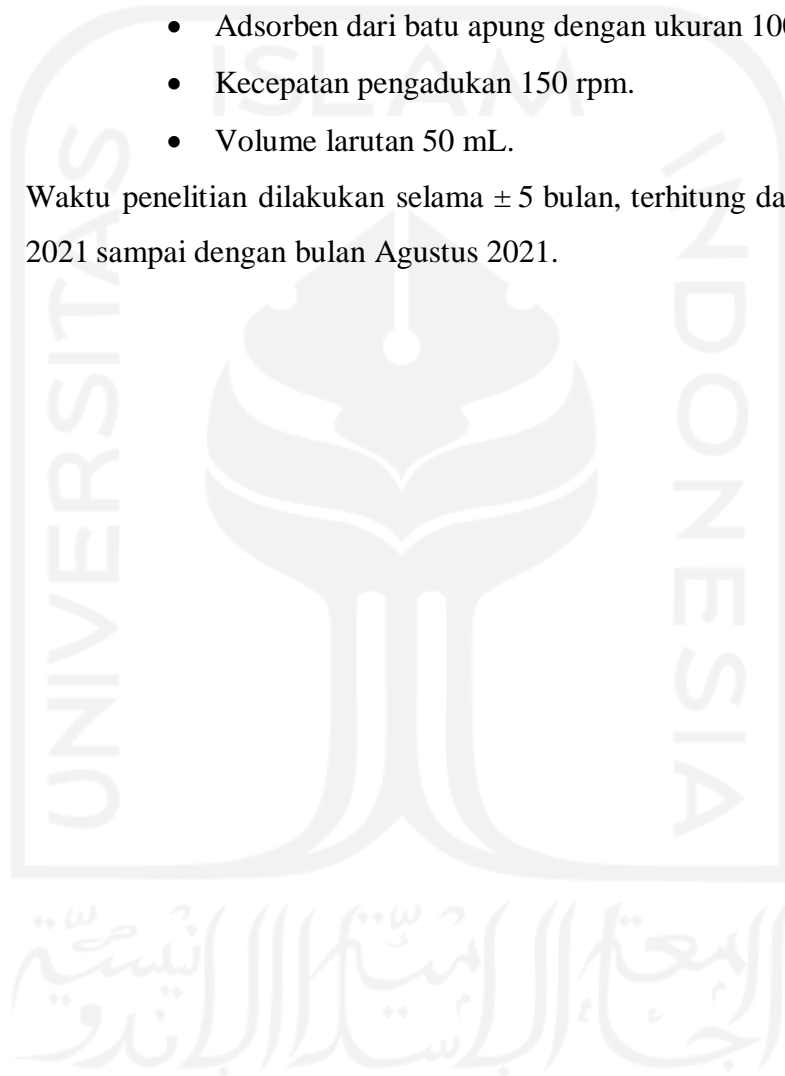
a) Variabel bebas

- Dosis adsorben : 0, 25, 50, 705, dan 100 g/L
- pH : 7
- Waktu kontak : 30, 60, 90, 120, dan 150 menit.
- Konsentrasi Mn : 10, 25, 50, 75, dan 100 mg/L

b) Variabel terikat

- Adsorben dari batu apung dengan ukuran 100 Mesh.
- Kecepatan pengadukan 150 rpm.
- Volume larutan 50 mL.

7. Waktu penelitian dilakukan selama \pm 5 bulan, terhitung dari bulan April 2021 sampai dengan bulan Agustus 2021.



BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Logam Berat

Logam berat merupakan salah satu jenis zat polutan lingkungan yang paling umum dijumpai dalam perairan. Terdapatnya kandungan logam berat dalam organisme mengindikasikan adanya sumber logam berat yang berasal dari alam atau dari aktivitas manusia (Mohiuddin, et al., 2011).

Kandungan logam berat pada kondisi waktu sesudah hujan akan lebih tinggi dibandingkan dengan kondisi waktu sebelum hujan, hal yang sama juga dilakukan oleh Marzieh (2010). Pada pH asam, logam berat menjadi mudah larut dalam air tanah, sehingga konsentrasi logam dalam air tanah menjadi meningkat (Fatmawinir, et al., 2015). Saat logam berat masuk ke dalam tubuh dengan jumlah yang berlebih, maka logam berat tersebut akan berubah fungsi menjadi racun bagi tubuh (Palar, 2004).

Terdapat zat-zat mineral dalam konsentrasi tinggi, antara lain magnesium, kalsium, dan logam berat seperti mangan dan besi. Sehingga apabila menggunakan air sadah untuk kegiatan mencuci, maka sabun tidak akan berbusa dan bila diendapkan akan membentuk endapan seperti tekstur kerak (Chandra, 2007). Mangan tidak bersifat toksik tetapi keberadaan mangan dapat mempengaruhi kadar unsur toksik lainnya di perairan seperti logam berat (Effendi, 2003).

Mangan termasuk dalam unsur logam golongan VII, dengan titik lebur 1247°C, berat atom 54.93, dan dengan titik didih 2032°C (BPPT, 2004). Mangan merupakan jenis metal berwarna kelabu-kemerahan. Pada umumnya mangan ditemui dalam bentuk senyawa dengan berbagai macam valensi. Air yang mengandung logam Mn dengan jumlah yang banyak dapat menimbulkan kekeruhm, warna (coklat/ungu/hitam), dan rasa (Fauziah, 2010).

Mangan mengandung toksisitas yang relatif dapat tampak pada konsentrasi yang rendah. Kandungan mangan yang diperbolehkan pada air untuk kebutuhan domestik yaitu dibawah 0.05 mg/l. Mangan terlarut dengan konsentrasi ± 1 mg/l

pada umumnya berasal dari tambang asam. Akan terbentuk mangan yang tidak larut seperti pada MnO_2 , Mn_3O_4 atau $MnCO_3$ meskipun oksidasi dari Mn^{2+} itu berjalan relatif lambat pada kondisi pH tinggi (kondisi basa) pada kondisi aerob (Achmad, 2004).

2.2 Pencemaran Air oleh Logam Berat Mn

Pada Peraturan Pemerintah No. 28 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air telah di jelaskan mengenai pengertian pencemaran air. Pasal 1 ayat (11) berbunyi: “Pencemaran air adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia, sehingga kualitas air dapat turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya”.

Unsur kimia mangan dalam tabel periodik diketahui mangan memiliki nomor atom 25, berwarna silver metalik, beraifat sangat rapuh dan keras. Logam Mangan dalam jumlah yang banyak dapat menimbulkan keracunan kronis pada manusia hingga berdampak muka menjadi kusam, menimbulkan lemah pada kaki, dan dampak lanjutan bagi manusia yang keracunan kandungan Mn adalah bicara yang lambat dan terkena hyperrefleksi (Nainggolan dkk, 2011). Mangan logam termasuk dalam unsur pertama logam golongan VIIB, berwarna abu-abu keperakan, memiliki berat atom 54.94 g/mol, dan berat jenis 7.43 g/cm (Hartini, 2012).

Mangan (Mn) adalah kation logam yang memiliki karakteristik kimia serupa dengan kation logam besi. Mangan berada dalam bentuk Manganous (Mn^{2+}) dan Manganik (Mn^{4+}). Didalam tanah, Mn^{4+} berada dalam bentuk senyawa mangan dioksida. Kadar Mangan pada perairan alami sekitar 0,2 mg/l. Kadar yang lebih besar dapat terjadi pada air tanah dalam dan pada danau yang berada pada posisi lebih dalam. Perairan asam dapat mengandung Mn dengan jumlah sekitar 10-150 mg/l, Perairan Laut mengandung Mn dengan jumlah sekitar 0,002 mg/l. Kadar Mn pada perairan tawar sangat bervariasi antara 0,002 mg/l sampai lebih dari 4,0 mg/l. Perairan bagi irigasi pertanian untuk tanah yang bersifat asam sebaliknya memiliki kadar mangan sekitar 0,2 mg/l (Effendi, 2003).

Endapan MnO_2 akan memberikan warna/noda pada suatu bahan/benda yang berwarna putih. Konsentrasi batas atas akhir dari usaha penghilangan Mn yakni 0,5 mg/l. Saat konsentrasi melebihi batas, dapat menimbulkan bau dan rasa pada minuman, bersifat toksik pada alat pernapasan. Mangan yang terlarut, berbentuk Mn^{2+} dari bahan-bahan organik dalam air bersih dapat menimbulkan berbagai pengaruh negatif seperti menyebabkan, menyebabkan noda berwarna kecoklatan pada pakaian, dan dapat menimbulkan noda pada produk-produk industri seperti tekstil, kertas, dan lain-lain. Konsentrasi Mn yang lebih besar dari 0,5 mg/l dapat menyebabkan rasa yang aneh pada minuman dan meninggalkan warna kecoklatan pada pakaian cucian, dan dapat juga menyebabkan kerusakan pada hati. Konsentrasi standar maksimum yang ditetapkan DepKes RI untuk Mn ini adalah sebesar 0,05 – 0,5 mg/l adalah merupakan batas maksimal yang diperbolehkan (Sutrisno, 2004).

Juga disampaikan oleh Peraturan Menteri Kesehatan Nmor 416 Tahun 1990 tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Air Minum dan Air Bersih disebutkan bahwa kadar maksimum logam Mn dalam air minum sebesar 0.1 mg/l dan air bersih sebesar 0.5 mg/l. Tingginya kadar Mn pada air sumur dimungkinkan karena terdapat gas-gas yang biasa terlarut dalam air sehingga dapat menyebabkan korosif. Konsentrasi mangan yang lebih dari 0.5 mg/l akan berpengaruh buruk terhadap kesehatan dan lingkungan. Di sisi lain Mn dalam jumlah berlebih dapat menyebabkan kerusakan pada hati.

2.3 Adsorpsi

Adsorpsi merupakan proses penggumpalan substansi terlarut dalam larutan oleh permukaan zat penyerap yang membuat masuknya bahan dan mengumpul dalam suatu zat penyerap. Pada Adsorpsi ada yang disebut dengan Adsorben dan Adsorbat, Adsorbat merupakan zat yang diserap sedangkan Adsorben merupakan zat penyerap (Giyatmi, 2008).

Adsorben merupakan zat padat yang dapat menyerap komponen tertentu dari suatu fase fluida. Adsorben pada umumnya menggunakan bahan-bahan yang memiliki pori-pori besar sehingga proses adsorpsi terjadi di pori-pori atau pada letak-letak tertentu di dalam partikel tersebut. Pada umumnya pori-pori yang

terdapat di adsorben biasanya dalam ukuran sangat kecil, sehingga luas permukaan dalam menjadi lebih besar daripada permukaan luarnya. Pemisahan terjadi karena ada perbedaan bobot molekul atau karena perbedaan polaritas yang menyebabkan sebagian molekul melekat pada permukaan tersebut menjadi lebih erat daripada molekul lain (Saragih, 2008).

Adsorpsi merupakan suatu proses yang sangat berkaitan dengan permukaan adsorben, dimana adanya interaksi antara molekul padatan dengan molekul-molekul cairan / gas. Interaksi ini terjadi karena adanya gaya tarik antara molekul atau atom yang menutupi permukaan tersebut. Permukaan yang menyerap molekul-molekul adsorbat dapat disebut adsorben, sedangkan molekul yang terikat pada bagian antar muka disebut adsorbat (Permana, 2014).

Proses adsorpsi dapat terjadi jika terjadi kontak antara adsorbat dengan molekul padatan atau molekul gas atau cair, sehingga di dalamnya terjadi gaya gaya hidrostatis dan gaya ikatan hidrogen atau gaya kohesif. Gaya-gaya yang tidak seimbang menyebabkan perubahan-perubahan konsentrasi molekul pada interface solid/fluida. Molekul fluida yang terakumulasi/melekat disebut adsorbat, sedangkan molekul fluida yang diserap tetapi tidak terakumulasi/melekat ke permukaan adsorben disebut adsorptif (Ginting, 2008).

Proses dari adsorpsi menunjukkan bahwa molekul akan meninggalkan larutan dan menempel pada permukaan zat adsorben yang disebabkan oleh reaksi kimia dan fisika. Proses lima adsorpsi tergantung pada sifat antar molekul yang diserap, sifat zat padat dari adsorben, temperatur, konsentrasi, dan lain sebagainya (Khairunisa, 2008).

Menurut Widayanto, et al. (2017), adsorpsi dipengaruhi oleh 8 faktor berikut:

1. Faktor adsorben
 - a. Adsorben polar (memiliki daya serap yang besar pada aldehid, asam karboksilat, dan keton).
 - b. Adsorben non polar (memiliki daya serap yang besar pada senyawa yang memiliki sifat basa dan amina).
 - c. Adsorben basa (memiliki daya serap yang besar pada senyawa yang memiliki sifat asam).
2. Faktor adsorbat

Hasil adsorpsi akan lebih cepat dan lebih banyak jika zat yang diadsorpsi merupakan zat elektrolit, dibandingkan dengan larutan non elektrolit. Dikarenakan larutan elektrolit terionisasi sehingga di dalam larutan terdapat ion dengan muatan yang berlawanan yang dapat menyebabkan gaya tarik menarik semakin besar.

3. Faktor konsentrasi

Saat konsentrasi semakin besar, maka jumlah solute yang teradsorpsi akan semakin besar. Hal ini sesuai dengan persamaan Freundlich, dengan rumus:

$$\frac{x}{M} = K \dots\dots\dots(1)$$

Dimana:

X = berat teradsorpsi

M = berat adsorben

K = konstanta

4. Faktor luas permukaan

Efisiensi adsorpsi akan menjadi lebih tinggi saat permukaan adsorben semakin luas, karena kemungkinan zat yang terjerap pada permukaan adsorben akan bertambah.

5. Faktor tekanan

Adsorbat akan lebih cepat teradsorpsi, jika tekanan diperbesar. Hal ini dikarenakan tekanan dapat meningkatkan jumlah zat yang teradsorpsi.

6. Faktor daya larut terhadap adsorben

Adsorpsi akan meningkat jika daya larut terhadap adsorben semakin tinggi. Hal ini dapat terjadi karena gaya untuk melarutkan adsorbat berlawanan dengan gaya tarik adsorben terhadap adsorbat.

7. Faktor koadsorpsi

Daya serap adsorpsi terhadap adsorbat akan lebih tinggi jika adsorben telah mengadsorpsi suatu zat dari pada daya adsorpsi awal.

8. Pengadukan

Semakin cepat pengadukan, maka adsorben dan adsorbat akan saling bertumbukan sehingga dapat mempercepat proses penyerapan.

2.4 Batu Apung

Batu apung adalah jenis batuan yang mengandung buih yang terbuat dari gelembung berdinging gelas dan biasanya disebut juga sebagai batuan gelas vulkanik silikat serta memiliki sifat berwarna terang. Batu apung memiliki ciri dengan struktur yang berpori dan mengandung banyak sekali kapiler-kapiler yang halus, sehingga adsorbat akan teradsorpsi (Endahwati, 2011). Batu apung dikenal sebagai adsorben yang efektif untuk menghilangkan bahan organik dan logam berat (Deniz, 2017).

Batu apung dapat memiliki sifat basa atau asam berdasarkan proporsi kandungan silika dan aluminanya. Kandungan silika tinggi membuat batu apung bersifat abrasif. Porositas yang tinggi dan kekayaan kandungan alumina dan silika menjadikan batu apung potensial untuk dimanfaatkan sebagai adsorben, filterbed, dan bahan pendukung dalam pengolahan air dan air limbah (Handayani, 2019).

Hasil pengamatan dari Humaedi (2012) menyatakan bahwa media adsorpsi (serapan) dari batu apung setelah diaktifasi mempunyai kemampuan menyerap ion-ion logam sebesar 66-99.5%, sedangkan yang tidak diaktifasi sebesar 55-89%. Keunggulan dari pemanfaatan batu apung yang digunakan sebagai adsorben ialah ekonomis, ramah lingkungan, dan aplikasi dilapangan yang sederhana dan mudah. Batu apung merupakan batuan yang mengandung banyak mineral silikat dan pori-pori yang berukuran mikro yang sangat baik dalam proses penyerapan logam (Rosda, 2011).

2.5 FTIR

Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) atau spektroskopi inframerah merupakan instrumen yang digunakan untuk mengukur resapan radiasi inframerah pada berbagai panjang gelombang (Fessenden, 1982). Radiasi inframerah terletak pada spektrum elektromagnetik antara daerah visibel dan daerah *microwave* (gelombang mikro). Penggunaannya paling banyak untuk kimia organik dengan batas panjang gelombang yaitu antara 4000 dan 400 cm^{-1} . Spektrum vibrasi tampak seperti bentuk pita. Ada dua tipe vibrasi molekuler yaitu *stretching* dan *bending*. Hanya vibrasi yang menghasilkan perubahan secara ritmik pada momen dipol yang diobservasi dalam IR (Silverstein, 2005).

Penggunaan interferometer Michelson memberikan keunggulan metode FTIR dibandingkan metode spektroskopi inframerah konvensional maupun metode spektroskopi yang lain. Salah satu disebabkan karena adanya informasi struktur molekul dapat diperoleh secara tepat dan akurat (memiliki resolusi yang tinggi). Keuntungan yang lain dari metode ini yaitu dapat digunakan untuk mengidentifikasi sampel dalam berbagai fase (gas, padat atau cair). Kesulitan-kesulitan yang ditemukan dalam identifikasi dengan spektroskopi FTIR dapat ditunjang dengan data yang diperoleh dengan menggunakan metode spektroskopi lainnya (Sankari, 2010).

Daerah antara $1400\text{-}4000\text{ cm}^{-1}$ pada bagian kiri spektrum inframerah merupakan daerah khusus untuk mengidentifikasi gugus-gugus fungsional dimana daerah absorpsi diakibatkan oleh *stretching*. Daerah disebelah kanan pada gelombang 1400 cm^{-1} 9 seringkali rumit karena absorpsi disebabkan oleh adanya *stretching* dan *bending*. Dalam daerah ini biasanya hubungan antara pita serapan dan gugus fungsional spesifik tidak dapat diamati dengan cermat. Namun, suatu senyawa pasti memiliki resapan tertentu yang unik di daerah ini sehingga disebut dengan *fingerprint region* (daerah sidik jari). Meskipun pada bagian kiri suatu spektrum sama dengan senyawa-senyawa yang mirip, daerah sidik jari juga penting untuk memutuskan kedua senyawa tersebut sama (Fessenden, 1982).

Instrumen Fourier Transform Infrared Spectrometer (FTIR) berdasarkan pada interferometer terdiri dari beam splitter, cermin diam, dan cermin bergerak. Sinar radiasi yang berasal dari sumber melewati beam splitter dan terbagi menjadi dua berkas yang direfleksikan pada cermin yang diam dan berkas lainnya direfleksikan pada cermin yang bergerak tegak lurus. Cermin kemudian merefleksikan kembali radiasi pada beam splitter berulang kali sehingga menghasilkan satu berkas yang sampai pada detektor dan berkas yang lain kembali ke sumber (Stuart, 2004).

2.6 Scanning Electron Microscope (SEM)

Scanning Electron Microscope (SEM) adalah salah satu jenis mikroskop elektron yang menggunakan berkas elektron untuk menggambarkan bentuk permukaan dari material yang dianalisis. Prinsip kerja dari SEM ini adalah dengan

menggambarkan permukaan benda atau material dengan berkas *electron* yang dipantulkan dengan energi tinggi. Permukaan material yang disinari atau terkena berkas *electron* akan memantulkan kembali berkas *electron* atau dinamakan berkas *electron* sekunder ke segala arah. Tetapi dari semua berkas *electron* yang dipantulkan terdapat satu berkas *electron* yang dipantulkan dengan intensitas yang paling tinggi. *Detector* yang terdapat di dalam SEM akan mendeteksi berkas *electron* berintensitas tertinggi tersebut yang dipantulkan oleh benda atau material yang dianalisis. Elektron memiliki resolusi yang lebih tinggi daripada cahaya. Cahaya hanya mampu mencapai 200 nm sedangkan elektron bisa mencapai resolusi sampai 0,1 – 0,2 nm (Mandelejev, 2012).

2.7 Atomic Absorption Spectroscopy (AAS)

Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) atau Spektroskopi Serapan Atom (SSA) merupakan instrumen dengan metode analisis kerja untuk menganalisa dan menentukan konsentrasi suatu sampel unsur logam dengan ketepatan, selektivitas, dan ketelitian yang tinggi. Dijelaskan bahwa AAS ini merupakan metode yang sangat tepat untuk dapat menganalisis zat pada konsentrasi rendah (Khopkar, 1990).

Penyerapan energi pada instrumen AAS akan menyebabkan elektron atom akan tereksitasi ke tingkat energi yang lebih tinggi (*excited state*). Untuk merubah seluruh atom ke tingkat energi yang lebih tinggi diperlukan suhu yang lebih tinggi (Hendayana et al, 1994).

2.8 Fe-coated pumice

Dalam meningkatkan kemampuan adsorpsi perlu dilakukan modifikasi terhadap adsorben batu apung. Secara kimia dapat dilakukan dengan perendaman adsorben menggunakan senyawa asam atau basa seperti HCl, H₂SO₄ dan NaOH (Mandasari dan Alfani, 2016), dengan tujuan untuk menghilangkan zat pengotor yang menyumbat pori-pori adsorben, sehingga pori-pori adsorben semakin besar (Danarti dan Samun, 2008). Selain itu modifikasi secara kimia dapat dilakukan dengan melapisi adsorben menggunakan logam seperti Fe, Al, dan Mg (Far et al, 2012). Perlakuan ini dapat memperbaiki struktur dan menambah jumlah pori-pori

pada permukaan adsorben, sehingga meningkatkan luas permukaan spesifik adsorben (Chaudhuri, 1997).

Beberapa penelitian yang telah dilakukan menunjukkan adsorben yang sudah dimodifikasi memiliki efisiensi adsorpsi yang cukup tinggi. Batu apung yang dimodifikasi dengan dilapisi besi bervalensi nol skala nano jauh lebih efektif untuk menghilangkan merkuri (II) dan kromium (VI) dari air limbah (Liu et al, 2014). Sementara dalam penelitian Deniz (2014) mengatakan bahwa penghilangan Mn meningkat secara signifikan dalam sistem komposit batu apung yang terlapis Fe dengan konsentrasi awal 52.3% menjadi hampir 100%. Batu apung memiliki permukaan yang tidak beraturan, berpori, dan kasar yang menunjukkan kapasitas adsorpsi tinggi sehingga larutan Fe akan terjerap pada permukaan batu apung yang tidak teratur ini. Partikel nano besi berhasil terjerap di permukaan batu apung sebagaimana dikonfirmasi oleh EDX bahwa kandungan Fe meningkat menjadi 3.4% (Deniz et al, 2014).

2.9 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu bertujuan untuk mendapatkan bahan perbandingan dan acuan. Maka dalam kajian pustaka ini peneliti mencantumkan hasil-hasil penelitian terdahulu yang tertera pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

NO	Sumber	Topik Penelitian	Hasil
1	Deniz & Meric (2017)	<i>Manganese adsorption by iron impregnated pumice composite</i>	Penghilangan Mn meningkat secara signifikan dalam sistem komposit Fe-batu apung. Penghapusan efisiensi konsentrasi Mn awal 20 mg/L meningkat dari 52,3% menjadi hampir 100%.

2	Indah & Helard (2016)	<i>Evaluation of iron and manganese-coated pumice from Sungai Pasak, West Sumatera, Indonesia for the removal of Fe (II) and Mn (II) from aqueous solutions</i>	Batu apung berlapis besi terbukti memiliki efisiensi penyisihan yang tinggi dari dua ion dengan lebih dari 84% Fe(II) dan 72% Mn (II)
3	Asgari, et al (2012)	<i>Catalytic ozonation of phenol using copper coated pumice and zeolite as catalysts</i>	Zeolit dan batu apung yang dimodifikasi tembaga memiliki kinerja yang baik dalam menghilangkan fenol melalui ozonasi katalitik yang dapat digunakan sebagai katalis dalam air dan aplikasi pengolahan air limbah.
4	Zukria (2012)	Analisis logam-logam pada batu apung dan modifikasinya serta uji adsorpsinya pada larutan asam asetat	Kadar logam Fe, Mg, Cr, Ca, dan Mn yang dimodifikasi dengan perendaman HCl mengalami peningkatan.

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan selama 5 bulan, terhitung dari bulan April 2021 sampai dengan bulan Agustus 2021. Lokasi penelitian ini dilakukan di Laboratorium kualitas air Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat yang digunakan selama penelitian ialah :

- | | |
|-------------------------|---------------------------------------|
| 1. Ayakan 100 mesh | 11. Neraca analitik |
| 2. Cawan | 12. <i>Hot plate magnetic stirrer</i> |
| 3. Corong kaca | 13. Orbital shaker |
| 4. Desikator | 14. Oven listrik |
| 5. Erlenmeyer 50 mL | 15. pH meter |
| 6. Filter paper | 16. Pipet tetes |
| 7. Gelas beaker 1000 mL | 17. Pipet ukur |
| 8. <i>Grindmill</i> | 18. Sendok |
| 9. Kaca arloji | |
| 10. Labu ukur 50 mL | |

3.2.2 Instrumen

1. *Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS)*
2. *Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)*

3.2.3 Bahan

Bahan yang digunakan selama penelitian ialah :

1. Aquadest
2. Batu apung

3. Larutan $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.5 M
4. Larutan standar Mn 1000 ppm
5. Larutan uji Mn 10 ppm
6. Larutan NaOH 1 M
7. Larutan HNO_3 pekat
8. Larutan HNO_3 1 M
9. Larutan HCl pekat

3.3 Parameter Penelitian dan Metode Uji

Parameter yang akan diuji dalam penelitian ini adalah kandungan logam mangan (Mn). Penelitian ini mengacu pada SNI 6989.5:2009 tentang Cara Uji Mangan (Mn) Secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) – nyala.

3.4 Variabel Penelitian

Variabel penelitian meliputi variabel bebas dan variabel terikat sebagai berikut:

a. **Variabel Bebas**

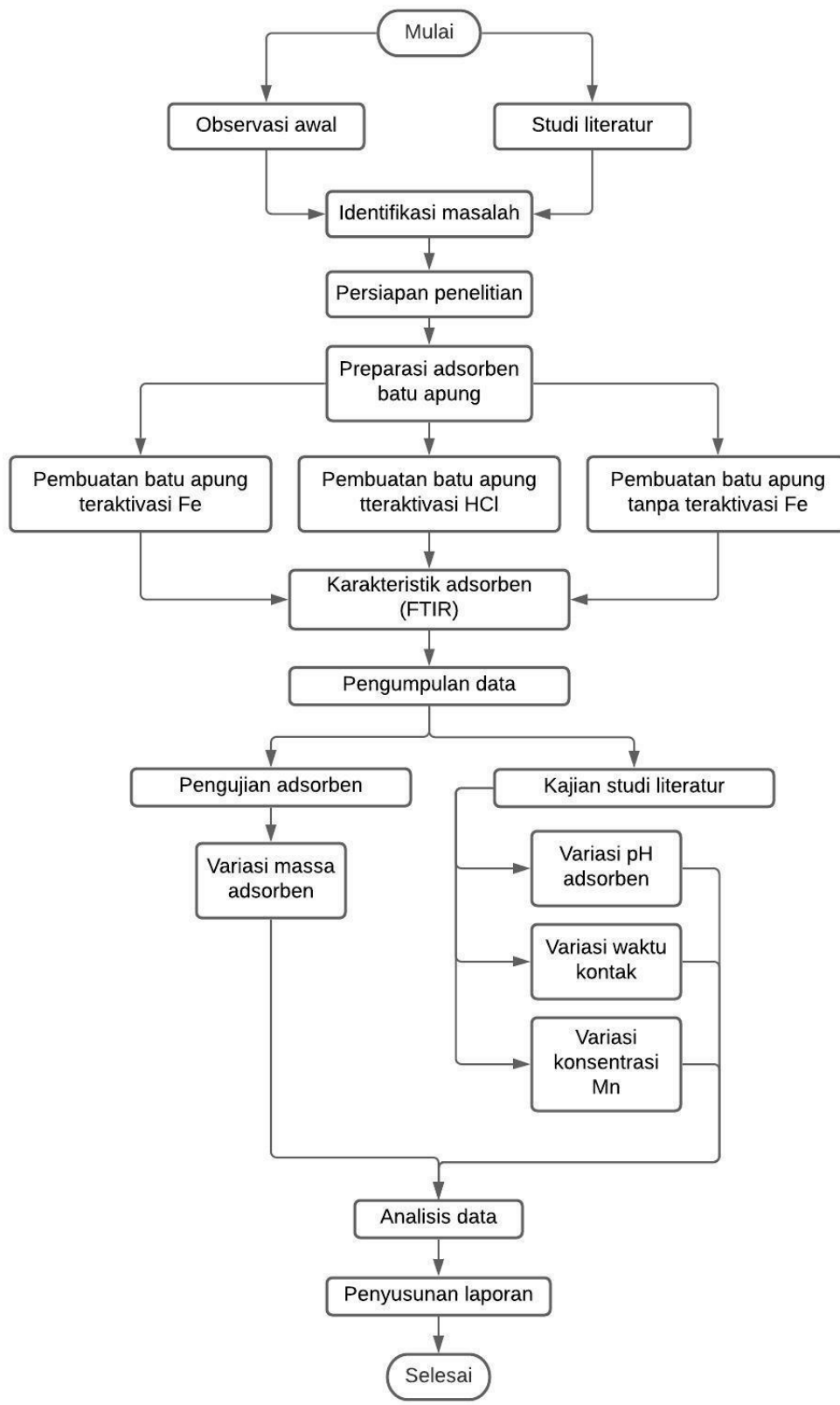
2. pH : 6, 7, 8, 9, dan 10.
3. Waktu kontak : 120 menit.
4. Konsentrasi : 10 mg/L.
5. Dosis adsorben : 25 g/L.

b. **Variabel Terikat**

1. Adsorben dari batu apung dengan ukuran 100 Mesh.
2. Kecepatan pengadukan 150 rpm.
3. Volume larutan 50 mL.

3.5 Prosedur Analisis Data

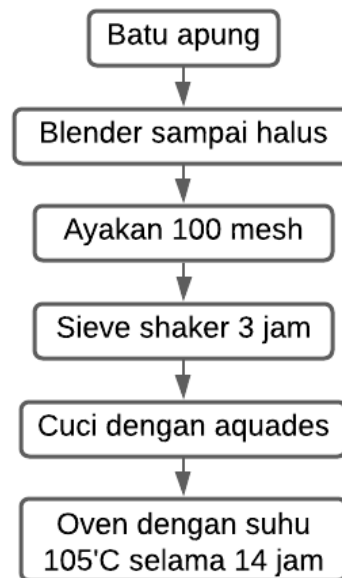
Prosedur penelitian secara umum dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram prosedur penelitian

3.5.1 Preparasi Adsorben

Preparasi adsorben dilakukan dengan cara menghaluskan batu apung dan diayak dengan ayakan berukuran 100 Mesh. Kemudian batu apung yang sudah halus dicuci menggunakan aquades lalu dikeringkan menggunakan oven bersuhu 105°C selama 24 jam. Batu apung yang sudah kering siap untuk diaktivasi. Diagram alir preparasi dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Diagram alir preparasi adsorben

3.5.2 Aktivasi dan Modifikasi Adsorben

Setelah melawati tahap preparasi dan mendapatkan *raw pumice*, kemudian dilakukan aktivasi adsorben dengan tujuan untuk menghilangkan pengotor dari logam-logam yang terkandung dalam batu apung sebelumnya sehingga memperbesar pori-pori dan dapat meningkatkan kemampuan adsorpsi. *Raw pumice* direndam dalam erlenmeyer berisi HCl 37% selama 24 jam. Kemudian dicuci beberapa kali dengan aquades hingga mencapai pH 5. Batu apung yang telah diaktivasi oleh HCl 37% ini diberi nama sampel sebagai *HCl coated pumice*. Kemudian *HCl coated pumice* direndam dalam aquades selama 24 jam dan dikeringkan pada suhu 105°C dalam oven selama 24 jam. *HCl coated pumice* selanjutnya dapat digunakan pada proses modifikasi batu apung.

3.5.3 Modifikasi Adsorben

Adsorben yang telah dilapisi oleh HCl kemudian dilakukan modifikasi guna untuk meningkatkan kapasitas penyisihan logam Mn. HCl *coated pumice* kemudian diberi pelapis dengan larutan $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ke dalam gelas beaker yang telah ditambah akuades 200 mL. pH larutan diatur sampai menjadi 7 dengan menambahkan larutan NaOH dan direndam selama 24 jam. Kemudian gelas beaker tersebut ditempatkan dalam keadaan statis pada suhu laboratorium ($25 \pm 1^\circ\text{C}$) selama 72 jam dan kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama 24 jam. Sampel ini dinamakan *Fe-coated pumice*.

3.5.4 Karakteristik Adsorben

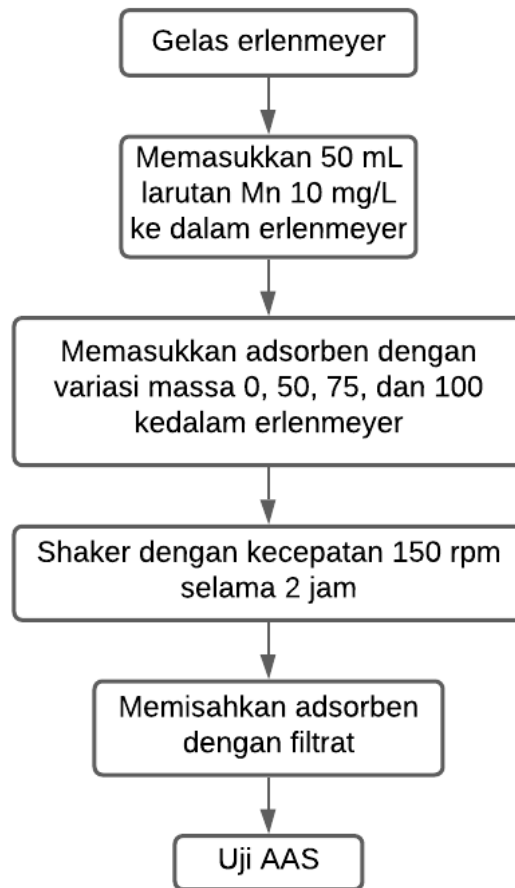
Karakteristik adsorben dapat diketahui dengan menggunakan instrumen *Fourier Transform InfraRed (FTIR)* yang berfungsi untuk mengetahui perubahan bentuk spektrum gugus pada adsorben dan studi literatur terkait *Scanning Electron Microscope (SEM)* yang berfungsi untuk mengetahui mikrostruktur (termasuk porositas dan bentuk retakan) pada permukaan adsorben. Pengujian kemampuan adsorpsi batu apung dilakukan pada penentuan optimasi kondisi massa adsorben dan studi literatur pada penentuan optimasi kondisi pH, waktu kontak, dan konsentrasi baik oleh adsorben batu apung yang teraktivasi maupun tidak teraktivasi (sebagai pembanding).

3.5.5 Proses Adsorpsi

Proses adsorpsi dapat dilakukan dengan penimbangan massa adsorben, pengaturan pH, penyisihan adsorben dengan air, pengenceran larutan, dan pengujian dengan instrument *Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS)*.

3.5.6 Penentuan Massa Optimum

Dosis optimum fiber adsorben dilakukan dengan menggunakan larutan yang mengandung mangan (Mn) buatan 10 ppm dalam kondisi setimbang pH netral yaitu 7, waktu kontak 120 menit, dan variasi dosis 0 mg, 25 mg, 50 mg, 75 mg, dan 100 mg. Langkah-langkah pengujian dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Diagram alir penentuan massa optimum

3.6 Penentuan pH Optimum

Pada penentuan pH optimum, waktu kontak optimum, dan konsentrasi optimum dilakukan dengan kajian studi literatur dari penelitian-penelitian sebelumnya terkait adsorpsi logam berat (Mn) oleh batu apung.

3.7 Analisis Efisiensi Kemampuan Adsorben

Penentuan efisiensi pada penyisihan logam Mn dapat dicari dengan persamaan berikut (Sethu et al, 2010) :

$$\%R = \frac{C_{in}-C_{out}}{C_{in}} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

R = Penyisihan

Cin = Konsentrasi mula-mula logam (mg/L)

Cout = Konsentrasi akhir logam (mg/L)



BAB 4

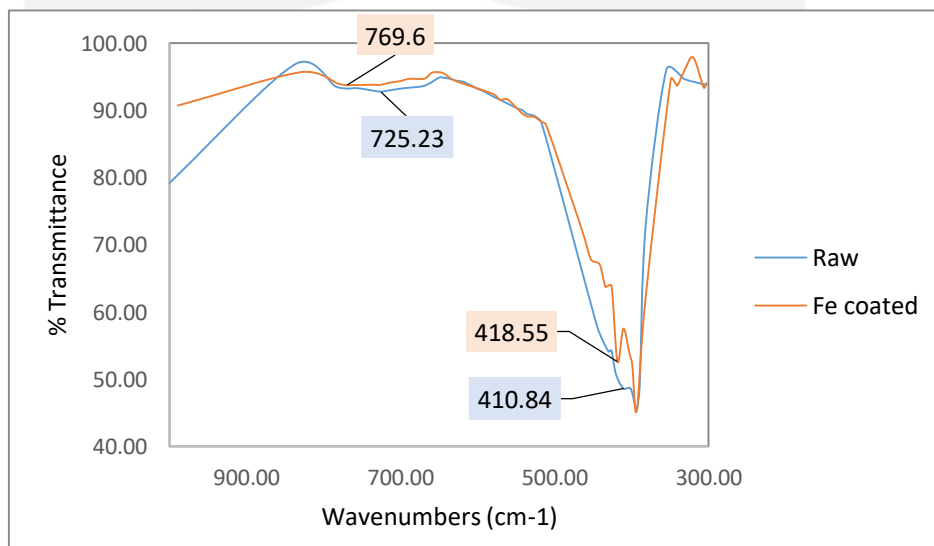
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakterisasi Adsorben

Karakterisasi pada batu apung dilakukan untuk mengetahui kondisi karakteristik pada adsorben (batu apung) seperti ukuran pori-pori permukaan, kandungan kimia, dan ikatan kimia. Karakterisasi adsorben batu apung ini dilakukan dengan melakukan penelitian menggunakan FTIR dan studi literatur terkait SEM.

4.1.1 FTIR (Fourier Transform Infra Red)

Fourier Transform Infra Red (FTIR) merupakan instrumen yang digunakan dalam uji adsorben guna mengetahui gugus fungsi yang terkandung dalam adsorben. Analisis FTIR dilakukan pada daerah spectrum menengah (*mid-infrared*) dengan bilangan gelombang 400-4000 cm^{-1} . Kemudian hasil pada uji FTIR dilakukan pengolahan data untuk mendapatkan grafik antara panjang gelombang pada sumbu x dan % *transmittance* pada sumbu y. Panjang gelombang memiliki nilai puncak (*peak*) pada panjang gelombang tertentu yang menunjukkan jenis-jenis fungsional dalam senyawa adsorben. Grafik hasil dari uji FTIR pada adsorben sebelum dilakukan variasi variabel bebas dapat dilihat pada Gambar 4.1 sebagai berikut.



Gambar 4.1 Hasil uji FTIR terhadap adsorben sebelum dilakukan variasi

(Sumber: Data Primer, 2021)

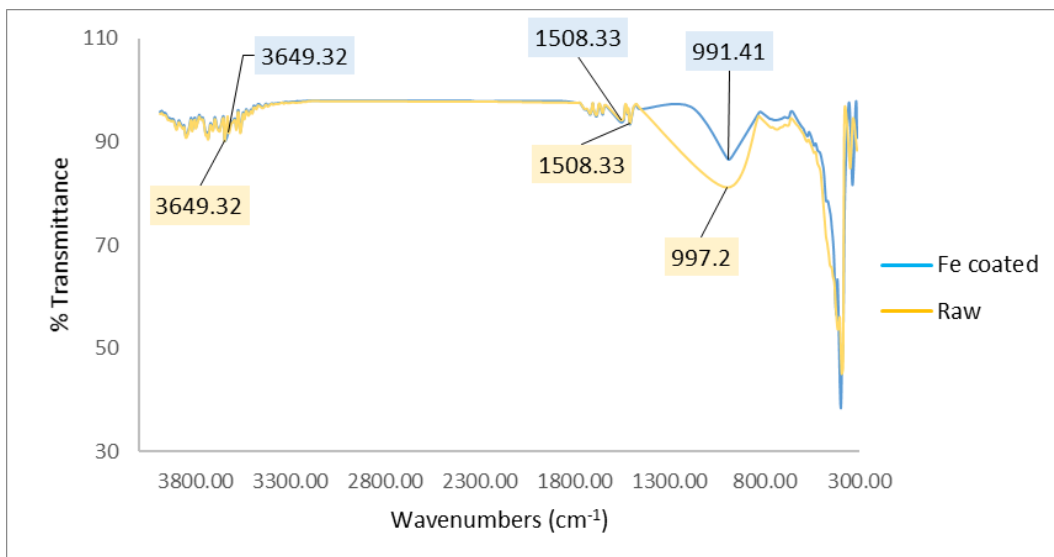
Dapat diketahui hasil dari grafik yang telah didapat diketahui bahwa adsorben memiliki gugus fungsi Si-O dan P-O untuk frekuensi 420.48 cm^{-1} pada *raw pumice*, frekuensi 426.27 pada *HCl-coated pumice* dan *Fe-coated pumice*. Selain itu terdapat gugus fungsi Si-O pada frekuensi 1001.06 pada *raw pumice*, frekuensi 985.62 pada *HCl-coated pumice*, dan frekuensi 989.48 pada *Fe-coated pumice*. Diketahui bahwa saat semakin kecil nilai persentase *transmittance* maka akan semakin banyak gugus fungsi yang ditemukan. Hasil uji FTIR dapat dilihat pada Tabel 4.1 sebagai berikut.

Tabe 4.1 Data FTIR adsorben sebelum divariasi

<i>Frequency (cm⁻¹)</i>			<i>Range (cm⁻¹)</i>	<i>Functional Groups</i>	<i>Possible Coumpounds</i>
<i>Raw</i>	<i>HCl-CP</i>	<i>Fe-CP</i>			
420.48	426.27	426.27	420-500	Si-O, P-O	Silica and Phosphor
1001.06	985.62	989.48	800-1100	Si-O	Silica

Sumber: Lamber et al. (1988) dan Syafaar et al. (2013)

Grafik hasil dari uji FTIR pada adsorben yang sudah dilakukan variasi variabel bebas (variasi massa dan variasi pH) dapat dilihat pada Gambar 4.2 sebagai berikut.



Gambar 4.2 Hasil uji FTIR terhadap adsorben setelah dilakukan variasi

(Sumber: Data Primer, 2021)

Hasil dari grafik yang telah didapat diketahui bahwa adsorben memiliki gugus fungsi Silica (Si-O) dan Phospor (P-O) untuk frekuensi 997.2 cm^{-1} pada *raw pumice* dan frekuensi 991.41 pada *Fe-coated pumice*. Selain itu terdapat gugus fungsi NO_2 pada frekuensi 1508.33 cm^{-1} untuk *Fe-coated pumice* dan *raw pumice*. Kemudian terdapat gugus fungsi O-H pada pada frekuensi 3649.32 cm^{-1} untuk *Fe-coated pumice* dan *raw pumice*. Diketahui bahwa jika semakin rendah nilai persentase *transmittance* maka akan semakin banyak jumlah gugus fungsi yang ditemukan. Hasil uji FTIR dapat dilihat pada Tabel 4.2 sebagai berikut.

Tabel 4.1 Data FTIR adsorben sesudah divariasi

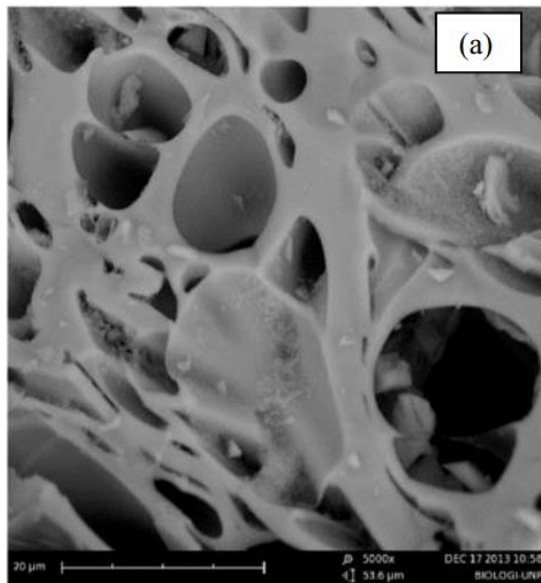
<i>Frequency (cm⁻¹)</i>		<i>Range (cm⁻¹)</i>	<i>Functional Groups</i>	<i>Possible Coumpounds</i>
<i>Raw</i>	<i>Fe-CP</i>			
997.2	991.41	800-1100	Si-O, P-O	Silica and Phosphor
1508.33	1508.33	1500-1570	NO_2	Nitro
3649.32	3649.32	3500-3650	O-H	Carboxyl

Sumber: Lamber et al. (1988) dan Syafaar et al. (2013)

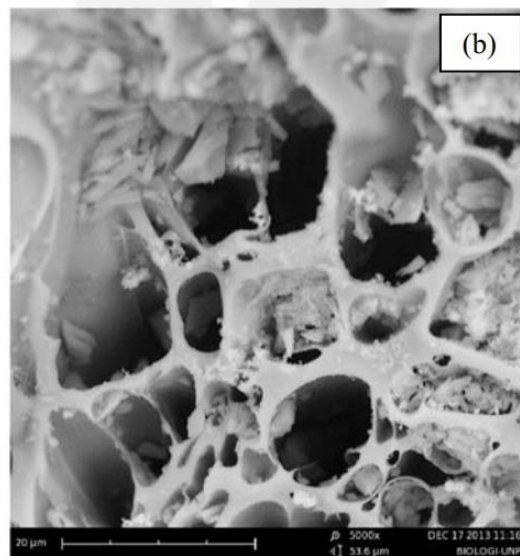
4.1.2 SEM

Karakterisasi batu apung dan batu apung yang dilapisi besi melalui SEM dilakukan melalui studi literatur. Pada penelitian Indah et al (2016), diketahui bahwa batu apung memiliki struktur yang sangat berpori, permukaan halus, tekstur seluler dan ireguler dengan rongga yang lebih besar yang mana dapat menyediakan tempat yang baik untuk melakukan proses adsorpsi yang dapat dilihat pada Gambar 4.3 Sedangkan untuk batu apung yang dilapisi besi yang dapat dilihat pada Gambar 4.4 diketahui struktur pori menjadi berbeda. Morfologi struktur pori batu apung berubah dari homogen menjadi heterogen. Kemungkinan terjadi karena penurunan struktur partikel batu apung yang dilapisi besi ini diisi dan sebagian diblokir dengan oksida besi. *Fe-coated pumice* dapat meningkatkan kapasitas proses adsorpsi batu apung karena luas permukaan adsorben meningkat. Hal ini terjadi karena melalui modifikasi pada pelapisan besi, struktur dan ukuran pori serta ikatan oksida jauh lebih tinggi, sehingga memberikan efisiensi penghilangan logam yang tinggi. Perendaman pada *Fe-coated pumice* dilakukan pada waktu 100 jam.

Deniz (2017) juga menjelaskan bahwa efisiensi proses adsorpsi oleh adsorben *raw pumice* lebih rendah dibanding *Fe-coated pumice*. Penyisihan Mn oleh *Fe-coated pumice* ditemukan 4.84 kali lebih tinggi daripada *raw pumice*. Hal ini diketahui karena terjadi pelepasan Fe lebih tinggi pada *Fe-coated pumice*



Gambar 4.3 SEM pada *raw pumice*



Gambar 4.4 SEM pada *Fe-coated pumice*

4.2 Proses aktivasi adsorben

Aktivasi adsorben dilakukan untuk memodifikasi bagian permukaan batu apung sehingga kapasitas untuk adsorpsi dapat meningkat. Sebelum dilakukan aktivasi, batu apung dicuci dengan akuades untuk menghilangkan komponen-komponen selulosa yang menempel pada adsorben. Kemudian adsorben dikeringkan dalam oven 105°C selama 24 jam. Pemanasan dengan suhu diatas

105°C dapat mengakibatkan penutupan pori-pori adsorben, penyusutan volume, dan dapat mengurangi kapaitas adsorpsi.

Selanjutnya dilakukan aktivasi kimia dengan menggunakan larutan HCl dan larutan NaOH. Pencucian menggunakan larutan asam dilakukan untuk menghilangkan mineral-mineral asam serta pengotor yang menempel pada batu apung. Perendaman batu apung dengan larutan NaOH dilakukan agar terjadi delignifikasi pada adsorben. Delignifikasi merupakan proses penghilangan kandungan lignin (zat penyusun tumbuhan), sehingga hasil dari proses ini sudah berupa selulosa dengan kemurnian yang cukup besar. Pembuatan larutan NaOH dilakukan menggunakan rumus:

$$M = C \times V \times Mr \dots\dots\dots (2)$$

Dimana :

M : Massa

C : Konsentrasi

V : Volume (Liter)

Mr : Bobot ekivalen NaOH

$$\begin{aligned} M &= C \times V \times Mr \\ &= 1 \text{ N} \times 0.25 \text{ Liter} \times 40 \\ &= 10 \text{ gram} \end{aligned}$$

4.3 Larutan Standar Mn

Pada pembuatan larutan standar logam Mn, dilakukan dengan melarutkan gram Mangan Sulfat ($MnSO_4$) dalam akuades dan ditambahkan asam nitrat pekat (HNO_3 pekat) hingga larutan menjadi asam dengan kondisi pH di bawah 2. Penambahan HNO_3 pekat ini dilakukan guna untuk pengawetan sampel pada suhu ruangan (SNI 6989.5.2009) serta agar logam tidak mengendap dan tetap dalam kondisi larut.

4.4 Penentuan Kondisi Optimum

Penentuan kondisi optimum dilakukan pada empat variabel bebas sebagai faktor penentu daya serap adsorben terhadap penyisihan logam yang optimum dan efisien yaitu berupa variasi massa, variasi pH, variasi waktu kontak, dan variasi konsentrasi adsorben.

4.4.1 Penentuan Massa Optimum

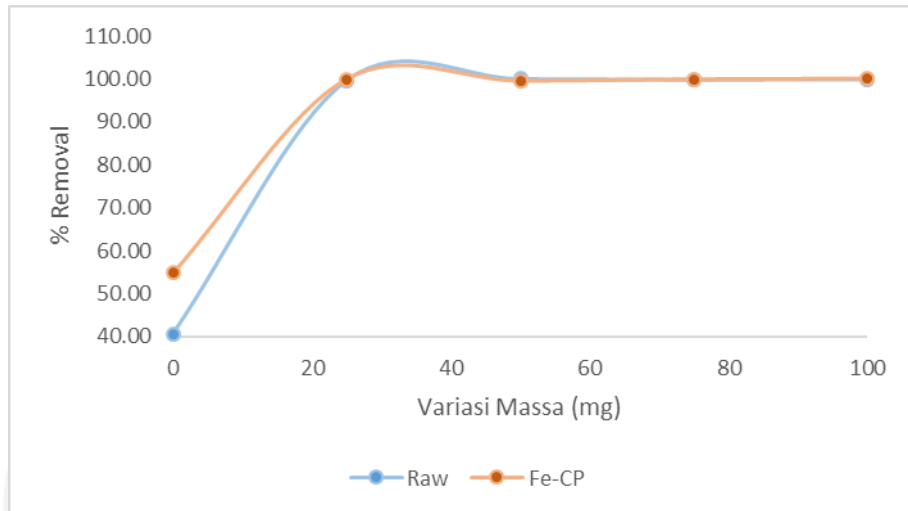
Pengaruh variasi massa batu apung yang diaktivasi Fe dan batu apung murni dilakukan untuk mengetahui berapa persen logam Mn dapat terserap oleh adsorben. Variasi massa adsorben yaitu 0, 25, 50, 75, dan 100 mg. Konsentrasi mula-mula/awal larutan Mn yang digunakan adalah sebesar 10 ppm dengan nilai pH netral yaitu 7. Kondisi pH ini dilakukan kontrol secara berkala agar nilai pH terjaga tetap stabil. Masing-masing variasi diaduk dengan *orbital shaker* dalam larutan Mn 50 mL selama 2 jam kemudian disaring menggunakan *filter paper*. Hasil dari percobaan variasi masa diuji menggunakan AAS. Hasil data dapat dilihat pada Tabel 4.3 sebagai berikut.

Tabel 4.3 Data Percobaan Variasi Massa

Adsorbent	Massa (mg)	C awal (mg/L)	C akhir (mg/L)	% Removal
Fe-Coated Pumice	25	9.75	0.005	99.95
	500	9.75	0.046	99.53
	75	9.75	0.007	99.93
	100	9.75	0	100
Raw	25	9.75	0.03	99.69
	500	9.75	0	100
	75	9.75	0.017	99.83
	100	9.75	0.008	99.92

(Sumber: Data primer, 2021)

Dari Tabel 4.3 kemudian dibuat kurva untuk mengetahui hubungan antara persentase removal terhadap variasi massa adsorben batu apung yang diaktivasi dan tidak diaktivasi. Hasil kurva terdapat pada Gambar 4.5 berikut.



Gambar 4.5 Hubungan antara variasi massa terhadap persentase removal

(Sumber: Data primer, 2021)

Dari Gambar 4.5 dapat dijelaskan bahwa persentase penyisihan (*removal*) larutan Mn yang teraktivasi maupun tidak teraktivasi sudah memiliki nilai penyerapan adsorben yang tinggi yaitu di atas 99%. Dikarenakan semua variasi memiliki tingkat penyerapan yang baik, maka dipilih satu variasi terbaik untuk dapat efisiensi dalam segala hal. Sehingga dipilih adsorben dengan variasi massa terendah yang memiliki persentase removal yang tinggi yaitu pada batu apung teraktivasi Fe. Dipilih variasi massa terendah guna untuk mendapatkan biaya yang lebih rendah.

4.4.2 Penentuan pH Optimum

Analisa penentuan pH optimum dilakukan dengan menggunakan studi literatur. Analisa dilakukan dengan membandingkan data sekunder pada penelitian sebelumnya. Variasi pH diuji untuk dapat mengetahui nilai derajat keasaman guna mencapai kondisi penyisihan larutan Mn yang maksimal. Kelarutan Mn dapat meningkat seiring dengan menurunnya nilai pH (Sari dan Agustin, 2007). Pada penelitian Sedyanto (2018) dijelaskan bahwa untuk mengatur nilai pH agar tetap terjaga, dilakukan kontrol pH dengan menambahkan HNO₃ 0,1 N yang telah dilarutkan untuk kondisi asam dan

menambahkan NaOH 0,1 N yang telah dilarutkan untuk kondisi basa. Kontrol pH dilakukan pengecekan setiap 30 menit sekali.

Tabel 4.4 Perbandingan Data Hasil Uji pH

Adsorben	Adsorpsi ion logam	Variasi pH	pH Optimum	Efisiensi Removal	Referensi
Data Primer					
<i>Raw Pumice</i>	Mn ²⁺	7	-	99.69%	Data Primer (Hasil uji variasi massa)
<i>Fe Coated Pumice</i>	Mn ²⁺	7	-	99.95%	
Data Sekunder					
Batu Apung dilapisi besi	Mn ²⁺	-	7	95%	Deniz (2017)
Batu Apung	Cd ²⁺	2, 3, 4, 5, 6, 7, 8.5, dan 10	6	75%	Khorzyghy et al (2014)
Nano-Batu Apung	Cd ²⁺	2,3,5,7, dan 9	6	92%	
Batu Apung	Fe	4,6,7,8, dan 10	5	91%	Suarni (2015)
Batu Apung dilapisi Besi	Fe (II)	-	7	84%	Indah (2016)
Batu Apung dilapisi Besi	Mn (II)	-	7	72%	

Berdasarkan Tabel 4.4 diketahui pH untuk adsorben batu apung murni dan batu apung yang diaktivasi besi dalam penyisihan beberapa logam yang berbeda yaitu berada pada rentang pH 5-7. Dalam pengujian laboratorium, adsorpsi logam Mn menggunakan adsorben *raw pumice* dan *Fe-coated pumice* diuji pada pH 7. Hal ini berarti data uji laboratorium termasuk dalam rentang pH optimum.

Pada penelitian Deniz (2017) dijelaskan bahwa pH pada kondisi netral (pH 7) penting untuk mengadsorpsi ion Mn pada adsorben batu apung murni dan batu apung yang dimodifikasi, dikarenakan jika pH sampel di atas pH normal maka permukaan komposit dapat bermuatan negatif dan hal ini memberikan

peningkatan adsorpsi kationik logam. Hal ini didukung pada penelitian Sara (2014), dijelaskan bahwa pada pH di atas 7 nilai adsorpsi menjadi tidak optimal. Hal ini dapat dijelaskan dengan pengendapan Cd^{2+} sebagai endapan $Cd(OH)_2$ yang tidak larut, sehingga nilai pH diatas 7 tidak dipelajari untuk menghindari pembentukan endapan Cd^{2+} sebagai hidroksida. Penyisihan logam kadmium pada pH rendah (kondisi asam) lebih sedikit daripada pH tinggi (kondisi basa), karena terjadi pembentukan kompleks aqua dari oksida yang ada pada permukaan adsorben.

Tekin (2013) pH 5.75

Pada penelitian Tekin (2013) dijelaskan bahwa ketika pH meningkat, kerapatan muatan negatif pada permukaan adsorben meningkat karena deprotonasi (pelepasan hidrogen H^+) dari pengikat logam. Penelitian Anirudhan dan Sreekumari (2011) menyimpulkan bahwa peningkatan penyisihan logam dengan peningkatan pH dapat dijelaskan atas dasar penurunan kompetisi antara proton dan kation logam untuk gugus fungsi yang sama dan oleh penurunan muatan positif dari adsorben yang menghasilkan elektrostatis yang lebih rendah. Tolakan antara kation logam dan permukaan. Pada pH rendah, adsorpsi rendah disebabkan oleh kerapatan muatan positif pada situs permukaan, dan dengan demikian, tolakan elektrostatis terjadi antara ion logam.

Suarni (2015) menjelaskan bahwa penghilangan logam Fe terbesar terjadi pada pH 5 (kondisi asam) dan penyisihan Fe paling kecil yaitu terjadi pada pH 10 (kondisi basa). Kondisi ini sesuai dengan pernyataan Khairi (2004) bahwa pada kondisi asam jumlah adsorbat yang teradsorpsi akan semakin besar tetapi pada kondisi basa jumlah adsorbat teradsorpsi menurun karena terbentuk endapan. pH optimum yang diperoleh pada percobaan adalah pH 5 (asam). Menurut Aima (2013), pada pH 4-6 (asam) adsorpsi logam Fe semakin besar disebabkan daya serap adsorben meningkat sedangkan pada pH 6-8 (basa) terjadi penurunan penyerapan karena mulai terbentuk endapan yang mengganggu proses adsorpsi.

Menurut Akaninwor dkk (2007), nilai derajat keasaman (pH) cukup berpengaruh dalam proses adsorpsi. Semakin tinggi nilai pH yang diberi, maka

persentase ion logam yang teradsorpsi akan semakin besar. Pada pH 7, persentase ion logam yang teradsorpsi menjadi lebih besar dari pH 4. Hal ini disebabkan karena terjadinya kompetisi ion H⁺ dengan ion logam saat adanya pertukaran kation. Kompetisi ion H⁺ dengan ion logam menjadi berkurang saat kondisi pH tinggi sehingga kemampuan ion logam yang terserap semakin besar dibandingkan pada pH rendah. Pada penelitian Purnamasari et al (2017) penurunan logam Mn dengan menggunakan zeolit memiliki persentase penyisihan sebesar 99.7%. Dari hasil tersebut, dapat dikatakan bahwa pH larutan memiliki pengaruh pada proses adsorpsi Mn. Hal ini dijelaskan dengan metode hidrolisis.



M²⁺ adalah ion logam yang akan di adsorpsi, dalam hal ini adalah ion logam Mn²⁺ sedangkan N adalah permukaan adsorben yaitu batu apung. Asas Le Chatelier menjelaskan bahwa pada saat kesetimbangan, jika salah satu komponen zat dikurangi maka kesetimbangan akan bergeser ke arah zat yang dikurangi tersebut sedangkan dalam hal ini [H⁺] saat pH tinggi semakin berkurang sehingga akan bergeser ke arah kanan yang menyebabkan [MOH⁺] bertambah. Dengan bertambahnya [MOH⁺] menyebabkan persentase ion logam yang teradsorpsi semakin besar

4.4.3 Penentuan Waktu Kontak Optimum

Analisa penentuan waktu kontak dilakukan dengan menggunakan studi literatur seperti pada penentuan pH optimum. Analisa dilakukan dengan membandingkan data sekunder pada penelitian sebelumnya. Penentuan waktu kontak diperlukan untuk mengetahui waktu kontak yang tepat guna mencapai waktu adsorpsi yang optimum. Dalam suatu proses adsorpsi, proses akan terus berlangsung selama belum terjadi suatu kesetimbangan, sehingga perlu dilakukan percobaan dengan memvariasikan waktu kontak (Husni et al, 2007).

Berikut perbandingan data hasil uji variasi waktu kontak terhadap efisiensi removal Mn dan beberapa logam lainnya dari berbagai jenis adsorben yang terdapat pada Tabel 4.5

Tabel 4.5 Perbandingan Data Hasil Uji Waktu Kontak

Adsorben	Adsorpsi ion logam	Variasi Waktu Kontak	Waktu Kontak Optimum	Efisiensi Removal	Referensi
Data Primer					
Batu Apung	Mn ²⁺	120 menit	-	99.69%	Data Primer (Hasil uji variasi massa)
Batu Apung dilapisi Besi	Mn ²⁺	120 menit	-	99.95%	
Data Sekunder					
Batu Apung	Acid Orange 7	5-120 menit	80 menit	76.7%	Behzad et al (2015)
Batu Apung dilapisi besi		5-120 menit	60 menit	87.8%	
Arang aktif	Mn ²⁺	10, 20, dan 30 menit	30 menit	96,34%	Arum (2015)
Bentonit	Mn ²⁺		30 menit	47,29%	
Zeolit	Mn ²⁺		30 menit	98.57%	
Fe Coated Pumice	fenol	10-60 menit	30 menit	99.76%	Shokoohl et al (2018)
Batu Apung	Fe	30, 60, 90, 120, dan 150 menit	60 menit	92.78%	Suarni (2015)
Batu Apung	Cd ²⁺	10, 20, 30, 45, 60, 90, 120, dan 180 menit	120 menit	75%	Khorzyghy et al (2014)
Nano-Batu Apung	Cd ²⁺	2,3,5,7, dan 9	60 menit	92%	
Batu Apung	Fe	30, 60, 90, 120, dan 150 menit	60 menit	91%	Suarni (2015)

Batu Apung dilapisi Besi	Mn (II)	-	90 menit	100%	Indah (2016)
--------------------------	---------	---	----------	------	---------------

Berdasarkan data pada Tabel 4.5 terdapat berbagai waktu kontak dengan efisiensi removal yang berbeda-beda pada setiap adsorben. Nilai waktu kontak optimum penyisihan berbagai logam oleh batu apung murni dan batu apung yang dimodifikasi terjadi pada rentang waktu 30-120 menit. Untuk penyisihan Mn^{2+} pada adsorben yang berbeda pada penelitian Arum (2015), yaitu pada adsorben arang aktif, bentonit, dan zeolit diketahui memiliki waktu optimum 30 menit. Pada uji laboratorium variasi massa optimum *raw pumice* dan *Fe-coated pumice*, adsorpsi dilakukan dengan menggunakan waktu 120 menit. Sehingga waktu tersebut termasuk dalam kondisi waktu kontak optimum. Dapat disimpulkan bahwa waktu kontak optimum yang dapat diterapkan untuk adsorpsi Mn dengan menggunakan adsorben *raw pumice* dan batu apung yang dimodifikasi berada pada rentang waktu 30-120 menit.

Pada penelitian Behzad (2015) dijelaskan bahwa efisiensi penyisihan adsorbat meningkat seiring waktu hingga mencapai nilai keseimbangan. Tingkat penghilangan adsorbat oleh *raw pumice* dan *Fe-coated pumice* meningkat dengan meningkatnya waktu kontak. Laju penghilangan atau waktu puncak pada adsorpsi ditemukan pada waktu 80 menit untuk *raw pumice* dan 60 menit untuk *Fe-coated pumice*. Penurunan efisiensi persentase *removal* terjadi karena banyaknya adsorbat pada adsorben pada awal proses dan dengan bertambahnya waktu adsorben secara bertahap ditempati oleh adsorbat, sehingga proses adsorpsi menjadi kurang efisien.

Pada penelitian Masduqi (2004) dijelaskan bahwa semakin lama durasi waktu kontak air dengan adsorben maka akan semakin tinggi pula persentase penurunan logam mangan, artinya semakin lama durasi waktu kontak air dengan adsorben maka akan semakin banyak kandungan mangan dalam air yang dijerap oleh adsorben. Selain itu, penurunan ion logam akan semakin besar saat kondisi adsorben semakin tebal dan semakin lama waktu kontak maka semakin besar juga penurunan kadar logam. Daya serap adsorben akan semakin besar saat permukaan adsorben semakin luas adsorben maka daya serap adsorben semakin

besar sehingga kadar logam dalam air semakin kecil. Hal ini disebabkan karena terjadinya pelepasan ion logam yang sudah terikat pada gugus aktif di adsorben.

Penurunan persentase adsorpsi pada ion logam diduga disebabkan oleh situs aktif pada media adsorpsi (batu apung) yang termodifikasi Fe sudah mengalami kejenuhan. Selain itu semakin lama waktu kontak dimungkinkan terjadinya protonasi terhadap gugus fungsi adsorben sehingga kemampuan adsorben untuk mengadsorpsi ion logam menjadi berkurang (Utami et al, 2015).

4.4.4 Penentuan Konsentrasi Optimum

Penentuan konsentrasi optimum dianalisa dengan menggunakan studi literatur seperti pada penentuan pH optimum dan waktu kontak optimum. Analisa dilakukan dengan membandingkan data sekunder pada penelitian sebelumnya. Variasi konsentrasi dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi konsentrasi dan mengetahui nilai konsentrasi optimum pada penyisihan logam Mn. Berikut berbagai konsentrasi pada penelitian terdahulu yang terdapat pada Tabel 4.6

Tabel 4.6 Perbandingan Data Variasi Konsentrasi Mn

Adsorben	Adsorpsi ion logam	Variasi Konsentrasi Mn	Konsentrasi Optimum	Efisiensi Removal	Referensi
Data Primer					
<i>Raw Pumice</i>	Mn ²⁺	9.75 mg/L	-	99.69%	Data Primer (Hasil uji variasi massa)
<i>Fe Coated Pumice</i>	Mn ²⁺	9.75 mg/L	-	99.95%	
Data Sekunder					
Batu Apung dilapisi besi	Mn ²⁺	20, 40, 60, 80, dan 100 mg/L	20 mg/L	95%	Deniz (2017)
Batu Apung dilapisi Besi	Mn (II)	-	5 mg/L	72%	Indah (2016)
Batu Apung	Fe	2.4, 4, 10, 15, dan 20 mg/l	20 mg/L	91%	Suarni (2015)

Zeolit	Mn	-	10 mg/L	90%	Tarigan (2020)
--------	----	---	---------	-----	----------------

Berdasarkan Tabel 4.6 diketahui konsentrasi logam Mn untuk adsorben batu apung yang diaktivasi besi berada pada rentang konsentrasi 5-20 mg/L. Penyisihan logam lain seperti logam Fe oleh batu apung pada penelitian Suarni (2015) juga memiliki konsentrasi optimum 20 mg/L. Penyisihan pada adsorben lainnya seperti zeolit pada penelitian Tarigan (2020) memiliki konsentrasi 10 mg/L. Jadi dapat disimpulkan pada rentang konsentrasi 5-20 mg/L menunjukkan efisiensi removal yang baik. Dalam pengujian laboratorium untuk adsorpsi logam Mn menggunakan adsorben *raw pumice* dan *Fe-coated pumice* menggunakan konsentrasi Mn sebesar 9.75 mg/L, sehingga termasuk dalam konsentrasi optimum.

Pada penelitian Sedyanto (2018) dijelaskan bahwa saat jumlah konsentrasi (mg/l) semakin besar, maka jumlah persentase removal akan semakin kecil. Pada konsentrasi 10 mg/l dan 50 mg/l kinerja persentase removal relatif sama pada proses adsorpsi. Setelah konsentrasi di atas 50 mg/l persentase removal menurun, sehingga pada penelitian sedyanto dipilih konsentrasi 50 mg/l sebagai konsentrasi optimum. Hal ini juga terjadi pada penelitian Deniz (2017), dijelaskan bahwa efisiensi adsorpsi Mn meningkat pada adsorben batu apung murni maupun batu apung yang diaktivasi besi hingga konsentrasi awal 40 mg/l Mn. Namun penurunan drastis diamati pada efisiensi penyisihan Mn setelah 40 mg/L konsentrasi awal Mn dan terus menurun secara bertahap hingga 100 mg/L konsentrasi awal Mn. Efisiensi penyisihan Mn pada konsentrasi 20 dan 40 mg/L memiliki persen removal sebesar 52.3% dan 60%. Sedangkan pada konsentrasi 60 mg/L, persen *removal* menjadi menurun yaitu sebesar 33%. sistem komposit Fe-batu apung.

Terjadi penurunan persentase penyisihan / *removal* pada variasi konsentrasi dikarenakan adanya jumlah adsorbat yang meningkat yang masuk ke dalam adsorben sehingga adsorben mencapai nilai jenuh yang membuat kemampuan adsorpsi menjadi menurun (Sedyanto, 2018). Hal ini juga didukung pada penelitian Deniz (2017), bahwa penurunan penyisihan Mn dapat terjadi

karena ion logam pada awalnya terfiksasi/terikat pada situs aktif komposit Fe-batu apung, tetapi semakin meningkat konsentrasi awal Mn menyebabkan penurunan penyisihan Mn karena situs aktif jenuh pada komposit.



BAB 5

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan analisa penelitian maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Kondisi optimum pada proses adsorpsi dengan *Fe-coated pumice* adalah pada kondisi massa adsorben 25 mg, nilai derajat keasaman adsorbat pada pH 7, dan waktu kontak adsorben dan adsorbat selama 120 menit.
2. Penyisihan logam Mn menggunakan adsorben *Fe-coated pumice* pada variasi massa 25 mg diketahui lebih efektif dari adsorben *raw pumice* karena memiliki persen removal yang tinggi (99.94%). Selain itu pada massa yang kecil biaya pengeluaran menjadi lebih rendah.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, adapun saran yang dapat diberikan sebagai tindak lanjut dari penelitian ini antara lain:

1. Perlu dilakukan pengkajian lanjutan mengenai metode yang lebih efektif untuk mengurangi kadar Mn dalam air.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai kemampuan adsorpsi dari batu apung terhadap variasi pH, variasi waktu kontak, dan variasi konsentrasi logam.
3. Menentukan jenis isotherm pada adsorpsi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, N.H. 2016. *Studi Kemampuan Batu Apung Sungai Pasak, Pariaman Sebagai Adsorben dalam Penyisihan Nitrit dari Air Tanah*. Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Andalas, Padang.
- Achmad, R. 2004. *Kimia Lingkungan*. ANDI. Yogyakarta. Hal 132-135.
- Adha, R. 2017. *Studi Regenerasi Batu Apung Sungai Pasak, Pariaman Sebagai Adsorben dalam Penyisihan Logam Mangan (Mn) dari Air Tanah*. Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Andalas, Padang.
- Asgari, G., Rahmani, A.R., Askari, F.B., dan Godini, K. 2012. *Catalytic Ozonation of Phenol Using Copper Coated Pumice and Zeolite as Catalysts*. Journal of Research in Health Sciences. 12(2) : Hal 94-96.
- Behzad, H., Susana R.C., Gamze, T.N., Asif, M., inderjeet, T., Shilpi, A., Kimar, G.V. 2015. *Removal of Noxious Dye-Acid Orange 7 from Aqueous Solution Using Natural Pumice and Fe-Coated Pumice Stone*. Journal of Industrial and Engineering Chemistry.
- Chandra. 2007. *Pengaruh Karbon Aktif Kulit Singkong Dalam Menurunkan Kadar Besi (Fe) dan Mangan (Mn) Pada Air Sumur Gali*. Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Deniz dan Meric. 2017. *Manganese adsorption by iron impregnated pumice composite*. Engineering Faculty, Environmental Engineering Department, Namik Kemal University. Corlu. Hal 279-286.
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air*. Cetakan Pertama. Yogyakarta : Penerbit Konsius.
- Endahwati, L. 2011. *Kombinasi Proses Aerasi, Adsorpsi dan Filtrasi Pada Pengolahan Air Limbah Industri Perikanan*. Jawa Timur: Fakultas Teknologi Industri. UPN Veteran.

- Farnas, Z. 2016. *Studi Kemampuan Batu Apung Sungai Pasak, Pariaman Sebagai Adsorben dalam Penyisihan Tembaga Total (Cu) dari Air Tanah*. Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Andalas, Padang.
- Fatmawinir, Suyani, H., dan Alif, A. 2015. *Analisis Sebaran Logam Berat Pada Aliran Air Dari Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah Air Dingin*. FMIPA Unand. Kampus Limau Manis, Riau.
- Fauziah, A. 2010. *Efektivitas Saringan Pasir Cepat Dalam Menurunkan Kadar Mangan (Mn) Pada Air Sumur Dengan Penambahan Kalium Permanganat (KMnO₄) 1%*. Skripsi FKM USU, Medan.
- Fernandez, R. 2011. *Penggunaan Kompleks Logam Transisi Sebagai Katalis Heterogen dalam Berbagai Macam Reaksi kimia*. Program Studi Kimia Pascasarjana Universitas Andalas, Padang.
- Fessenden, R.J. dan Fessenden, J.S. 1982, *Kimia Organik*. Diterjemahkan oleh Pudjaatmakan, A. H., Edisi Ketiga, Jilid 1, Penerbit Erlangga, Jakarta. Hal 237-239.
- Giyatmi, Kamal, Z., dan Melati, D. 2008. *Penurunan Kadar Cu, Cr, dan Ag dalam Limbah Cair Industri Perak di Kotagede Setelah Diadsorpsi dengan Tanah Liat dari Daerah Godean*. Yogyakarta.
- Harmayani, K. 2007. *Pencemaran Air Tanah Akibat Pembuangan Limbah Domestik di Lingkungan Kumuh*. Jurnal Permukiman Natak. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universtias Udayana. Vol 5. No 2. Hal 94-95.
- Hartini, E. 2012. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. Universitas Dian Nuswantoro, Semarang.
- Hasibuan, U.L. 2014. *Kemampuan Batu Apung sebagai Adsorben Penyisihan Logam Besi (Fe) Air Tanah*. Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Andalas, Padang.
- Hendayana dan Sumar. (1994). *Kimia Analitik Instrumen*. IKIP Semarang Press, Semarang.

- Humaedi, A. 2012. *Pemanfaatan Batu Apung (Pumice) Sebagai Media Adsorpsi Limbah Cair*. Makalah Ilmiah. Jurusan Kimia Universitas Mathla'ul Anwar, Banten.
- Indah, S., Helard, D. 2016. *Evaluation of iron and manganese-coated pumice from Sungai Pasak, West Sumatera, Indonesia for the removal of Fe (II) and Mn (II) from aqueous solutions*. *Procedia Environmental Sciences* 37. Hal 556-563.
- Khairunisa, R. 2008. *Kombinasi Teknik Elektrolisis dan Teknik Adsorpsi Menggunakan Karbon Aktif Untuk Menurunkan Konsentrasi Senyawa Fenol Dalam Air*. Skripsi Program Studi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Indonesia, Jakarta.
- Khorzughy dan Sara, H. 2015. *Cadmium Removal from Aqueous Solution by Pumice and Nano-Pumice*. *Korean J. Chem. Eng.* Vol 32. No 1. Hal 88-96.
- Kumar, A., Gurian, P.L., Tieger, R.H.B., dan Jade M.B. 2008. *Iron Oxide Coated Fibrous Sorbents for Arsenic Removal*. *Journal AWWA*. American Works Association.
- Loganathan, P., Hedley, M.J., Grace, N.D. 2008. *Pasture soils contaminated with fertilizer-derived cadmium and fluorine: Livestock effects*. *Revs. Environ. Contam. Toxicol.* No 192. Hal 29–66.
- Mandasari, I., Purnomo, A. 2016. *Penurunan Ion Besi (Fe) dan Mangan (Mn) dalam Air dengan Serbuk Gergaji Kayu Kamper*. Jurusan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Surabaya, Surabaya.
- Marchelly, F. 2016. *Studi Kemampuan Batu Apung Sungai Pasak, Pariaman Sebagai Adsorben dalam Penyisihan Total Kromium (Cr) dari Air Tanah*. Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Andalas, Padang.
- Masduqi, A., Poerwadio, D. 2004. *Penurunan Kadar Besi Oleh Media Zeolit Alam Ponorogo Secara Kontinyu*. Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya
- Mohiuddin, K.M., Ogawa, Y., Zakir, H.M., Otomo, L., Shikazono, N. 2011. *Heavy metals contamination in the water and sediments of an urban river in a*

developing country. International Journal of Environmental Science and Technology. Vol 8. Hal 723–736.

- Nainggolan dan Hamonangan. 2011. *Pengolahan Limbah Cair Industri Perkebunan dan Air Gambut Menjadi Air Bersih*. USU Press, Medan.
- Pratiwi, R. 2014. *Penyisihan Logam Mangan (Mn) dari Air Tanah Menggunakan Adsorben Batu Apung Sungai Pasak, Pariaman Timur*. Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Andalas, Padang.
- Permana, K. 2014. *Pembuatan Karbon Aktif dari Kulit Durian Sebagai Adsorben Asam Humat dalam Air Gambut dengan Aktivator Asam Fosfat*. Universitas Padjajaran, Jatinangor.
- Rosda, D. 2011. *Hubungan Porositas dan Densitas Mortar Berbasis Batu Apung*. Skripsi Jurusan Fisika, Universitas Andalas, Padang.
- Sankari, G., Krishnanmoorthy, E., Jayakumaran, S., Gunasekaran, S., Priya V.V., Subramaniam, S., dan Mohan, S.K. 2010. *Analysis of serum immunoglobulins using fourier transform*. Biology and Medicine; Biology and Medicine.
- Saragih, S.A. 2008. *Pembuatan dan Karakterisasi Karbon Aktif dari Batubara Riau Sebagai Adsorben*. Universitas Indonesia, Jakarta.
- Sari, C.M. 2016. *Studi Kemampuan Batu Apung Sungai Pasak, Pariaman Sebagai Adsorben dalam Penyisihan Nitrat dari Air Tanah*. Skripsi Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Andalas, Padang.
- Sedyanto, A.P. 2018. *Pemanfaatan Kulit Singkong sebagai Fiber Adsorben Terenkapsulasi Na-Alginat Penyerap Logam Berat Pb (II) dalam Air*. Universitas Islam Indoensia, Yogyakarta.
- Sethu, V.S., Goey, K.S., Iffah, F.R., Khoo, M., dan Andresen, J.M. 2010. *Adsorption Characteristics of Cu (II) Ions in Aqueous Solutions Using Mangifera Indica (Mango) Leaf Biosorbent*. Journal of Environmental Research and Development 5(2). Hal 264-275.

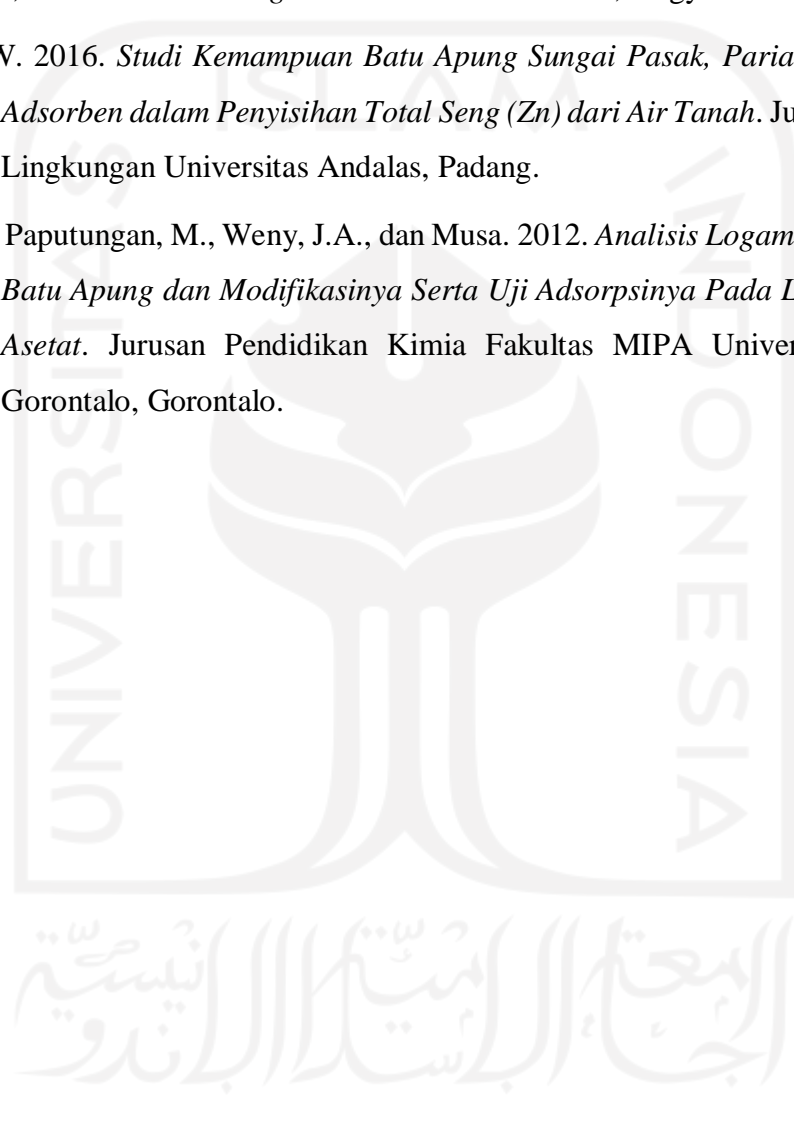
Silverstein, R.M., Kiemle, D.J., dan Wong, K. 2005. *Spectrometric Identification Of Organic Compounds, 7th edition*. John Wiley & Sons, Inc. State University of New York.

SNI 6989.5.2009 tentang Cara uji mangan (Mn) secara Spektrofotometri Serapan Atom-nyala.

Sutrisno, H. 2004. *Metodologi Research 2*. Andi Offset, Yogyakarta.

Zarli, W. 2016. *Studi Kemampuan Batu Apung Sungai Pasak, Pariaman Sebagai Adsorben dalam Penyisihan Total Seng (Zn) dari Air Tanah*. Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Andalas, Padang.

Zukria, Paputungan, M., Weny, J.A., dan Musa. 2012. *Analisis Logam-Logam pada Batu Apung dan Modifikasinya Serta Uji Adsorpsinya Pada Larutan Asam Asetat*. Jurusan Pendidikan Kimia Fakultas MIPA Universitas Negeri Gorontalo, Gorontalo.



LAMPIRAN I

PERHITUNGAN

1. Pengenceran Larutan Standar

Keterangan :

V1 = Volume larutan induk (ml)

M1 = Konsentrasi larutan induk (ppm)

V2 = Volume larutan yang diencerkan (ml)

M2 = Konsentrasi larutan yang diencerkan (ppm)

a. Larutan Mn 10 ppm

$$V1 \times M1 = V2 \times M2$$

$$V1 = \frac{V2 \times M2}{M1}$$

$$V1 = \frac{1000 \text{ mL} \times 10 \text{ ppm}}{1000 \text{ ppm}}$$

$$V1 = 10 \text{ mL}$$

b. Larutan Mn 25 ppm

$$V1 \times M1 = V2 \times M2$$

$$V1 = \frac{V2 \times M2}{M1}$$

$$V1 = \frac{1000 \text{ mL} \times 25 \text{ ppm}}{1000 \text{ ppm}}$$

$$V1 = 25 \text{ mL}$$

c. Larutan Mn 50 ppm

$$V1 \times M1 = V2 \times M2$$

$$V1 = \frac{V2 \times M2}{M1}$$

$$V1 = \frac{1000 \text{ mL} \times 50 \text{ ppm}}{1000 \text{ ppm}}$$

$$V1 = 50 \text{ mL}$$

d. Larutan Mn 75 ppm

$$\begin{aligned}
 V_1 \times M_1 &= V_2 \times M_2 \\
 V_1 &= \frac{V_2 \times M_2}{M_1} \\
 V_1 &= \frac{1000 \text{ mL} \times 75 \text{ ppm}}{1000 \text{ ppm}} \\
 V_1 &= 75 \text{ mL}
 \end{aligned}$$

e. Larutan Mn 100 ppm

$$\begin{aligned}
 V_1 \times M_1 &= V_2 \times M_2 \\
 V_1 &= \frac{V_2 \times M_2}{M_1} \\
 V_1 &= \frac{1000 \text{ mL} \times 100 \text{ ppm}}{1000 \text{ ppm}} \\
 V_1 &= 100 \text{ mL}
 \end{aligned}$$

2. Perhitungan Presentase (%) Removal

$$\% \text{ Removal} = \frac{C_0 - C_a}{C_0} \times 100\%$$

Keterangan :

C_0 = Konsentrasi awal (ppm)

C_a = Konsentrasi setelah diserap (ppm)

a. Variasi Massa

$$\begin{aligned}
 \% \text{ Removal Mn} &= \frac{C_0 - C_a}{C_0} \times 100\% \\
 \% \text{ Removal Mn} &= \frac{9.75 \text{ ppm} - 0.005 \text{ ppm}}{9.75 \text{ ppm}} \times 100\% \\
 \% \text{ Removal Mn} &= 0.99949 \times 100\% \\
 &= 99.94 \%
 \end{aligned}$$

4. Pembuatan Larutan Induk Mn 1000 ppm

$$\begin{aligned}
 \text{Gram MnSO}_4 &= \frac{Mr \text{ MnSO}_4}{Ar \text{ Mn}} \times V \times \text{Conc} \\
 &= \frac{151 \text{ g/mol}}{55 \text{ g/mol}} \times 1 \text{ L} \times 1000 \text{ mg/L} \\
 &= 2.75 \text{ g}
 \end{aligned}$$

LAMPIRAN II

TABEL KORELASI GUGUS FUNGSI PADA UJI FTIR

468 Chapter 10 Infrared and Raman Spectrometries: Vibrational Spectrometries

Table 10B.2. Simplified Correlation Chart of Molecular Vibrations by Type*

Type of vibration		Frequency (cm ⁻¹)	Intensity [†]
C—H	Alkanes (stretch)	3000–2850	s
	—CH ₃ (bend)	1450 and 1375	m
	—CH ₂ — (bend)	1465	m
	Alkenes (stretch)	3100–3000	m
	(out-of-plane bend)	1000–650	s
	Aromatics (stretch)	3150–3050	s
	(out-of-plane bend)	900–690	s
	Alkyne (stretch)	ca. 3300	s
	Aldehyde	2900–2800	w
			2800–2700
C—C	Alkane	not interpretatively useful	
C=C	Alkene	1680–1600	m-w
	Aromatic	1600 and 1475	m-w
C≡C	Alkyne	2250–2100	m-w
C=O	Aldehyde	1740–1720	s
	Ketone	1725–1705	s
	Carboxylic acid	1725–1700	s
	Ester	1750–1730	s
	Amide	1670–1640	s
	Anhydride	1810 and 1760	s
	Acid chloride	1800	s
C—O	Alcohols, ethers, esters, carboxylic acids, anhydrides	1300–1000	s
O—H	Alcohols, phenols		
	Free	3650–3600	m
	H-bonded	3500–3200	m
	Carboxylic acids	3400–2400	m
N—H	Primary and secondary amines and amides (stretch)	3500–3100	m
	(bend)	1640–1550	m-s
C—N	Amines	1350–1000	m-s
C=N	Imines and oximes	1690–1640	w-s
C≡N	Nitriles	2260–2240	m
X=C=Y	Allenes, ketenes, isocyanates, isothiocyanates	2270–1950	m-s
N=O	Nitro (R—NO ₂)	1550 and 1350	s
S—H	Mercaptans	2550	w
S=O	Sulfoxides	1050	s
	Sulfones, sulfonyl chlorides	1375–1300 and	s
	Sulfates, sulfonamides	1200–1140	s
C—X	Fluoride	1400–1000	s
	Chloride	800–600	s
	Bromide, iodide	<667	s

*Data from Pavia, D. L., Lampman, G. M., Kriz, G. S. 1979. *Introduction to Spectroscopy: A Guide for Students of Organic Chemistry*.



[†]s = strong, m = medium, w = weak.

TABLE 7-3 A Numerical Listing of Wavenumber Ranges in Which Some Functional Groups and Classes of Compounds Absorb in the Infrared

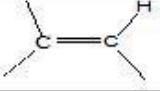
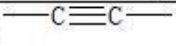
Range (cm ⁻¹) and Intensity ^a	Group and Class	Assignment and Remarks
3700–3600 (s)	—OH in alcohols and phenols	OH stretch (dil soln)
3520–3320 (m–s)	—NH ₂ in aromatic amines, primary amines and amides	NH stretch (dil soln)
3420–3250 (s)	—OH in alcohols and phenols	OH stretch (solids & liquids)
3360–3340 (m)	—NH ₂ in primary amides	NH ₂ antisym stretch (solids)
3320–3250 (m)	—OH in oximes	O—H stretch
3300–3250 (m–s)	≡CH in acetylenes	≡CH—H stretch
3300–3280 (s)	—NH in secondary amides	NH stretch (solids); also in polypeptides and proteins
3200–3180 (s)	—NH ₂ in primary amides	NH ₂ sym stretch (solids)
3200–3000 (v br)	—NH ₃ ⁺ in amino acids	NH ₃ ⁺ antisym stretch
3100–2400 (v br)	—OH in carboxylic acids	H-bonded OH stretch
3100–3000 (m)	=CH in aromatic and unsaturated hydrocarbons	=C—H stretch
2990–2850 (m–s)	—CH ₃ and —CH ₂ — in aliphatic compounds	CH antisym and sym stretching
2850–2700 (m)	—CH ₃ attached to O or N	CH stretching modes
2750–2650 (w–m)	—CHO in aldehydes	overtone of CH bending (Fermi resonance)
2750–2350 (br)	—NH ₃ ⁺ in amine hydrohalides	NH stretching modes
2720–2560 (m)	—OH in phosphorus oxyacids	associated OH stretching
2600–2540 (w)	—SH in alkyl mercaptans	S—H stretch; strong in Raman
2410–2280 (m)	—PH in phosphines	P—H stretch; sharp peak
2300–2230 (m)	N≡N in diazonium salts	N≡N stretch, aq soln
2285–2250 (s)	N=C=O in isocyanates	N=C=O antisym stretch
2260–2200 (m–s)	C≡N in nitriles	C≡N stretch
2260–2190 (w–m)	C≡C in alkynes (disubst)	C≡C stretch; strong in Raman
2190–2130 (m)	C≡N in thiocyanates	C≡N stretch
2175–2115 (s)	N≡C in isonitriles	N≡C stretch
2160–2080 (m)	N=N=N in azides	N=N=N antisym stretch
2140–2100 (w–m)	C≡C in alkynes (monosubst)	C≡C stretch
2000–1650 (w)	substituted benzene rings	several bands from overtone and combination bands
1980–1950 (s)	C=C=C in allenes	C=C=C antisym stretch
1870–1650 (vs)	C=O in carbonyl compounds	C=O stretch
1870–1830 (s)	C=O in β-lactones	C=O stretch
1870–1790 (vs)	C=O in anhydrides	C=O antisym stretch; part of doublet
1820–1800 (s)	C=O in acid halides	C=O stretch; lower for aromatic acid halides
1780–1760 (s)	C=O in γ-lactones	C=O stretch
1765–1725 (vs)	C=O in anhydrides	C=O sym stretch; part of doublet
1760–1740 (vs)	C=O in α-keto esters	C=O stretch; enol form
1750–1730 (s)	C=O in δ-lactones	C=O stretch
1750–1740 (vs)	C=O in esters	C=O stretch; 20 cm ⁻¹ lower if unsaturated
1740–1720 (s)	C=O in aldehydes	C=O stretch; 30 cm ⁻¹ lower if unsaturated
1720–1700 (s)	C=O in ketones	C=O stretch; 20 cm ⁻¹ lower if unsaturated
1710–1690 (s)	C=O in carboxylic acids	C=O stretch; fairly broad
1690–1640 (s)	C=N in oximes	C=N stretch; also imines
1680–1620 (s)	C=O and NH ₂ in primary amides	two bands from C=O stretch and NH ₂ deformation
1680–1635 (s)	C=O in ureas	C=O stretch; broad band
1680–1630 (m–s)	C=C in alkenes, etc.	C=C stretch
1680–1630 (vs)	C=O in secondary amides	C=O stretch (Amide I band)

^av = very, s = strong, m = medium, w = weak, br = broad.

TABLE 7-3 (Continued)

Range (cm ⁻¹) and Intensity ^a	Group and Class	Assignment and Remarks
710-570 (m)	C-S in sulfides	C-S stretch; strong in Raman
700-590 (s)	O=C=O in carboxylic acids	O=C=O bending
695-635 (s)	C-C-CHO in aldehydes	C-C-CHO bending
680-620 (s)	C-OH in alcohols	C-O-H bending
680-580 (s)	C≡C-H in alkynes	C≡C-H bending
650-600 (w)	S-C≡N in thiocyanates	S-C stretch; strong in Raman
650-600 (s)	NO ₂ in aliphatic nitro compounds	NO ₂ deformation
650-500 (s)	Ar-CF ₃ in aromatic trifluoro-methyl compounds	CF ₃ deformation (two or three bands)
650-500 (s)	C-Br in bromo compounds	C-Br stretch
645-615 (m-s)	naphthalenes	in-plane ring deformation
645-575 (s)	O-C-O in esters	O-C-O bend
640-630 (s)	=CH ₂ in vinyl compounds	=CH ₂ twisting
635-605 (m-s)	pyridines	in-plane ring deformation
630-570 (s)	N-C=O in amides	N-C=O bend
630-565 (s)	C-CO-C in ketones	C-CO-C bend
615-535 (s)	C=O in amides	C=O out-of-plane bend
610-565 (vs)	SO ₂ in sulfonyl chlorides	SO ₂ deformation
610-545 (m-s)	SO ₂ in sulfones	SO ₂ scissoring
600-465 (s)	C-I in iodo compounds	C-I stretch
580-530 (m-s)	C-C-CN in nitriles	C-C-CN bend
580-520 (m)	NO ₂ in aromatic nitro compounds	NO ₂ deformation
580-430 (s)	ring in cycloalkanes	ring deformation
580-420 (m-s)	ring in benzene derivatives	in-plane and out-of-plane ring deformations (two bands)
570-530 (vs)	SO ₂ in sulfonyl chlorides	SO ₂ rocking
565-520 (s)	C-C=O in aldehydes	C-C=O bend
565-440 (w-m)	C _n H _{2n+1} in alkyl groups	chain deformation modes (two bands)
560-510 (s)	C-C=O in ketones	C-C=O bend
560-500 (s)	 in amino acids	 rocking
555-545 (s)	=CH ₂ in vinyl compounds	=CH ₂ twisting
550-465 (s)	C-C=O in carboxylic acids	C-C=O bend
545-520 (s)	naphthalenes	in-plane ring deformation
530-470 (m-s)	NO ₂ in nitro compounds	NO ₂ rocking
520-430 (m-s)	C-O-C in ethers	C-O-C bend
510-400 (s)	C-N-C in amines	C-N-C bend
490-465 (variable)	naphthalenes	out-of-plane ring bending
440-420 (s)	Cl-C=O in acid chlorides	Cl-C=O in-plane deformation
405-400 (s)	S-C≡N in thiocyanates	S-C≡N bend

Sumber: Joseph B. Lambert, et al. *Introduction to organic Spectroscopy*. Macmillan Publ. N. Y, 1998.

Ikatan	Tipe Senyawa	Daerah frekuensi (cm ⁻¹)	Intensitas
C - H	Alkana	2850 - 2970 1340 - 1470	Kuat Kuat
C - H	Alkena 	3010 - 3095 675 - 995	Sedang Kuat
C - H	Alkuna 	3300	Kuat
C - H	Cincin Aromatik	3010 - 3100 690 - 900	Sedang Kuat
O - H	Fenol, monomer alkohol, alkohol ikatan hidrogen, fenol	3590 - 3650 3200 - 3600	Berubah-ubah Berubah-ubah, terkadang melebar
	monomer asam karboksilat, ikatan hidrogen asam karboksilat	3500 - 3650 2500 - 2700	Sedang Melebar
N - H	Amina, Amida	3300 - 3500	Sedang
C=C	Alkena	1610 - 1680	Berubah-ubah
C=C	Cincin Aromatik	1500 - 1600	Berubah-ubah
C≡C	Alkuna	2100 - 2260	Berubah-ubah
C - N	Amina, Amida	1180 - 1360	Kuat
C≡N	Nitril	2210 - 2280	Kuat
C - O	Alkohol, Eter, Asam Karborsilat, Ester	1050 - 1300	Kuat
C=O	Aldehid, Keton, Asam Karboksilat, Ester	1690 - 1760	Kuat
NO ₂	Senyawa Nitro	1500 - 1570 1300 - 1370	Kuat Kuat

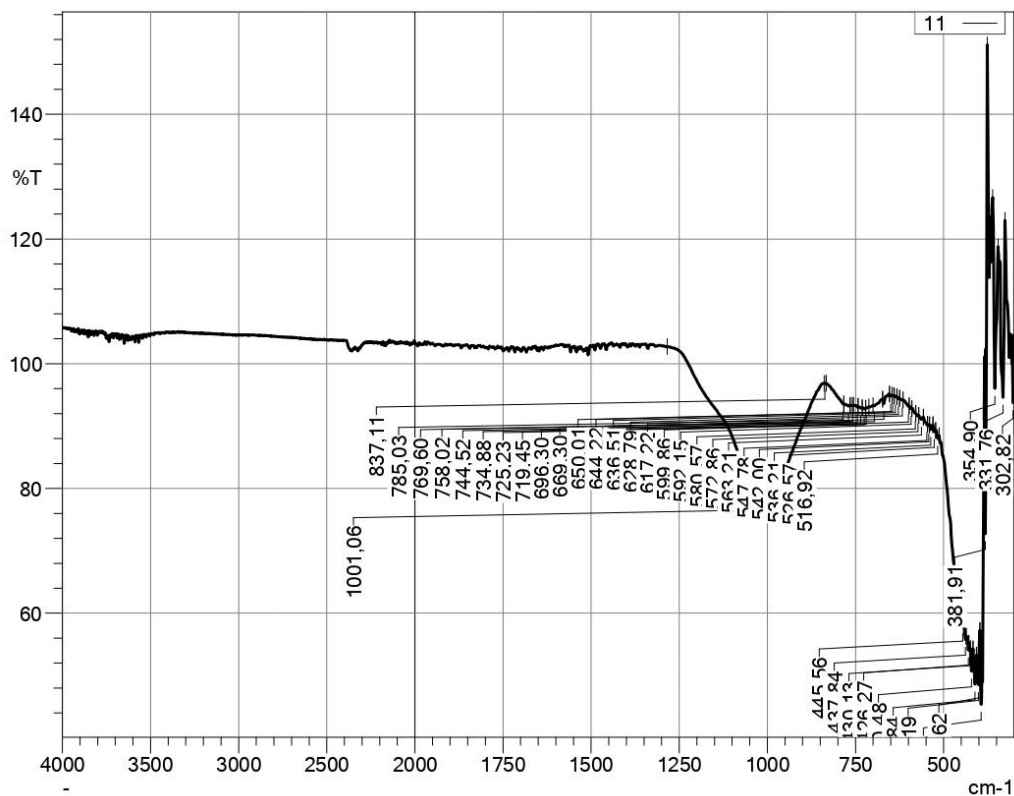
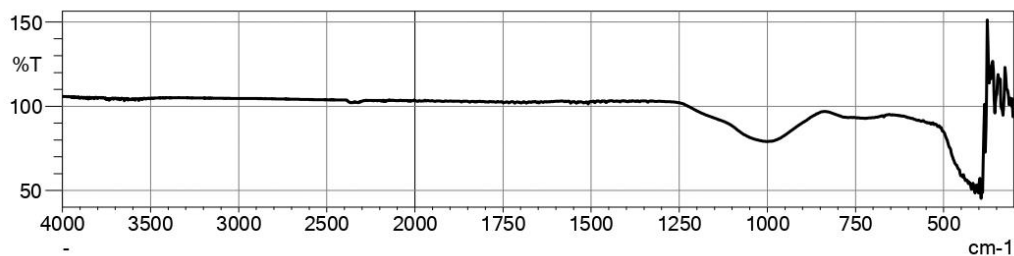
Sumber : *Principle of Instrumental Analysis*, Skoog, Holler, Nieman, 1998.



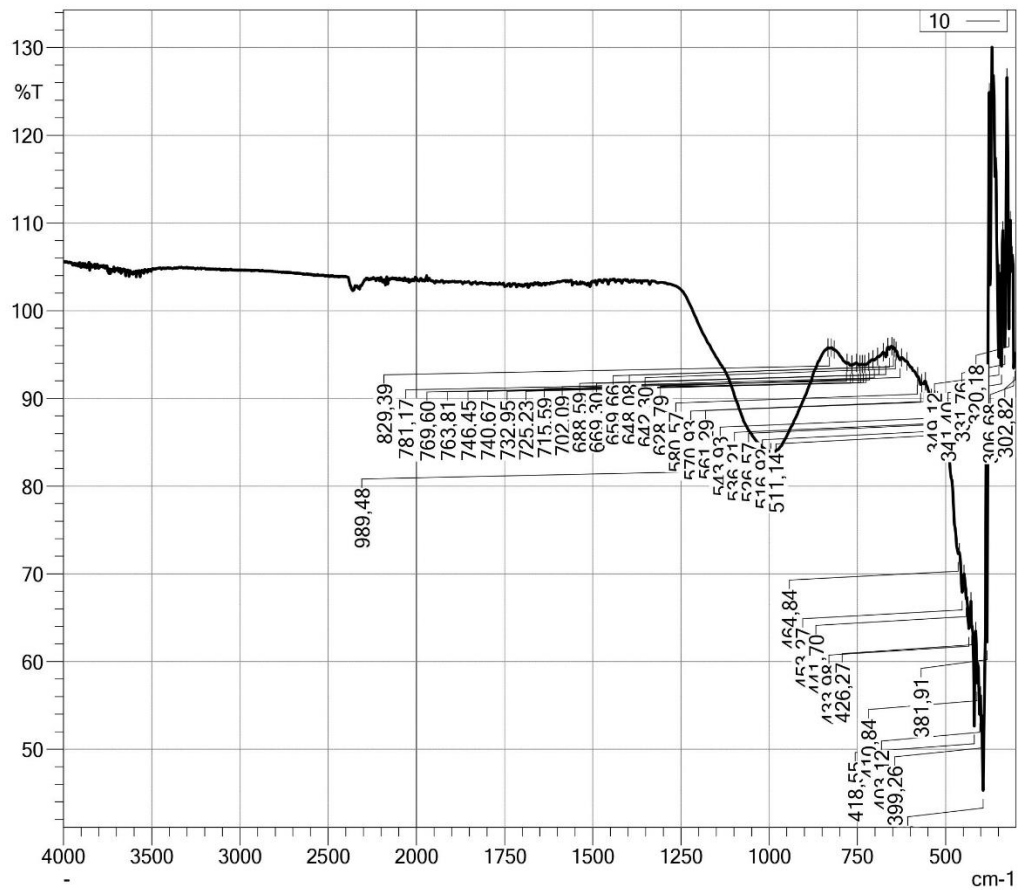
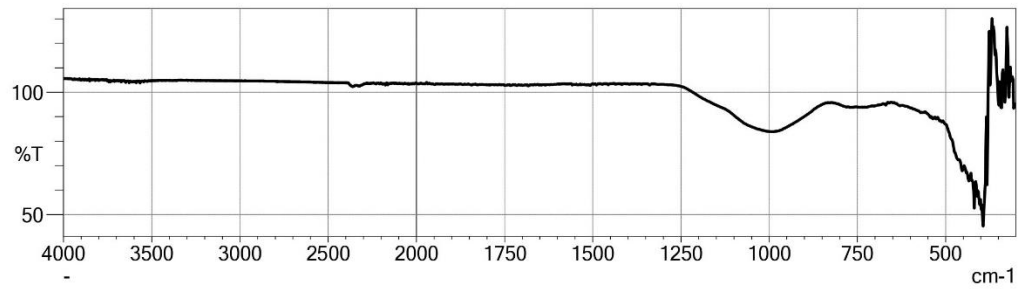
LAMPIRAN III

DATA SPEKTRA

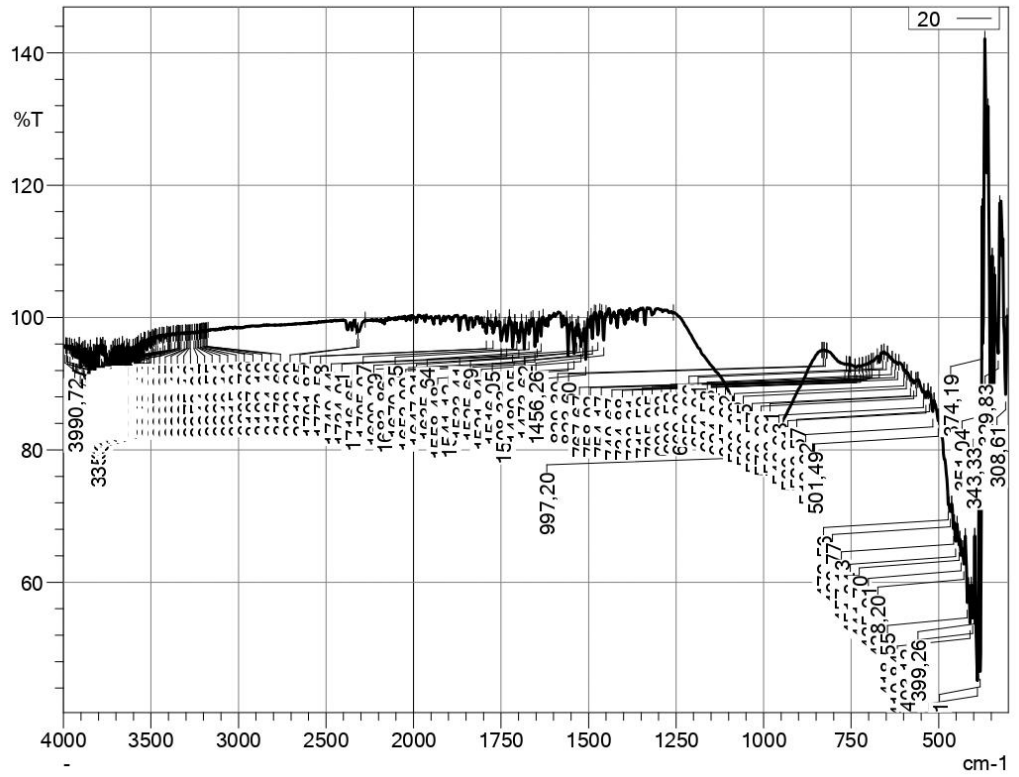
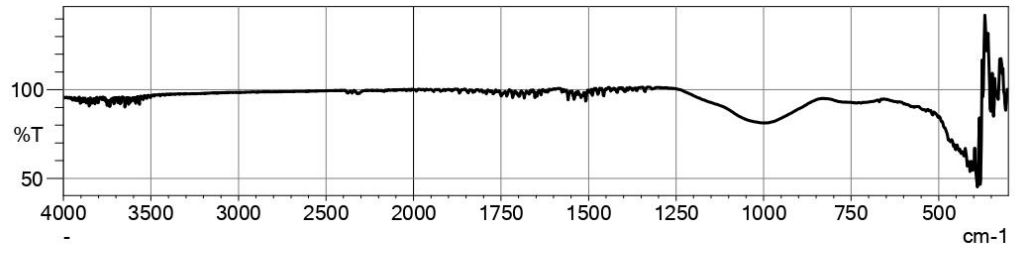
1. Raw Pumice Sebelum Adsorpsi



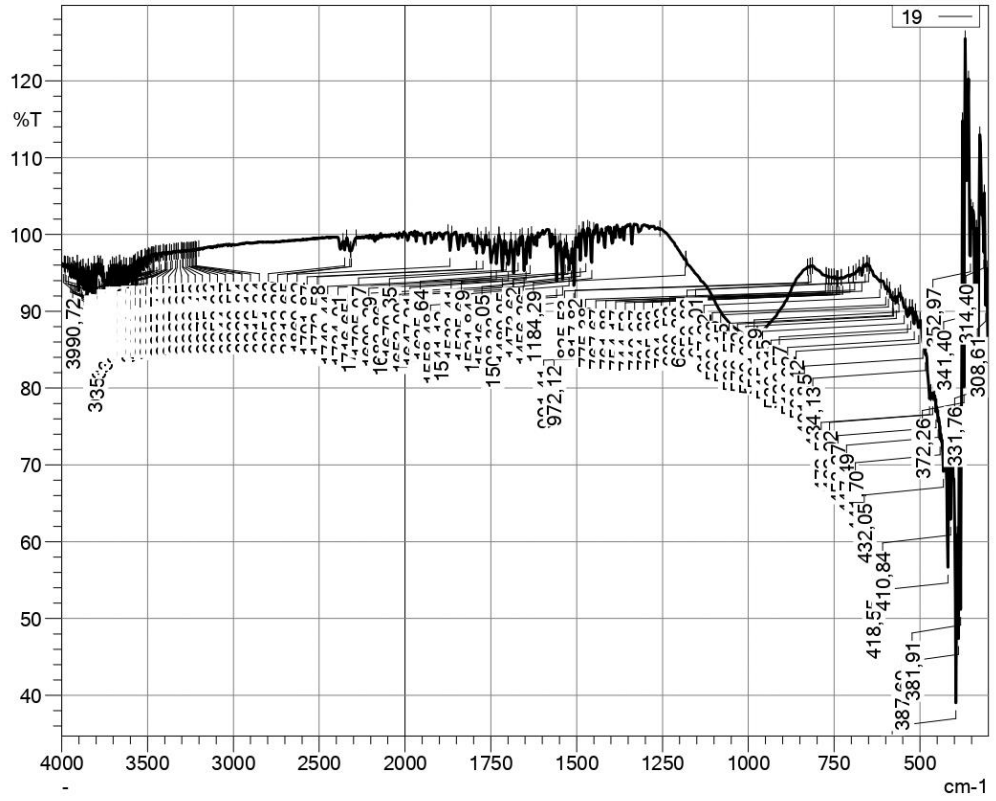
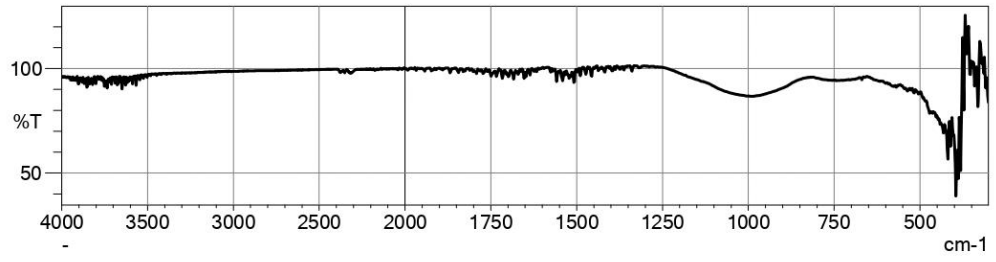
2. Fe-Coated Pumice Sebelum Adsorpsi



3. Raw Pumice Setelah Adsorpsi



4. Fe-Coated Pumice Setelah Adsorpsi



الجامعة الإسلامية
الاستدائدية

LAMPIRAN IV DOKUMENTASI



Proses aktivasi batu apung



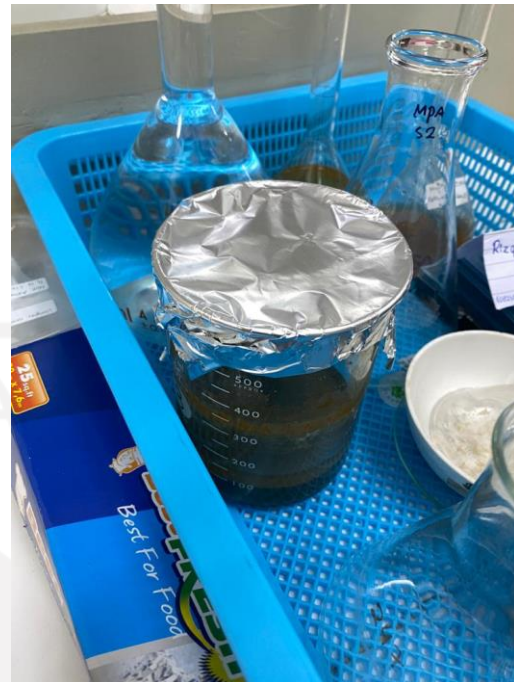
Homogen sampel menggunakan
orbital shaker



Penyaringan adsorben dengan filtrat



Pengukuran pH dengan pH meter



Batu apung yang dimodifikasi



Sampel yang siap diuji



Uji sampel dengan AAS

RIWAYAT HIDUP

Penulis berasal dari Jambi, Sumatera Selatan pada tanggal 11 Mei 1999. Anak ketiga dari Muhazir dan Waryuni. Pendidikan yang ditempuh yaitu SD Madrasah Ibtidaiyah Negeri (2005-2011), SMP Al-Falah (2011-2014), dan SMA MAN Model (2014-2017). Pada tahun 2017, penulis melanjutkan pendidikannya di Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Selama masa perkuliahan penulis melakukan kegiatan organisasi sebagai Pengurus LEM FTSP Periode 2018/2019 dan kegiatan kepanitiaan antara lain Enviro Champion, Lintas Lingkungan 2018, dan Nature. Saat ini penulis melaksanakan penelitian yang berjudul “Kemampuan Batu Apung dengan *Fe-Coated Pumice* sebagai Adsorben Penyisihan Logam Berat Mn pada Air”.

