

TA/TL/2022/1469

TUGAS AKHIR

**PEMANFAATAN AMPAS TEBU SEBAGAI *FIBER*
ADSORBENT TERENKAPSULASI NA-ALGINAT
SEBAGAI ADSORBEN LOGAM BERAT PB (II)
DALAM AIR**

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



**TATA AHIDA FITRIA
18513141**

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2022**

TUGAS AKHIR

PEMANFAATAN AMPAS TEBU SEBAGAI *FIBER* *ADSORBENT* TERENKAPSULASI NA-ALGINAT SEBAGAI ADSORBEN LOGAM BERAT PB (II) DALAM AIR

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



TATA AHIDA FITRIA
18513141

Disetujui,
Dosen Pembimbing:

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

NIK. 025100406

Tanggal: 15 Juni 2022

Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII



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

NIK. 025100406

Tanggal: 18 Agustus 2022

HALAMAN PENGESAHAN

PEMANFAATAN AMPAS TEBU SEBAGAI *FIBER ADSORBENT* TERENKAPSULASI NA-ALGINAT SEBAGAI ADSORBEN LOGAM BERAT PB (II) DALAM AIR

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

**Hari : Senin
Tanggal : 15 Agustus 2022**

Disusun Oleh:

**TATA AHIDA FITRIA
18513141**

Tim Penguji :

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



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



Dr. Hijrah Purnama Putra, S.T., M.Eng.



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 Juni 2022

Yang membuat pernyataan,



Tata Ahida Fitria

NIM: 18513141

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala karunia-Nya sehingga tugas akhir ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak Bulan Desember 2021 hingga Juni 2022 ini ialah **“Pemanfaatan Ampas Tebu sebagai *Fiber Adsorbent* Terenkapsulasi Na-Alginat sebagai Adsorben Logam Berat Pb (II) dalam Air”**. Penyusunan tugas akhir ini bertujuan untuk memenuhi syarat akademik untuk memperoleh derajat Sarjana Strata Satu (S1) Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

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

1. Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, nikmat, rezeki, dan kesempatan kepada penulis untuk mampu menyelesaikan tugas akhir ini. Tanpa kehadiran-Nya, mustahil penulis dapat sampai titik ini.
2. Orang tua penulis, Bapak Ikhwanudin dan Ibu Rodiyah dengan berbagai limpahan kasih sayang, doa, dan dukungan tiada henti kepada penulis. Sepertinya tiada kata yang mampu mewakili betapa berterimakasih dan bersyukur penulis atas jasa dan segala pengorbanan bapak dan ibu untuk penulis.
3. Bapak Eko Siswoyo, S.T., M.Sc. ES., Ph.D., selaku Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia sekaligus dosen pembimbing Tugas Akhir yang senantiasa memberikan bimbingan, nasihat, dan motivasi demi terselesaikannya tugas akhir ini.
4. Ibu Luthfia Isna Ardhayanti, S.Si., M.Sc. dan Bapak Dr. Hijrah Purnama Putra, S.T., M.Eng. selaku dosen penguji yang telah membimbing, memberi saran dan arahan dalam pelaksanaan tugas akhir ini.
5. Ibu Dr. Suphia Rahmawati, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing akademik yang telah membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan studi.

6. Semua dosen Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia atas segala ilmu yang diberikan selama penulis menempuh bangku perkuliahan. Staff, karyawan, dan laboran di Program Studi Teknik Lingkungan yang telah banyak membantu penulis dalam melancarkan hal yang berhubungan dengan Tugas akhir.
7. Teman – teman terdekat penulis yang tergabung dalam Barbarian grup yang nama grupnya bisa berubah kapanpun, terdiri dari Siti Wawaliyah, Amanda Luthfitasari, Sitti Munawaroh, dan Wahyuni Palentain Abubakar untuk 3 tahun pertemanan yang sangat indah dan berharga, semoga kita sukses di jalan kita masing-masing dan selalu dilimpahkan rasa syukur. Meskipun kalian sering bertengkar dan membuat kepala saya pusing, kalian tetap yang tercinta <3.
8. Rekan satu kamar di ujung lorong komplek Hafsoh Pondok Pesantren Pandanaran Komplek 6, terimakasih telah mendukung dan menjadi pendengar *sambatan* penulis disaat – saat sulit dalam pengerjaan Tugas Akhir ini Himatul Mustafidah, Zulfida Aulia Fatimah, dan Durrotul Hikmah.
9. Teman – teman satu angkatan Teknik Lingkungan angkatan 2018 terutama rekan satu topik, Putri Salsabila Azzahra yang senantiasa membantu kesulitan penulis dan sabar dalam menghadapi pertanyaan rekanmu ini.
10. Semua orang yang penulis kenal dan mengenal penulis, terimakasih telah setiap pertemuan pasti telah digariskan, maka bertemu kalian adalah sebuah keberuntungan.
11. Tata Ahida Fitria yang senantiasa berusaha dan bertahan ditengah berbagai kesulitan. Selamat dan Terimakasih sudah berada dan berjuang hingga titik ini. Kamu hebat Ta.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa penulisan tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Maka dari itu, kritik dan saran sangat diharapkan demi kemajuan dalam penelitian ini. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi siapa saja yang membaca.

Yogyakarta, 15 Juni 2022

ABSTRAK

TATA AHIDA FITRIA. Pemanfaatan Ampas Tebu sebagai *Fiber Adsorbent* Terenkapsulasi Na-Alginat sebagai Adsorben Logam Berat Pb (II) dalam Air. Dibimbing oleh EKO SISWOYO, S.T., M.SC. ES, M.SC, PH.D.

Timbal (Pb) adalah salah satu logam berat yang terkandung dalam limbah industri yang bersifat toksik dan berbahaya bagi lingkungan serta makhluk hidup. Pencemaran Pb di air banyak terjadi saat ini. Adsorpsi dipilih menjadi metode penghilangan ion Pb dalam air dikarenakan operasional yang mudah, biaya pengoperasiannya terjangkau, dan memiliki efisiensi penyisihan tinggi. Ampas tebu menjadi material utama adsorben yang mudah ditemui, ketersediaannya melimpah, dan murah oleh karena itu berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai adsorben yang fiber untuk menurunkan kadar Pb dalam air. Proses enkapsulasi menjadi fiber ini bertujuan menambah situs aktif adsorben sehingga meningkatkan kemampuan adsorpsi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik adsorben ampas tebu; pengaruh variasi massa, pH, waktu kontak, dan konsentrasi pada adsorpsi Pb menggunakan adsorben berbasis ampas tebu; dan kapasitas penyerapan Pb. Dibuat tiga jenis adsorben yaitu adsorben ampas tebu, ampas tebu teraktivasi, dan fiber adsorben. Penelitian dilakukan berdasarkan pengujian di laboratorium menggunakan metode *batch* menggunakan orbital shaker dan studi literatur. Pengujian karakteristik adsorben dilakukan menggunakan instrumen FTIR dan SEM. Dari data uji FTIR diketahui terdapat gugus hidroksil (OH) pada adsorben ampas tebu. Pada hasil uji SEM terlihat pori pada permukaan adsorben pada perbesaran 1500 dan 5000 kali. Data hasil percobaan didapat konsisi optimum proses adsopsi adalah massa optimum 100 mg, nilai pH 5, waktu kontak 100. Adsorben dengan kapasitas adsorpsi paling tinggi adalah fiber adsorben yaitu 97,088 mg/g. Kapasitas adsorben ampas tebu adalah 79,37 mg/g. Kapasitas adsorpsi Adsorben teraktivasi sebesar 17,95 mg/g. Proses adsopsi adsorben ampas tebu dan Fiber adsorben dapat menunjukkan model isoterm Langmuir.

Kata kunci: Adsorpsi, Ampas Tebu, Timbal

ABSTRACT

TATA AHIDA FITRIA. Utilization of Sugarcane Bagasse as a Na-Alginate Encapsulated Fiber Adsorbent as an Adsorbent for Heavy Metal Pb (II) in Water. Supervised by EKO SISWOYO, S.T., M.SC. ES, M.SC, PH.D.

Lead (Pb) is one of the heavy metals contained in industrial waste which is toxic and harmful to the environment and living things. There is a lot of Pb pollution in water nowadays. Adsorption was chosen as the method of removing Pb ions in water due to its easy operation, low operating costs, and high removal efficiency. Bagasse is the main adsorbent material that easy to find, abundantly available, and inexpensive, therefore it has the potential to be used as a fiber adsorbent to reduce Pb levels in the water. The encapsulation process into fiber aims to increase the active site of the adsorbent to increase the adsorption ability. The purpose of this study was to determine the characteristics of the adsorbent of bagasse; the effect of mass variation, pH, contact time, and concentration on Pb adsorption using bagasse adsorbent. The research was conducted based on laboratory testing using the batch method using an orbital shaker and literature studies. The characteristics of the adsorbent were tested using FTIR and SEM instruments. The results of the FTIR test showed that there was a hydroxyl group (OH). The results of the SEM test showed that the pores on the surface of the adsorbent were at a magnification of 1500 and 5000 times. The experimental data obtained that the optimum conditions for the adsorption process were the optimum mass of 100 mg, the value of pH 5, and the contact time of 120 minutes. The adsorbent with the highest adsorption capacity was the fiber adsorbent, which was 97.088 mg/g. The capacity of the bagasse adsorbent is 79.37 mg/g, the adsorption capacity of the activated is 17,95 mg/g. The adsorption process show the Langmuir isotherm model.

Keywords: Adsorption, Sugarcane Bagasse, Lead

DAFTAR ISI

PERNYATAAN.....	ii
PRAKATA.....	i
ABSTRAK.....	iii
ABSTRACT.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Ruang Lingkup.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Timbal.....	5
2.2 Tebu.....	5
2.4 Adsorpsi.....	7
2.5 Uji Karakteristik Adsorben.....	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 Parameter dan Metode Uji.....	13
3.4 Variabel Penelitian.....	14
3.5 Prosedur Penelitian.....	15
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	23
4.1 Karakteristik Adsorben.....	23
4.2 Uji Adsorpsi.....	30
BAB V SIMPULAN DAN SARAN.....	50

5.1	Simpulan	50
5.2	Saran	50
DAFTAR PUSTAKA.....		51
RIWAYAT HIDUP		87



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu	9
Tabel 4. 1 Interpretasi Gugus Fungsi Adsorben Ampas Tebu, Ampas Tebu Teraktivasi, dan Fiber Ampas Tebu Sebelum Proses Adsorpsi.....	24
Tabel 4. 2 Interpretasi Gugus Fungsi Adsorben Ampas Tebu, Ampas Tebu Teraktivasi, dan Fiber Ampas Tebu Sesudah Adsorpsi	26
Tabel 4. 3 Data Variasi Massa Adsorben Ampas Tebu	31
Tabel 4. 4 Data Variasi Massa Adsorben Ampas Tebu Teraktivasi	31
Tabel 4. 5 Data Variasi Massa Fiber Adsorben.....	31
Tabel 4. 6 Data Percobaan Variasi pH Adsorben Ampas Tebu	33
Tabel 4. 7 Percobaan Variasi pH Adsorben Teraktivasi	33
Tabel 4. 8 Percobaan Variasi pH Fiber Adsorben	34
Tabel 4. 9 Percobaan Variasi Waktu Kontak Adsorben Ampas Tebu	36
Tabel 4. 10 Percobaan Variasi Waktu Kontak Adsorben Teraktivasi.....	36
Tabel 4. 11 Percobaan Variasi Waktu Kontak Fiber Adsorben	36
Tabel 4. 12 Hasil Uji Variasi Konsentrasi Adsorben Ampas Tebu.....	38
Tabel 4. 13 Hasil Uji Variasi Konsentrasi Ampas Tebu Teraktivasi	38
Tabel 4. 14 Hasil Uji Variasi Konsentrasi Fiber Adsorben	38
Tabel 4. 15 Hasil Uji Variasi Konsentrasi.....	40
Tabel 4. 16 Data Penentuan Konstanta Langmuir Adsorben Ampas Tebu.....	42
Tabel 4. 17 Data Penentuan Konstanta Langmuir Ampas Tebu Teraktivasi	43
Tabel 4. 18 Data Penentuan Konstanta Langmuir Fiber Adsorben.....	44
Tabel 4. 19 Data Penentuan Konstanta Freundlich Ampas Tebu.....	46
Tabel 4. 20 Data Penentuan Konstanta Freundlich Ampas Tebu Teraktivasi	46
Tabel 4. 21 Data Penentuan Konstanta Freundlich Fiber Adsorben	47
Tabel 4. 22 Hasil Pemodelan Isoterm Langmuir dan Freundlich.....	48



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Diagram Alur Penelitian.....	15
Gambar 3. 2 Diagram Alir Proses Pembuatan Adsorben Ampas Tebu	16
Gambar 3. 3 Diagram Alir Preparasi Adsorben Teraktivasi	17
Gambar 3. 4 Diagram Alir Pembuatan Larutan Na-alginat	17
Gambar 3. 5 Diagram Alir Pembuatan Adsorben Terenkapsulasi.....	18
Gambar 3. 6 Diagram alir Penentuan Massa Optimum	19
Gambar 3. 7 Diagram Alir Penentuan pH Optimum.....	20
Gambar 3. 8 Diagram Alir Waktu Kontak Optimum.....	20
Gambar 3. 9 Diagram Alir Penentuan Konsentrasi Optimum	21
Gambar 3. 10 Diagram Alir Penentuan Konsentrasi Optimum	22
Gambar 4. 1 Hasil Uji FTIR Sebelum Adsorpsi.....	24
Gambar 4. 2 Hasil Uji FTIR Sesudah Adsorpsi	26
Gambar 4. 3 Permukaan Adsorben Ampas Tebu Perbesaran 1500 kali (b) Permukaan Adsorben Ampas Tebu Perbesaran 5000 kali	28
Gambar 4. 4 (a) Permukaan Adsorben Ampas Tebu Teraktivasi Perbesaran 1500 kali (b) Permukaan Adsorben Ampas Tebu Teraktivasi dengan Perbesaran 5000 kali.....	28
Gambar 4. 5 (a) Permukaan Fiber Ampas Tebu Perbesaran 1500 kali (b) Permukaan Fiber Ampas Tebu Perbesaran 5000 kali	29
Gambar 4. 6 Kurva Kalibrasi Larutan Standar Pb	30
Gambar 4. 7 Grafik Hubungan Variasi Massa terhadap Adsorpsi Pb.....	32
Gambar 4. 8 Grafik Hubungan Nilai pH dengan % Removal.....	34
Gambar 4. 9 Grafik Hubungan Waktu Kontak dengan % Removal	37
Gambar 4. 10 Hubungan Konsentrasi dengan % Removal.....	39
Gambar 4. 11 Larutan Pb yang engendap Oleh NaOH.....	39
Gambar 4. 12 Hubungan Konsentrasi Pb dengan % Removal.....	40
Gambar 4. 13 Kurva Keseimbangan Adsorben	41
Gambar 4. 14 Kurva Kalibrasi Isoterm Langmuir Adsorben Ampas Tebu	42
Gambar 4. 15 Kurva Kalibrasi Isoterm Langmuir Adsorben Ampas Tebu	43
Gambar 4. 16 Kurva Kalibrasi Isoterm Langmuir Fiber Adsorben	44
Gambar 4. 1 Kurva Kalibrasi Isoterm Freundlich Ampas Tebu	46

Gambar 4. 18 Kurva Kalibrasi Isoterm Freundlich Ampas Tebu
Teraktivasi47

Gambar 4. 19 Kurva Kalibrasi Isoterm Freundlich Fiber Adsorben48



DAFTAR LAMPIRAN

1. Lampiran Perhitungan	54
2. Lampiran 2 Data Karakteristik FTIR	61
3. Lampiran 3 Dokumentasi	68
4. Lampiran 4 Tabel Korelasi Gugus Fungsi	70
5. Lampiran 5 SNI 6989.8:2009 Air dan Air Limbah – Bagian 8 : Cara Uji Timbal (Pb) secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) - Nyala	76



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring perkembangan jaman, kualitas air permukaan semakin memburuk. Kondisi ini dipengaruhi oleh masuknya pencemar ke badan air. Pencemar yang masuk ke badan air berasal dari limbah domestik. Berkembangnya perindustrian juga memberikan dampak terhadap menurunnya kualitas air dikarenakan limbah industri yang dibuang ke badan air. Jenis kontaminan pada air permukaan berupa kontaminan organik dan anorganik. Kontaminan non organik yang kerap ditemui di badan air adalah timbal (Pb). Pb adalah jenis logam berat yang potensial menjadi bahan kontaminan, dikarenakan dapat bertahan lama di dalam suatu badan sebelum akhirnya mengendap atau teradsorpsi oleh adanya berbagai reaksi kimia di perairan (Yohana & Maramis, 2011). Dampak dari logam berat Pb dapat menimbulkan kematian ikan, keracunan pada manusia dan ternak, kematian plankton, dan akumulasi pada daging dan ikan (Supraptini, 2002).

Pencemaran Pb merupakan masalah serius karena sifat bioakumulasi dari logam berat yang berbahaya bagi makhluk hidup. Adsorpsi timbal dalam tubuh makhluk hidup berlangsung sangat lambat, sehingga terjadi akumulasi dan menjadi dasar keracunan yang progresif. Keracunan ini dapat menjadikan kadar timbal yang tinggi dalam aorta, hati, ginjal, pankreas, paru-paru, tulang, limpa, testis, jantung, bahkan otak (Rahmi & Sajidah, 2017). Terdapat beberapa metode untuk mengurangi kadar logam timbal dalam air antara lain filtrasi, presipitasi kimia, koagulasi, oksidasi kimia, foto degradasi, proses elektrokimia, dan biodegradasi. Adsorpsi merupakan metode paling sederhana yang dapat digunakan untuk mengurangi kadar timbal dalam air (Dyah et al., 2018).

Adsorpsi adalah proses akumulasi adsorbat pada permukaan adsorben yang disebabkan oleh gaya tarik antar molekul adsorbat dengan permukaan adsorben (Palar, H. 2008). Adsorben banyak terbuat dari bahan yang memiliki banyak pori karena Adsorpsi berlangsung terutama pada dinding pori. Penelitian tentang pemanfaatan adsorben alami untuk mengurangi konsentrasi logam berat sudah banyak dilakukan, adsorben alami digunakan dengan alasan lebih ramah

lingkungan sehingga tidak menimbulkan zat pencemar baru. Selain itu, biaya pembuatan yang tergolong rendah.

Bahan alami yang dapat dimanfaatkan menjadi bahan utama adsorben salah satunya adalah ampas tebu. Ampas tebu merupakan bahan alami yang merupakan limbah dari hasil pembuatan gula dan minuman tebu yang komponen penyusun didalamnya berupa serat yang mengandung selulosa, seperti poliosa, hemiselulosa, lignoselulosa, dan lignin (Hermiati et al., 2017). Kandungan tersebut berpotensi untuk dikonversi menjadi karbon sehingga berperan penting pada proses adsorpsi. Penelitian terdahulu yang telah memanfaatkan ampas tebu menjadi arang aktif sebagai adsorben yang berfungsi menghilangkan zat warna Congo Red (Zhang, 2011), penurunan kadar besi dalam air sumur (Ashabani, 2013), menurunkan konsentrasi logam berat menggunakan arang ampas tebu hasil karbonasi pada suhu 250°C selama 2,5 jam (Apriliani, 2010). Daya serap ampas tebu telah diuji oleh Rinawati (2008) untuk remediasi magnesium, mangan, seng, dan dan nitrat pada air lindi. Pemanfaatan ampas tebu yang diktifikasi menggunakan CH_3COOH mampu mengadsorpsi logam Pb sebesar 82,22% (Trisna, 2017)

Pada penelitian kali ini, ampas tebu yang telah diaktivasi menggunakan $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$ akan dienkapsulasi menggunakan *Alginate Gel* sebagai penyerap Timbal (Pb) dalam bentuk *fiber adsorbent*. Enkapsulasi menggunakan alginate bertujuan untuk menambah gugus fungsi sehingga kapasitas Adsorpsi menjadi bertambah (Sedyanto, 2018). Penelitian kali ini akan menentukan kondisi optimum pada proses adsorpsi diantaranya penentuan massa optimum, pH optimum, waktu kontak optimum, dan konsentrasi optimum. Dari hasil uji tersebut maka dapat didapat efisiensi removal adsorben pada adsorpsi logam Pb. Keunggulan dari proses enkapsulasi adalah memudahkan pemisahan adsorben setelah proses Adsorpsi (Siswoyo et al., 2014)

1.2 Perumusan Masalah

Dari latar belakang diatas dapat dirumuskan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana karakteristik ampas tebu sebagai *fiber adsorbent*?
2. Bagaimana pengaruh variasi massa, pH, waktu kontak, dan konsentrasi pada Adsorpsi ion logam timbal menggunakan *fiber adsorbent* berbasis ampas tebu?
3. Berapa kapasitas penyerapan ion logam timbal oleh *fiber adsorbent* berbasis ampas tebu?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengidentifikasi karakteristik ampas tebu sebagai *fiber adsorbent*.
2. Menganalisis pengaruh variasi massa, pH, waktu kontak, dan konsentrasi pada Adsorpsi ion logam timbal menggunakan *fiber adsorbent* berbasis ampas tebu.
3. Mengetahui kapasitas penyerapan ion logam timbal oleh *fiber adsorbent* berbasis ampas tebu.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah :

1. Memberikan informasi tentang kemampuan ampas tebu sebagai fiber adsorbent yang diaktivasi menggunakan $C_6H_8O_7$ dalam menurunkan ion Pb dalam air.
2. Memberikan alternatif teknologi penyerapan logam berat yang berasal dari limbah ampas tebu.
3. Hasil penelitian ini dapat dijadikan referensi dalam memanfaatkan limbah sebagai bahan baku adsorben.

1.5 Ruang Lingkup

Terkait dengan penelitian yang dilakukan, untuk menghindari penyimpangan, pelebaran fokus, dan memudahkan pelaksanaan penelitian, maka digunakan ruang lingkup sebagai berikut :

1. Penelitian dilakukan di Laboratorium Kualitas Air Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP Kampus terpadu UII.
2. Pengujian adsorpsi logam berat Pb dilakukan dengan memperhatikan aspek massa adsorben, pH larutan, waktu kontak, dan konsentrasi Pb.
3. Metode aktivasi dilakukan menggunakan $C_6H_8O_7$.
4. Adsorben dimodifikasi menggunakan *Alginate Gel* menjadi *fiber adsorbent*.
5. Air limbah yang digunakan yaitu air limbah sintesis yang mengandung ion logam timbal, dengan metode uji mengacu pada SNI 6989,8-2009 tentang Cara Uji Timbal dengan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)-nyala.
6. Pengujian karakteristik gugus fungsi adsorben pada penelitian ini menggunakan *Fourier Transform Infrared (FTIR)*
7. Pengujian gambaran permukaan adsorben menggunakan instrumen *Scanning Electron Microscope (SEM)*.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Timbal

Pb adalah salah satu logam berat yang terdapat secara alami di lingkungan dan tersebar di seluruh kerak bumi. Timbal (Pb) memiliki nomor atom 82 dan berada pada golongan IVA dalam tabel periodik unsur. Logam pada golongan A lebih beracun bila dibandingkan dengan logam pada golongan B. Timbal yang berjumlah besar akan berdampak buruk bagi lingkungan. Pb (timbal) yang dihasilkan manusia, jumlahnya lebih besar dibanding dengan proses alami. Timbal yang telah terakumulasi akan lebih susah terurai oleh proses biologi. Timbal bersifat toksik bagi manusia jika masuk ke dalam tubuh manusia dan menyebar lewat aliran darah. Timbal di dalam tubuh dapat menyebabkan gangguan kesehatan seperti mual, kerusakan otak dan saraf secara permanen, pneumonia, dan juga mampu merusak sistem kekebalan tubuh.

Dengan berbagai potensi resiko yang diakibatkan dari keberadaan Pb di lingkungan secara tidak terkontrol akan mengganggu keseimbangan ekosistem oleh karena itu, konsentrasi Pb di lingkungan perlu dikontrol dengan baik. Menurut peraturan pemerintah NO. 82 tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan pengendalian Pencemaran Air, keberadaan timbal di sungai memiliki batas maksimal 0,03 mg/L untuk sungai kelas I, II, dan III, sedangkan untuk sungai kelas IV sebesar 1 mg/L. Untuk pengolahan air minum konvensional konsentrasi Pb \leq 0,1 mg/L. Sedangkan menurut PerMen LH No. 05 tahun 2014 tentang Baku Mutu Limbah Cair bahwa batas maksimum untuk logam berat Pb dalam air adalah 0,1 mg/L.

2.2 Tebu

Tebu memiliki nama ilmiah *Saccharum officinarum*, Linn yang merupakan tanaman yang banyak di temukan di daerah beriklim tropis. Tebu adalah tanaman ber biji tunggal dengan akar serabut, memiliki batang beruas-ruas dan dapat tumbuh hingga tinggi 4 meter. Memiliki daun berupa pelepah dengan panjang mencapai 1-2 meter dan lebar 4-8 cm dan permukaan daun yang berbulu. Tebu dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan gula. Tebu yang siap panen akan

diolah di pabrik gula, dalam produksinya setiap tebu menghasilkan 90% ampas tebu, dan 5% gula sisanya berupa tetes tebu (molase) dan air (Wijayanti, 2009). Ampas tebu berasal dari pemerasan batang tebu yang telah diambil air niranya. Ampas tebu merupakan residu dari pengolahan gula. Dengan persentase jumlah ampas tebu yang besar, akan lebih baik dimanfaatkan untuk kepentingan lainnya. Ampas tebu mengandung pentosa yang merupakan salah satu polisakarida sebesar 20-27% (Wijayanti, 2009).

Ampas tebu mengandung selulosa yang cukup tinggi sebesar 42,67% sehingga bisa dimanfaatkan sebagai adsorben (Safrianti et al., 2012). Selulosa dalam ampas tebu dilapisi oleh lignin yang membuat struktur selulosa bersifat kuat. Oleh karena itu ampas tebu perlu didelignifikasi untuk menghilangkan kandungan lignin (Gunam et al., 2011). Perlakuan delignifikasi yang digunakan adalah asam sitrat atau ($C_6H_8O_7$)

2.3 Sodium Alginate Gel

Alginate merupakan polisakarida yang cukup melimpah di alam dan dijumpai sebagai komponen struktural dalam alga coklat (Phaeophyceae) dan sebagai polisakarida kapsuler pada bakteri tanah. Alginate mudah beragregasi dan membentuk fisik gel dengan adanya kation. Asosiasi rantai, struktur dan mekanik gel tergantung pada jenis ion dan komposisi rantai alginate yang pada akhirnya akan menentukan kekakuannya (Hecht & Srebnik, 2016). Alginat merupakan kandungan utama dari dinding sel algonofit yang tersusun dari asam guluronat dan manuronat, dengan ikatan 1,4 β -D-asam manuronat dan α -L-guluronat.

Alginat digunakan untuk menstabilkan campuran, disperasi, dan emulsi, yang berkaitan dengan sifat sebagai pembentuk gel dan peningkatan viskositas (Musollaeni, 2010). Kelebihan alginat gel antara lain memiliki sifat biodegradasi, hidrofilik, mengandung gugus dan karboksil. Kehadiran gugus karboksil dalam struktur alginat dapat meningkatkan kemampuan adsorpsi berbagai ion logam dibandingkan dengan polivinil alcohol dan 2-hidroksimetakrilat (Nayak & Lahiri, 2006).

Sodium alginate Gel digunakan sebagai bahan yang berperan sebagai bahan enkapsulasi dari adsorben. Enkapsulasi merupakan Teknik menyalut inti dari senyawa baik berupa aktif padat, cair, gas, maupun sel dengan bahan pelindung

tententu dengan tujuan untuk mengurangi kerusakan dari senyawa aktif tersebut. Proses enkapsulasi membantu memisahkan material inti dengan lingkungannya hingga material terlepas (*relaase*) ke lingkungan.

2.4 Adsorpsi

Adsorpsi merupakan proses pemusatan substansi adsorbat ada adsorben dan dalam hal ini dapat terjadi pada antara muka dua fasa. Adsorben merupakan zat padat yang dapat menyerap komponen tertentu dari suatu fase fluida (Saragih, 2008). Adsorpsi melibatkan fenomena pelekatan pada permukaan yang melibatkan interaksi antara fase padat dan fase cair. Adsorpsi juga dikatakan sebagai sebuah proses dalam penghapusan polutan berkonsentrasi rendah dari volume yang besar pada air limbah, daan air solusi (Delaroza, 2018).

Zat yang menyerap komponen tertentu pada suatu fase fluida disebut adsorben. Adsorben kebanyakan terbuat dari bahan – bahan yang sangat berpori dan Adsorpsi berlangsung pada dinding – dinding pori tersebut. Adsorben alami yang disebut juga bioadsorben, memiliki banyak kelebihan diantaranya mudah dijumpai dikarenakan berasal dari bahan alami disekitar manusia (Rahmi & Sajidah, 2017) bahan alami juga ramah lingkungan dan tidak menimbulkan polutan baru.

Adsorpsi dikelompokkan menjadi 2 jenis yaitu Adsorpsi fisik dan kimia. Adsorpsi fisik (*Van Der Walls Adsorption*) terjadi jika gaya intermolekuler yang relatif lemah antara adsorbat dengan permukaan adsorben. Adsorben bergerak dari satu bagian permukaan ke bagian permukaan lain adsorben berlangsung cepat, dapat membentuk lapisan lemak, dan dapat berinteraksi balik (*reversible*), dikarenakan membutuhkan energi yang relatif rendah. Sedangkan Adsorpsi kimia (*Activated adsorption*) terjadi karena adanya reaksi antara molekul-molekul adsorbat dengan adsorben dimana terbentuk ikatan kovalen dengan ion. Adsorpsi kimia bersifat tidak reversibel dan hanya dapat membentuk lapisan tunggal (*monolayer*). Contoh dari pengaplikasian adsorpsi kimia adalah *ion exchange*.

Adsorpsi memiliki juga memiliki model, dimana model ini bertujuan untuk merepresentasikan kondisi nyata dilapangan. Terdapat dua model adsorbesi konvensional yang sering diterapkan yaitu model isotherm Langmuir dan isotherm Freundlich.

a. Isoterm Langmuir

Model isoterm Langmuir mendefinisikan bahwa kapasitas maksimum terjadi adanya lapisan tunggal (*monolayer*) pada lapisan permukaan adsorben. Adsorben yang diuji dengan model isoterm Langmuir, diasumsikan memiliki sifat :

- Adsorben memiliki permukaan homogen dimana hanya dapat mengadsorpsi satu molekul adsorbat saja pada setiap molekul adsorbennya. Dengan kata lain, molekul yang diadsorpsi oleh site (tempat terjadinya reaksi dalam permukaan adsorben) yang tetap.
- Semua proses Adsorpsi hanya terbentuk satu lapisan tunggal saat Adsorpsi maksimum.

Dimana persamaan isoterm Langmuir adalah sebagai berikut :

$$\frac{C_e}{Q_e} = \frac{1}{q_m} C_e + \frac{c_e}{K_L \cdot Q_m}$$

Dengan : C_e = Konsentrasi equilibrium
 q_e = Nilai Adsorpsi saat equilibrium
 q_m = Nilai serapan maksimum

b. Isoterm Freundlich

Model isoterm Freundlich mendefinisikan bahwa terdapat lebih dari satu permukaan (*multilayer*) dan *site* bersifat homogen, dengan memiliki perbedaan energi pengikatan pada setiap *site*. Persamaan isoterm Freundlich adalah sebagai berikut :

$$Q_e = K \cdot C_e^{1/n}$$

Dimana : Q_e = Jumlah zat teradsorpsi setiap unit massa adsorben (mg/g)

C_e = Konsentrasi kesetimbangan zat teradsorpsi di fasa cair

K = Konstanta Freundlich yang berkaitan dengan kapasitas

$1/n$ = Konstanta Freundlich yang berkaitan afinitas Adsorpsi

2.5 Uji Karakteristik Adsorben

Uji karakteristik dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui struktur, ukuran pori, dan kandungan kimia pada adsorben yang diuji. Beberapa instrumen yang akan digunakan dalam uji karakteristik adsorben ini antara lain SEM, FTIR, dan AAS. *Scanning Electron Microscopy* (SEM) merupakan salah satu Teknik untuk

mengretahui karakteristik dari suatu zat dengan metode X-ray. Pada penggunaan SEM ini, informasi yang diberikan adalah gambar layaknya peta mengenai komposisi unsur permukaan zat. Teknik ini biasa digunakan untuk mempelajari kandungan dan kemampuan disperse logam berat pada permukaan karbon (Duran, 2012).

Fourier Transform Infra Red (FTIR) yaitu instrumen yang berfungsi untuk menentukan simultan komponen organik, termasuk ikatan kimia, serta kandungan organik seperti protein, karbohidrat, lipid, dan lainnya (Nandiyanto et al., 2019). Prinsip kerja dari FTIR yaitu dengan melewati radiasi IR melalui sampel. Radiasi IR akan diserap oleh sampel dan sebagian akan dilewatkan (ditransmisikan). Spektrum yang dihasilkan mewakili penyerapan dan transmisi molekuler menciptakan sidik jari molekuler (*molecular fingerprint*). Layaknya sidik jari, struktur molekul unik dan berbeda tidak akan menghasilkan spektrum IR yang sama (Dutta, 2017).

Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) atau Spektrofotometri Serapan Atom (AAS) adalah instrumen dimana atom gas bebas menyerap radiasi elektromagnetik pada panjang gelombang tertentu untuk menghasilkan sinyal yang dapat terukur, dimana sinyal adsorbs sebanding dengan konsentrasi atom penyerap bebas di jalur optik (Fernandez et al. 2019).

2.6 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu yang dilakukan untuk menyerap ion timbal dijelaskan pada tabel dibawah ini :

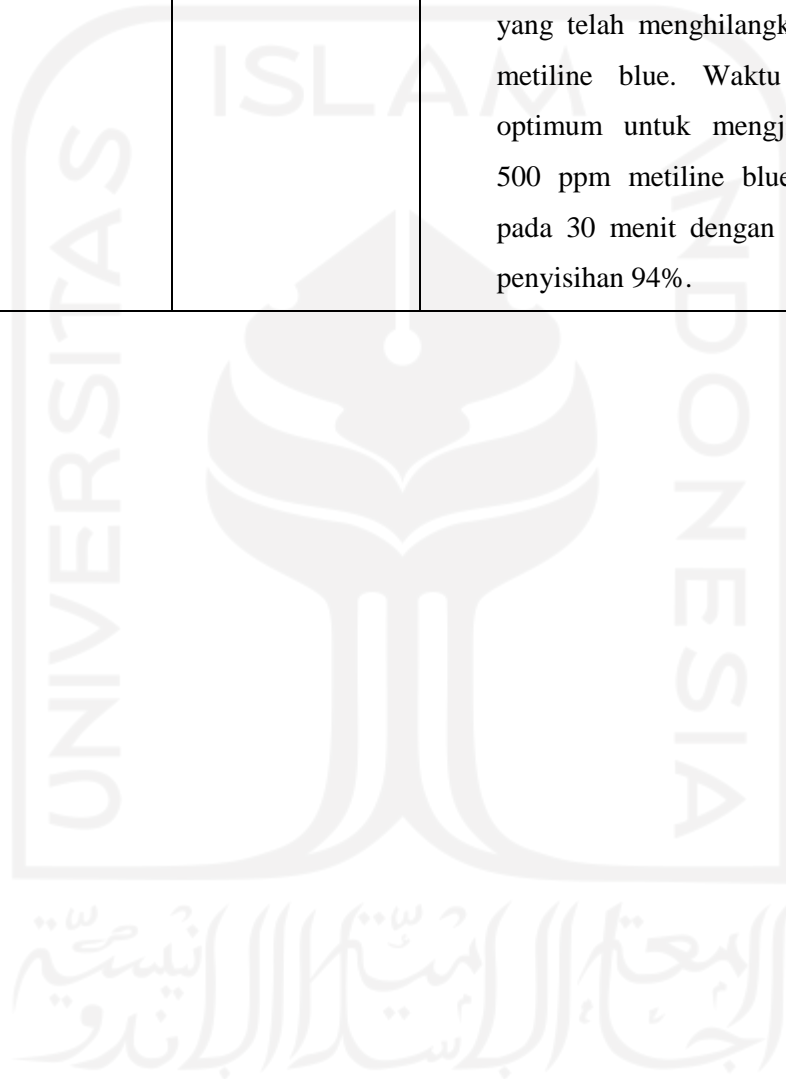
Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

Referensi	Jenis Adsorben	Ringkasan Penelitian
Pemanfaatan Arang Ampas Tebu Sebagai Adsorben Ion Logam Cd, Cr, Cu dan Pb Dalam Air Limbah (Apriliani, 2010)	Arang ampas tebu	<ul style="list-style-type: none"> a. Variasi massa arang ampas tebu dengan partikel berukuran 212 μm adalah 0,5 ; 1 dan 1,5 gram. b. Variasi pH 3 – 7 c. Variasi konsentrasi larutan ion logam (Cd, Cr, Cu, dan Pb) adalah 20, 40, 60, 80, dan 100

		<p>mg/L.</p> <p>d. Variasi pengaruh pemanasan arang ampas tebu pada suhu 250°C adalah 1,5 jam, 2 jam, 2,5 jam, dan 3 jam.</p> <p>e. Adsorpsi mengikuti model isotherm Langmuir</p> <p>f. Hasil Penelitian :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Massa optimum untuk penyisihan ion Cd, Cr, Cu, dan Pb adalah 1,5 gram. - Pada ion logam Cd, Cr, dan Pb pH optimum berada di angka 5 sedangkan untuk Cu pH optimum berada pada angka 5. - Lama pemanasan optimum untuk ion logam Cd dan Pb selama 2,5 jam sedangkan untuk ion logam Cr dan Cu selama 1,5 jam. - Nilai efisiensi penyerapan tertinggi yaitu pada Pb sebesar 95,92% dan kapasitas penyerapan sebesar 0,3941 mg/g - Adsorpsi terhadap Cd, Cr, Cu, dan Pb berlangsung secara kemisorpsi maupun fisisorpsi dengan linieritas diatas 60%.
<p>Pemanfaatan Kulit Singkong Sebagai Fiber Adsorben Terenkapsulasi Na-Alginat Penyerap Logam Berat Pb(II) Dalam Air (Sedyanto, 2018).</p>	<p>Kulit singkong bubuk (NACP), Kulit singkong teraktivasi NaOH (ACP), dan ACP yang teraktivasi secara thermal</p>	<p>a. Menggunakan metode batch</p> <p>b. Variasi konsentrasi Pb sebesar 50 mg/L, 100 mg/L, 150 mg/L, 200 mg/L, 300 mg/L, dan 400 mg/L.</p> <p>c. Variasi pH adalah 3 – 9.</p> <p>d. Variasi waktu kontak selama 15, 30, 60, 90, dan 120 menit untuk</p>

	<p>dan terenkapsulasi menggunakan gel alginat (<i>FACP</i>).</p>	<p>ACP dan 30, 60, 120, 180, dan 240 menit untuk <i>FACP</i>.</p> <p>e. Variasi konsentrasi adsorben</p> <p>f. Adsorpsi mengikuti model isoterm Langmuir</p> <p>g. Hasil penelitian :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Adsorpsi fiber adsorben memiliki kapasitas maksimum tertinggi yaitu 111,111 mg/L. Kapasitas maksimum adsorben ACP, NACP, dan <i>FACP</i> pada pH 5 berturut – turut 60,98 mg/g, 63,64 mg/g, dan 111,11 mg/g. - Proses Adsorpsi pada adsorben ACP dan NACP berjalan optimum pada massa 400 mg, pH 5 dan waktu kontak 30 menit. Sedangkan untuk <i>FACP</i> kondisi optimum pada massa sebesar 100 mg, pH 5, dan waktu kontak selama 1 jam.
<p>Bioadsorbent based on water hyacinth modified with citric acid for adsorption of methylene blue in water (Siswoyo et al., 2018)</p>	<p>Water hyacinth powder (WHP) and water hyacinth modified with citric acid (WHMCA)</p>	<p>a. Menggunakan instrumen FTIR dan SEM untuk mengetahui sifat – sifat adsorben.</p> <p>b. Variasi dosis adsorben yaitu dari 10, 25, 50, 75, dan 100 mg.</p> <p>c. Variasi kondisi pH adalah 2, 6, 8, dan 10.</p> <p>d. Variasi waktu kontak dari 30 menit, 1 jam, 2 jam, 6 jam, 15 jam, 18 jam, dan 24 jam.</p> <p>h. Menggunakan model isoterm Langmuir.</p> <p>e. Hasil penelitian :</p>

		<p>- Adsorben WHMCA menunjukkan kapasitas Adsorpsi tinggi terhadap metiline blue, dengan kapasitas maksimum hingga 320 mg/g.</p> <p>- Massa optimum penyisihan metilen blue adalah 500 ppm yang telah menghilangkan 94% metiline blue. Waktu kontak optimum untuk mengijilangkan 500 ppm metiline blue adalah pada 30 menit dengan efisiensi penyisihan 94%.</p>
--	--	--



BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan selama 4 bulan dimulai pada bulan Januari 2022 sampai bulan April 2022. Lokasi penelitian di Laboratorium Kualitas Air, Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

3.2 Alat dan Bahan

1. Alat

- | | |
|-------------------------------|-----------------------------|
| a. Oven | g. Blender |
| b. Ayakan 70 mesh | h. Erlenmeyer (100, 250) mL |
| c. Neraca analitik | i. Labu ukur 100 mL |
| d. Gelas beker (100, 1000) mL | j. Corong kaca |
| e. Kaca arloji | k. Spatula |
| f. Pipet ukur (1, 5, 10) mL | |

2. Bahan

- a. Ampas tebu
- b. Larutan induk Pb 1000 mL
- c. Larutan $C_6H_8O_7$ 0,4 M
- d. Larutan Na-alginat 1%
- e. Larutan NaOH 0,1 N
- f. Larutan HNO_3 pekat
- g. Larutan $CaCl_2$ 5%

3. Instrumen

- a. AAS (*Atomic Adsorption Spectrophotometry*)
- b. FTIR (*Fourier Transform Infra Red*)
- c. SEM (*Scanning Electron Microscopy*)

3.3 Parameter dan Metode Uji

Parameter yang akan diuji pada penelitian ini adalah logam timbal (Pb) menggunakan metode uji SNI 06-6989.8-2004 yaitu tentang cara uji timbal (Pb) dengan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)-nyala

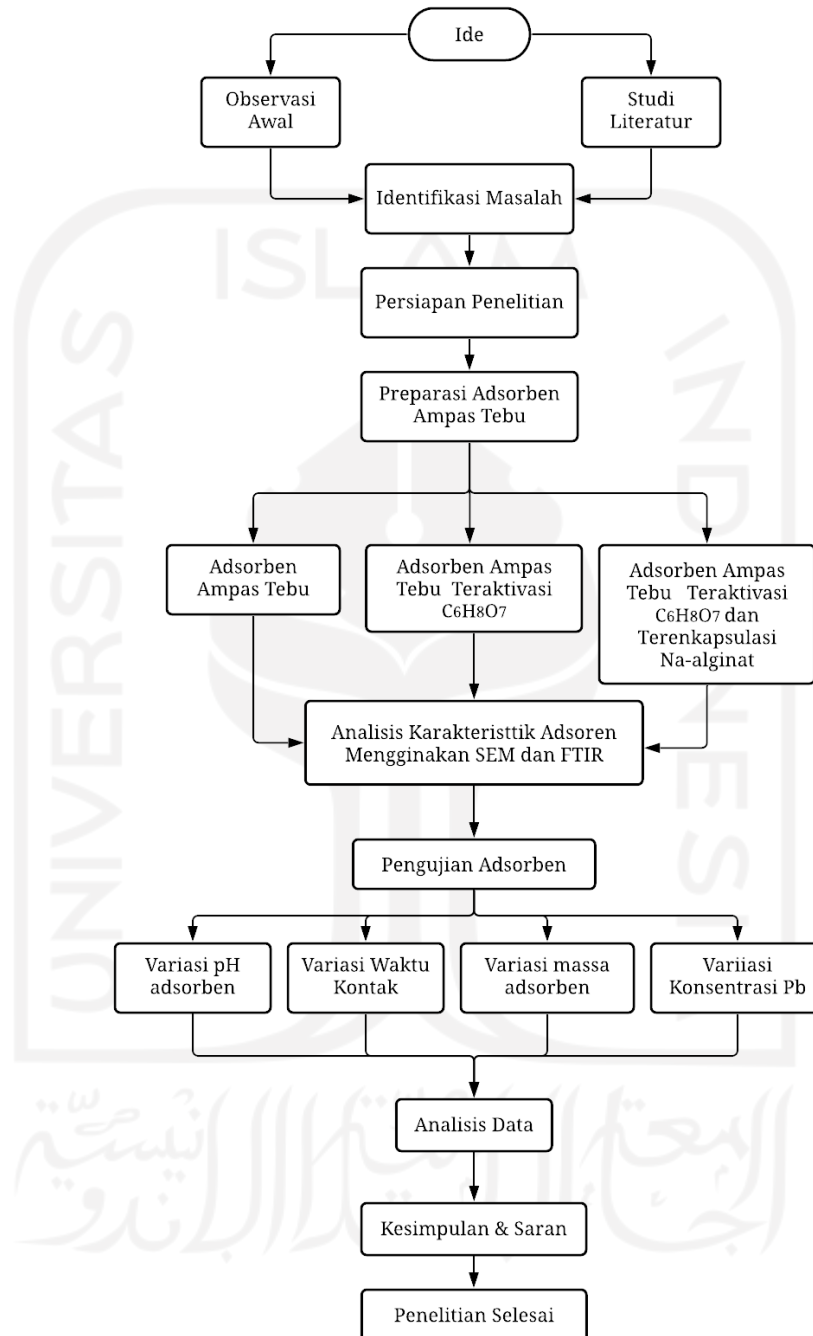
3.4 Variabel Penelitian

Pada penelitian ini mempunyai 2 variabel yaitu :

- 1) Variabel terikat diantaranya
 - a. Adsorben berasal dari ampas tebu.
 - b. Aktivasi dengan 13 ml $C_6H_8O_7$ 0,4 M untuk setiap 1 gram adsorben, berdasarkan penelitian sebelumnya oleh Siswoyo et al., (2018).
 - c. Volume larutan 50 ml.
 - d. Enkapsulasi menggunakan Na-alginat
 - e. Kecepatan pengadukan 150 rpm
- 2) Variabel bebas diantaranya
 - a. Dosis Adsorben sebesar 25 mg, 50 mg, 100 mg, dan 200 mg.
 - b. pH yang digunakan adalah 3, 4, 5, 6, dan 7
 - c. Waktu kontak selama 15, 30, 60, 90, dan 120.
 - d. Konsentrasi Pb sebesar 10 mg/L, 25 mg/L, 50 mg/L, 75 mg/L, 100 mg/L, 150 mg/L dan 200 mg/L.

3.5 Prosedur Penelitian

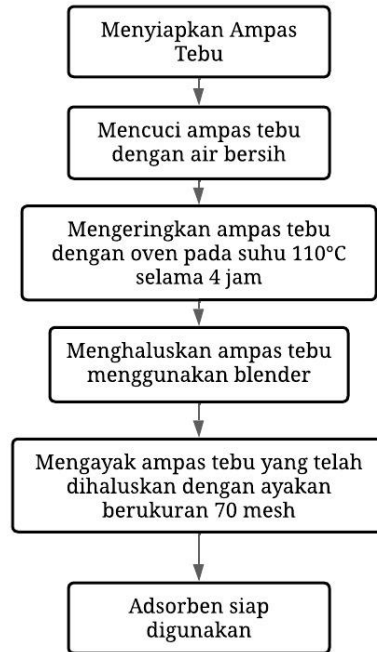
Alur penelitian pemanfaatan ampas tebu sebagai adsorben penyerap ion logam timbal (Pb) secara umum digambarkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Diagram Alur Penelitian

3.5.1 Preparasi Adsorben Ampas Tebu

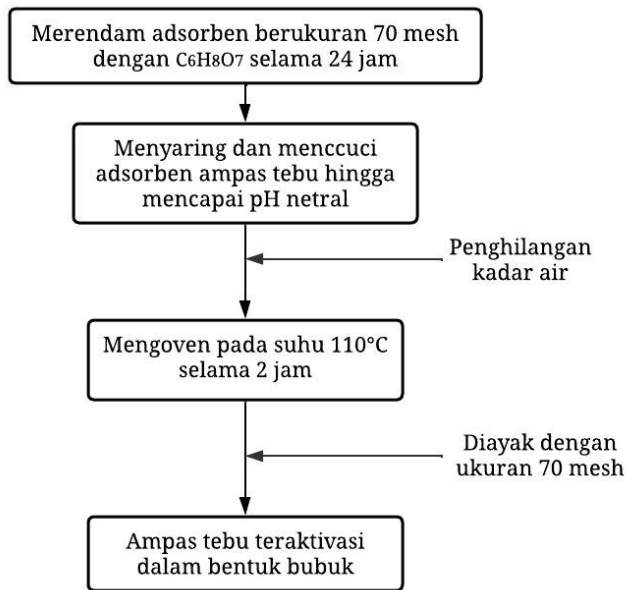
Pembuatan adsorben yang berasal dari ampas tebu yang diperoleh dari penjual es tebu yang berlokasi di Jl. Rajawali No. 46, Mrican, Caturtunggal, Kec. Depok, Kabupaten Sleman, Yogyakarta. Preparasi diawali dengan memotong ampas tebu menjadi ukuran kecil. Berikut diagram alir pembuatan adsorben ampas tebu :



Gambar 3. 2 Diagram Alir Proses Pembuatan Adsorben Ampas Tebu

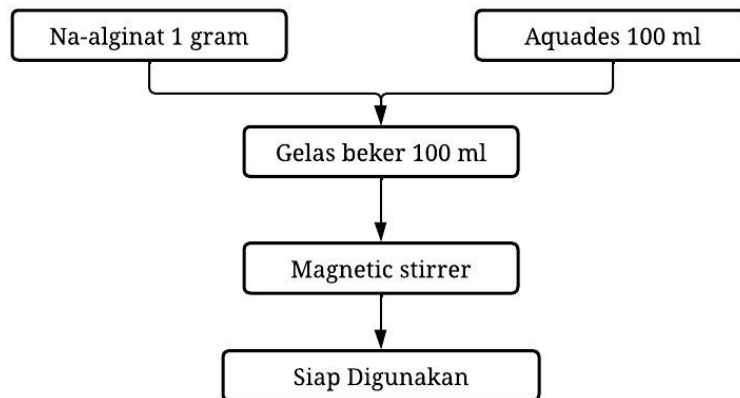
3.5.2 Preparasi Adsorben Ampas Tebu Teraktivasi $C_6H_8O_7$

Aktivasi adsorben ampas tebu dilakukan dengan $C_6H_8O_7$ 0,4 M. Proses aktivasi adsorben dilakukan dengan perbandingan adsorben ampas tebu 1 gram ampas tebu : 13 ml $C_6H_8O_7$ 0,4 M. Proses aktivasi dilakukan dengan merendam ampas tebu pada larutan $C_6H_8O_7$ selama 24 jam. Selanjutnya dinetralkan menggunakan aquades hingga kondisi pH netral (5,5 – 7). Adsorben yang sudah pada kondisi netral dikeringkan menggunakan oven pada suhu $100^\circ C$. setelah itu dihancurkan dan diayak kembali menggunakan ayakan 70 mesh.

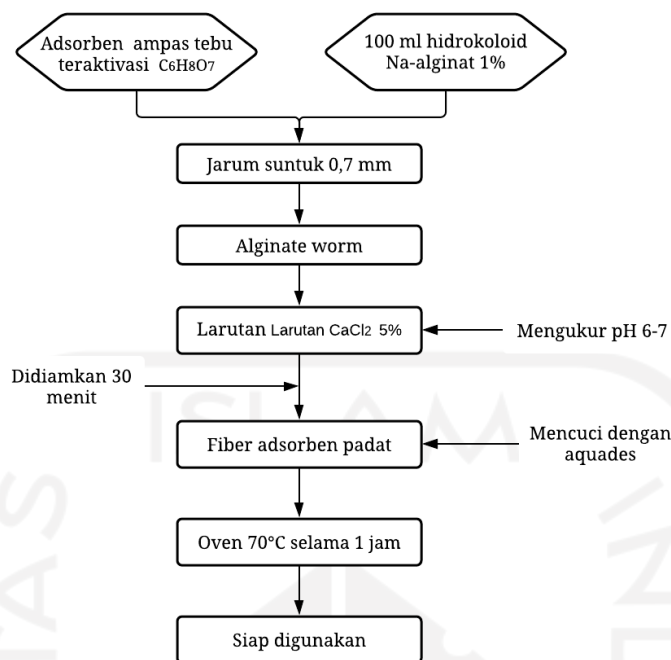


Gambar 3. 3 Diagram Alir Preparasi Adsorben Teraktivasi

3.5.3 Preparasi Adsorben Ampas Tebu Teraktivasi Terenkapsulasi Na-alginat
 Pembuatan adsorben terenkapsulasi dilakukan menggunakan larutan Na-alginat menggunakan jarum suntik (*syringe*) hingga membentuk fiber. Berikut diagram prosedur preparasinya :



Gambar 3. 4 Diagram Alir Pembuatan Larutan Na-alginat



Gambar 3. 5 Diagram Alir Pembuatan Adsorben Terenkapsulasi

3.5.4 Karakteristik Adsorben

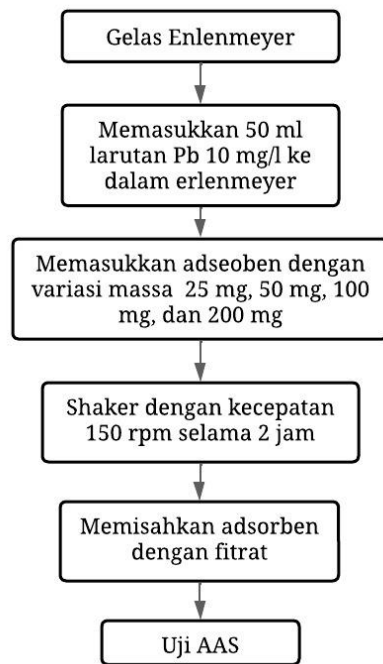
Uji karakteristik adsorben dilakukan menggunakan 2 instrumen, yaitu Scanning Electron Microscope (SEM) dan Fourier Transform Infrared (FTIR). Kedua instrument tersebut digunakan untuk mencitrakan permukaan adsorben dengan gambar perbesaran oleh pemindaian dengan pancaran tinggi elektron dan untuk mengetahui gugus fungsi dalam partikel adsorben.

3.5.5 Proses Adsorpsi

Proses adsorpsi dilakukan dengan langkah – langkah umum seperti penimbangan massa adsorben, pengaruh pH, pengadukan suspensi, penyisihan adsorben dengan air (penyaringan), dan pengujian dengan instrumen.

3.5.6 Penentuan Massa Optimum

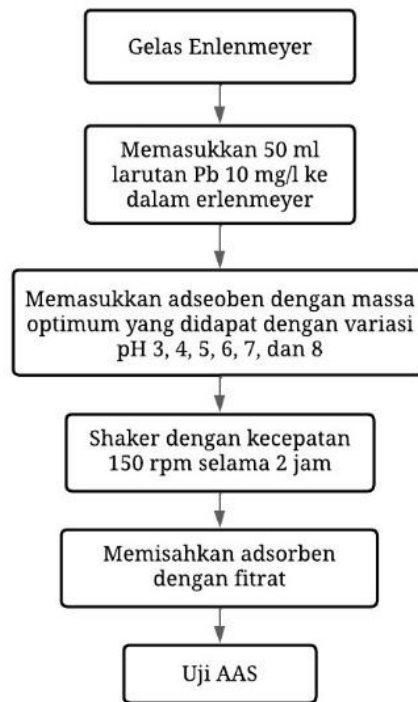
Penentuan massa optimum adsorben dilakukan dengan menggunakan air yang mengandung timbal (Pb) dalam kondisi setimbang pada pH 6 dan dalam waktu kontak 120 menit, serta menggunakan larutan initial dan larutan kontrol sebagai pembanding. Variasi massa diantaranya 25 mg, 50 mg, 100 mg, dan 200 mg. Dengan langkah pengujian sebagai berikut :



Gambar 3. 6 Diagram alir Penentuan Massa Optimum

3.5.7 Penentuan pH Optimum

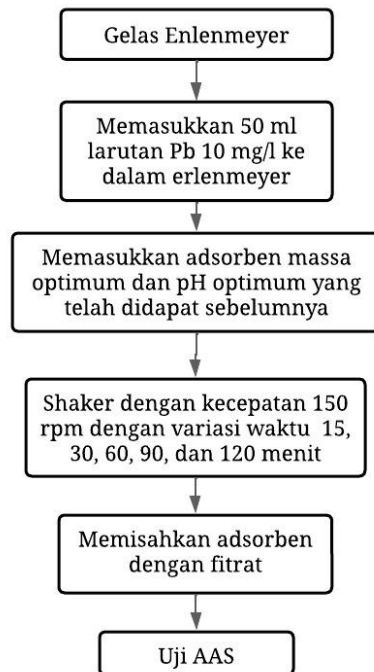
Pada menentukan variasi sebelumnya akan didapat massa optimum, dan selanjutnya akan dilakukan penentuan pH optimum dengan langkah – langkah sebagai berikut :



Gambar 3. 7 Diagram Alir Penentuan pH Optimum

3.5.8 Penentuan Waktu Kontak Optimum

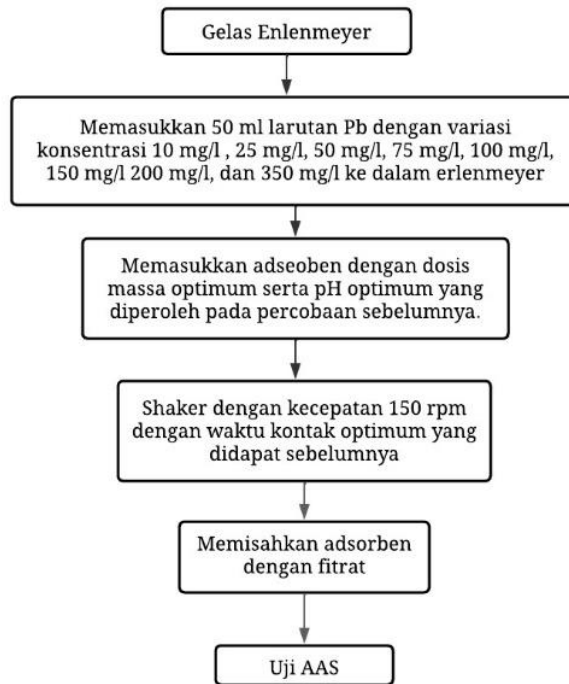
Langkah langkah untuk menentukan waktu kontak optimum dijelaskan pada diagram alir dibawah ini :



Gambar 3. 8 Diagram Alir Waktu Kontak Optimum

3.5.9 Penentuan Konsentrasi Optimum

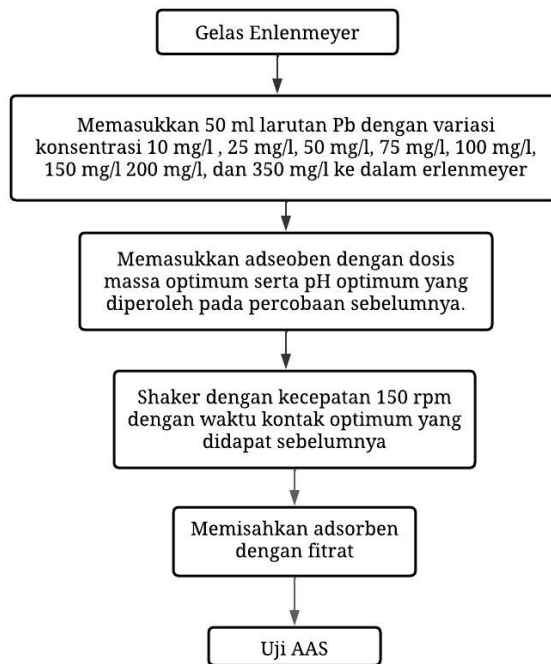
Tahap selanjutnya setelah mendapatkan dosis adsorben dan menganalisis kondisi pH dan waktu kontak optimum, selanjutnya melakukan analisis efisiensi kemampuan adsorben dalam menyerap logam Pb dalam variasi konsentrasi tertentu. Berikut langkah kerjanya :



Gambar 3. 9 Diagram Alir Penentuan Konsentrasi Optimum

3.5.10 Penentuan Efisiensi Penyisihan

Setelah semua data terkumpul, selanjutnya menentukan efisiensi penyisihan untuk mengetahui seberapa besar penyerapan Pb dengan langkah – langkah sebagai berikut :



Gambar 3. 10 Diagram Alir Penentuan Konsentrasi Optimum

3.5.11 Analisis Efisiensi Kemampuan Adsorben

Setelah memperoleh dosis adsorben optimum dan menganalisis pH optimum serta waktu kontak optimum, dilanjutkan dengan melakukan analisis efisiensi kemampuan adsorben untuk menyerap logam Pb dalam konsentrasi yang telah ditentukan berdasarkan studi literatur. Efisiensi penyisihan Pb dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

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

Dimana : C_0 = konsentrasi awal logam (mg/L)

C_a = konsentrasi akhir logam (mg/L)

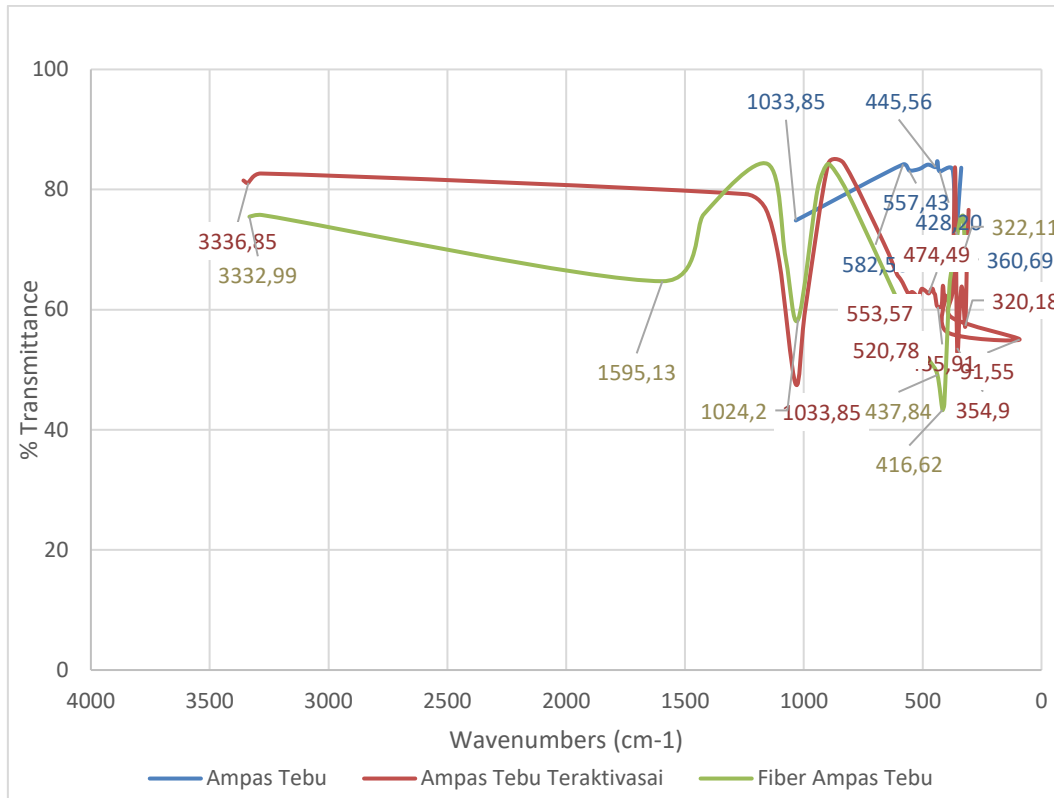
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Adsorben

4.1.1 FTIR (*Fourier Transform Infra-Red*)

Fourier Transform Infra-Red (FTIR) digunakan untuk mengetahui gugus kimia pada adsorben secara kualitatif. Pembacaan menggunakan FTIR disini bertujuan untuk mengidentifikasi gugus fungsi dalam senyawa yang terdapat dalam material adsorben. Hasil uji FTIR ini fokus pada keberadaan selulosa yang berperan dalam menyerap logam berat timbal. Menurut Ibbett (2006) dan Herwanto (2006), selulosa memiliki gugus fungsi yang dapat berikatan dengan ion logam yaitu gugus fungsi karbonil (C-O) dan hidroksil (O-H). Keberadaan gugus fungsi OH ini banyak terkandung pada material yang memiliki selulosa didalamnya. Ampas tebu memiliki komposisi kimia berupa selulosa sebesar 50%, hemiselulosa sebesar 25%, dan lignin 25% (Fitriani, 2015). Adsorpsi Pb terjadi dikarenakan adanya reaksi dengan adsorben ampas tebu yang membentuk ikatan kimia. Ikatan kimia karena kandungan selulosa pada ampas tebu. Mekanisme Adsorpsi yang terjadi adalah gugus O-H dan C-O yang bermuatan negatif berikatan dengan dengan ion logam Pb yang bermuatan positif maka akan terjadi tarik menarik dengan ini logam Pb yang terkandung dalam larutan akan terserap (Kurniawan, 2014).

Data hasil pembacaan FTIR dapat dilihat pada Lampiran 2, kemudian dianalisis dengan cara mengidentifikasi puncak (*peak*) spesifik pada Panjang gelombang tertentu. Setiap puncak spesifik merepresentasikan jenis gugus fungsi tertentu pada senyawa adsorben. Pengujian FTIR menghasilkan grafik antara Panjang gelombang (cm^{-1}) pada sumbu x dan persentase (%) transmitan pada sumbu y. Berikut adalah hasil uji FTIR pada adsorben ampas tebu, adsorben ampas tebu teraktivasi, dan fiber ampas tebu :



Gambar 4. 1 Hasil Uji FTIR Sebelum Adsorpsi

Hasil pada grafik pada Gambar 4.1 dapat diidentifikasi titik puncak yang spesifik dengan rincian klasifikasi pada Tabel 4.1 dibawah ini :

Tabel 4. 1 Interpretasi Gugus Fungsi Adsorben Ampas Tebu, Ampas Tebu Teraktivasi, dan Fiber Ampas Tebu Sebelum Proses Adsorpsi

Puncak	Ampas Tebu (cm-1)	Ampas Tebu Teraktivasi (cm-1)	Fiber Ampas Tebu (cm-1)	Panjang Gelombang (cm-1)	Gugus Fungsi
A	-	3336,85	3332,990	3200 - 3600	O - H
B	-	-	1595,13	1640 - 1550	C = C
C	1033,85	1033,85	-	1030 - 1120	C - NH ₂
D	-	-	1024,2	1015 - 1065	CH - O - H
E	582,5	-	-	570 - 630	N - C = O
F	557,43	553,57	-	565 - 610	SO ₂ Sulfones
G	-	520,78	-	520 - 545	Napthaleness
H	445,56	474,49	-	470 - 530	C - O - C
I	428,2	435,91	437,84	420 - 440	Cl - C = O

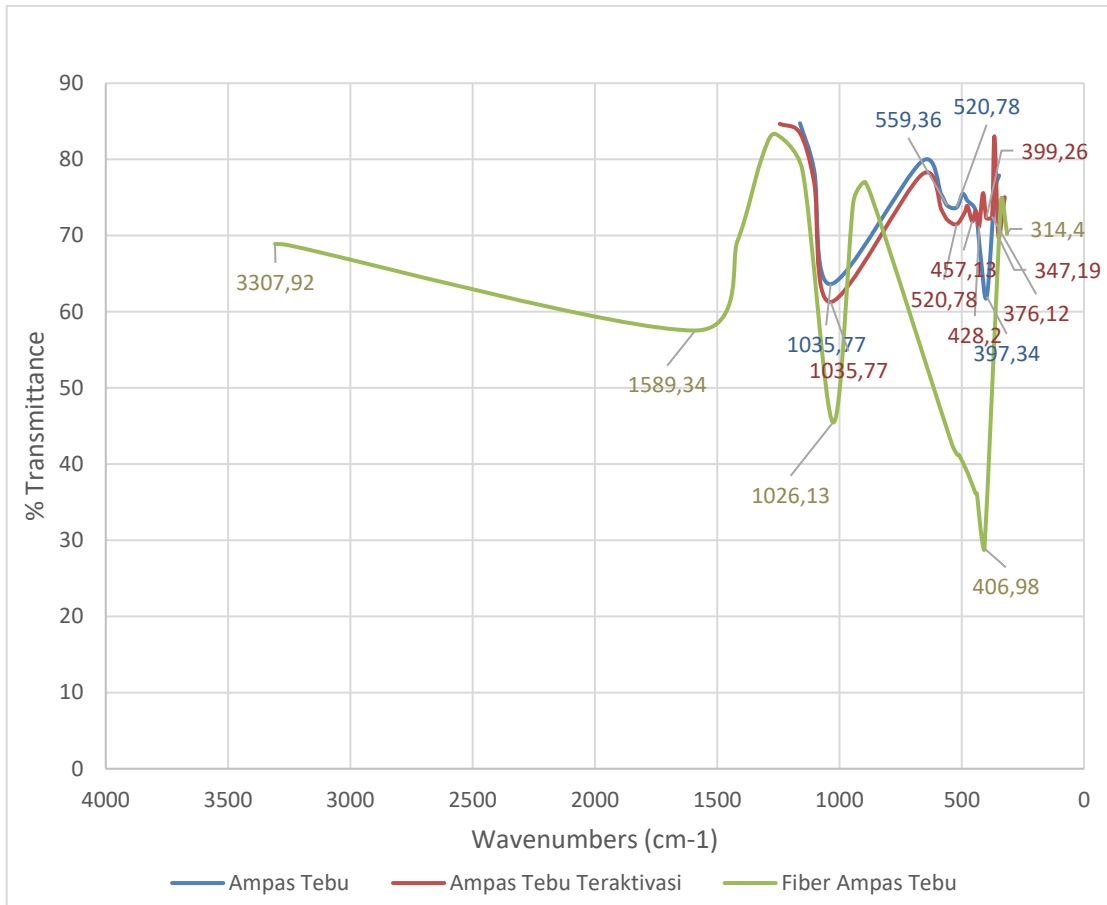
(Sumber : Data Primer, 2022)

Dari grafik hasil uji diatas dapat diidentifikasi titik puncak serapan yang spesifik. Pada adsorben ampas tebu teraktivasi dan fiber adsorben

terdapat gugus hidroksil (O-H) pada bilangan $3336,85\text{ cm}^{-1}$ dan $3332,99\text{ cm}^{-1}$. Selain itu, terdapat gugus alkena (C = C) pada fiber adsorben dengan bilangan $1565,13\text{ cm}^{-1}$. Ampas tebu dan ammas tebu teraktivasi memiliki gugus fungsi C – NH₂ pada Panjang gelombang $1033,85\text{ cm}^{-1}$ pada masing masing adsorben. Pada fiber adsorben terdapat gugus fungsi CH – O – H pada panjang gelombang $1024,2\text{ cm}^{-1}$. Terdapat gugus fungsi N – C = O pada adsorben Ampas Tebu di Panjang gelombang $582,5\text{ cm}^{-1}$. Adsorben ampas tebu dan ampas tebu teraktivasi memiliki kandungan SO₂ *Sulfones* pada bilangan berturut – turut $557,43\text{ cm}^{-1}$ dan $553,57\text{ cm}^{-1}$. Terdapat kandungan *Napthaleness* pada Ampas Tebu teraktivasi pada bilangan $520,78\text{ cm}^{-1}$. Pada ketiga jenis adsorben Ampas Tebu, Ampas Tebu Teraktivasi, dan Fiber Adsorben Ampas Tebu terdapat gugus fungsi Cl – C = O berturut – turut pada bilangan $428,2\text{ cm}^{-1}$, $435,91\text{ cm}^{-1}$, dan $437,84\text{ cm}^{-1}$.

Berdasarkan Tabel 4.1 diketahui bahwa terdapat perbedaan beberapa bilangan gelombang antara adsorben ampas tebu sebelum dan sesudah aktivasi. Pada ampas tebu sebelum aktivasi, tidak ditemukan gugus fungsi (O-H) dan pada adsorben ampas tebu teraktivasi ditemukan Panjang gelombang $3336,85\text{ cm}^{-1}$ dimana panjang gelombang ini menunjukkan daerah serapan untuk gugus fungsi -OH. Ampas tebu teraktivasi menghasilkan *peak* yang lebih panjang dibandingkan ampas tebu sebelum diaktivasi (Trisna, 2017). Aktivasi menggunakan asam sitrat akan mengikat sel selulosa dengan gugus karboksil dari asam sitrat itu sendiri (Siswoyo et al., 2018).

Berikutnya adalah hasil uji FTIR pada Adsorben Ampas tebu, Adsorben Ampas Tebu Teraktivasi, dan Fiber Adsorben Ampas tebu yang telah digunakan untuk mengadsorpsi logam Pb dapat dilihat pada Gambar 4.2 dibawah ini :



Gambar 4. 2 Hasil Uji FTIR Sesudah Adsorpsi

Hasil pada grafik pada Gambar 4.2 dapat diidentifikasi titik puncak yang spesifik dengan rincian klasifikasi pada Tabel 4.2 dibawah ini :

Tabel 4. 2 Interpretasi Gugus Fungsi Adsorben Ampas Tebu, Ampas Tebu Teraktivasi, dan Fiber Ampas Tebu Sesudah Adsorpsi

Puncak	Ampas Tebu (cm-1)	Ampas Tebu Teraktivasi (cm-1)	Fiber Ampas Tebu (cm-1)	Panjang Gelombang (cm-1)	Gugus Fungsi
A	-	-	3307,92	3200 - 3600	O - H
B	-	-	1589,34	1640 - 1550	C = C
C	1035,77	1035,77	1026,13	1030 - 1120	C - N
D	559,36	-	-	570 - 630	N - C = O
E	520,78	520,78	-	520 - 545	Napthaleness
F	-	428,2	-	420 - 440	Cl - C = O

(Sumber : Data Primer, 2022)

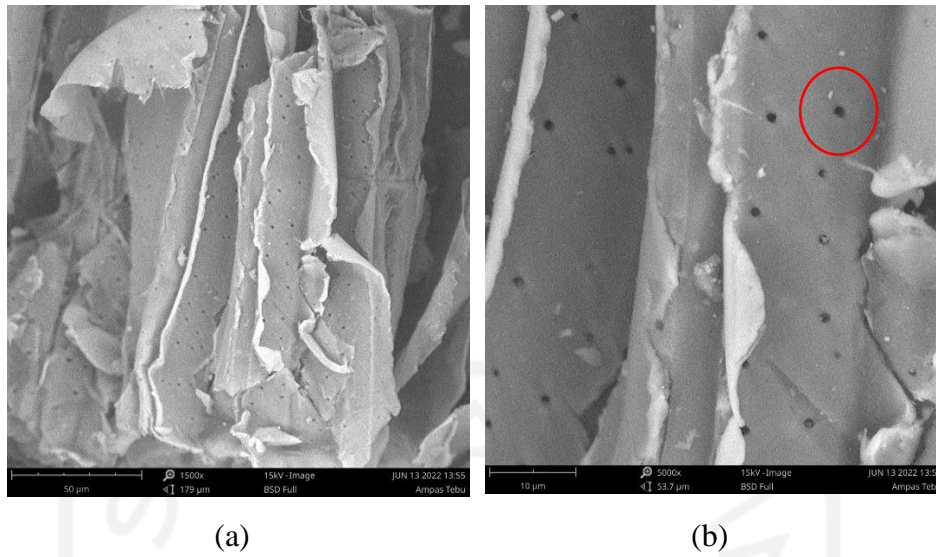
Dari grafik hasil uji diatas dapat diidentifikasi titik puncak serapan yang spesifik. Pada Fiber ampas tebu masih terdapat gugus fungsi hidroksil (O-H) pada bilangan $3307,92 \text{ cm}^{-1}$. Selain itu, terdapat

gugus alkena ($C = C$) pada adsorben Ampas Tebu Teraktivasi pada bilangan $1589,34 \text{ cm}^{-1}$. Gugus fungsi $C - N$ terdapat pada ketiga adsorben Ampas tebu pada bilangan $1035,77 \text{ cm}^{-1}$, Adsorben ampas tebu teraktivasi pada bilangan $1035,77 \text{ cm}^{-1}$, dan Fiber adsorben ampas tebu pada bilangan $1026,13 \text{ cm}^{-1}$. Hanya pada Adsorben ampas tebu yang memiliki gugus fungsi $N - C = O$ pada bilangan $559,36 \text{ cm}^{-1}$. Pada Adsorben ampas tebu dan ampas tebu teraktivasi terdapat kandungan Naphthaleness ditunjukkan pada bilangan $520,78 \text{ cm}^{-1}$. Pada Adsorben Ampas Tebu teraktivasi terdapat gugus fungsi $Cl - C = O$ pada bilangan gelombang $428, 2 \text{ cm}^{-1}$.

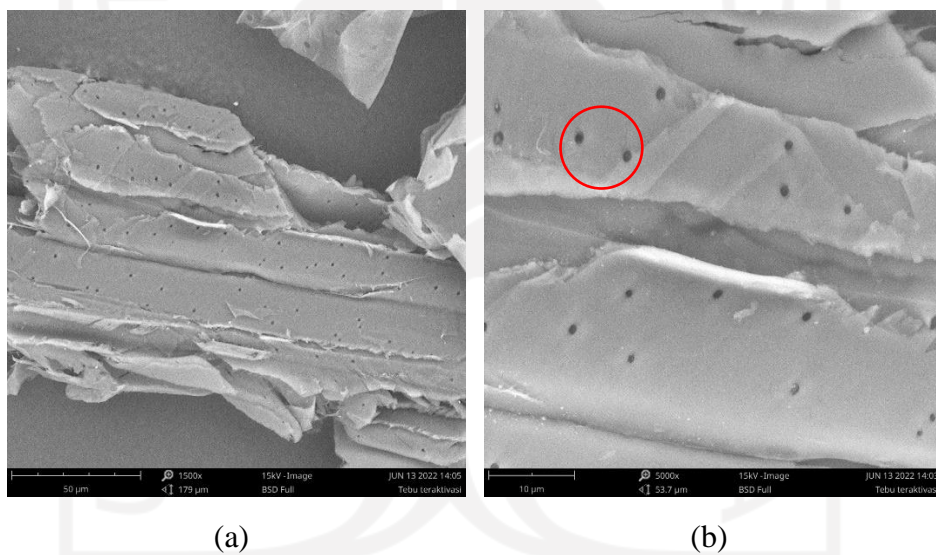
Dari pembacaan FTIR diketahui bahwa terdapat gugus fungsi hidroksil ($O - H$) ketiga adsorben sebelum Adsorpsi (Tabel 4.1) dan pada Tabel 4.2 keberadaan gugus fungsi OH tidak tampak pada adsorben ampas tebu teraktivasi. Panjang Panjang gelombang pada puncak yang menunjukkan keberadaan gugus fungsi OH juga menurun menurun pada fiber adsorben ampas tebu yaitu dari $3332,990 \text{ cm}^{-1}$ menjadi $3307,92 \text{ cm}^{-1}$ ini dapat diinterpretasikan bahwa gugus fungsi ini telah berikatan dengan ion Pb.

4.1.2 SEM (*Scanning Electron Microscopy*)

Pengujian SEM dilakukan dengan tujuan untuk mengamati gambaran permukaan adsorben ampas tebu. Pembacaan adsorben dilakukan perbesaran 1500 kali dan 5000 kali. Gambar dibawah ini adalah adsorben ampas tebu dengan ukuran partikel 70 mesh.



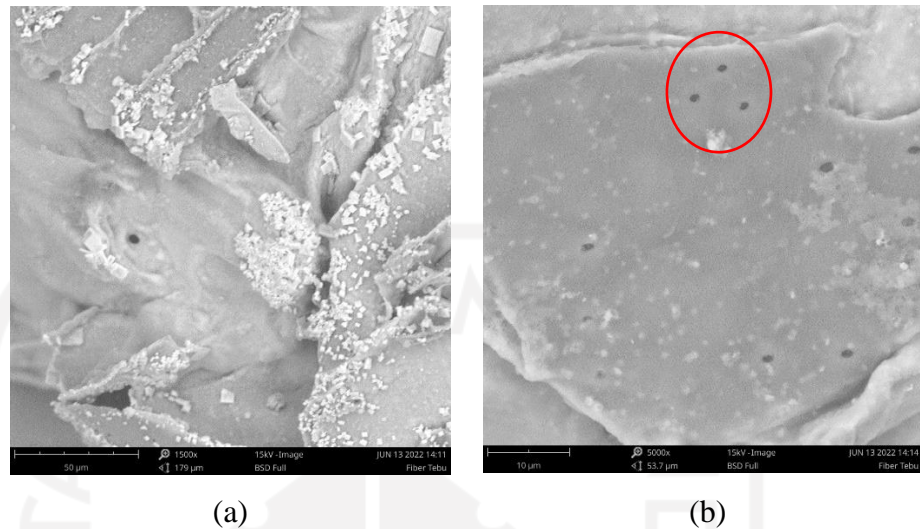
Gambar 4. 3 Permukaan Adsorben Ampas Tebu Perbesaran 1500 kali
 (b) Permukaan Adsorben Ampas Tebu Perbesaran 5000 kali



Gambar 4. 4 (a) Permukaan Adsorben Ampas Tebu Teraktivasi Perbesaran 1500 kali (b) Permukaan Adsorben Ampas Tebu Teraktivasi dengan Perbesaran 5000 kali

Dari gambar 4.3 dan Gambar 4.4 pada perbesaran 1500 kali, telah tampak pori pada adsorben. Pori pada permukaan adsorben ditunjukkan pada lingkaran merah. Perbedaan pori antara adsorben ampas tebu dan ampas tebu teraktivasi memang tidak terlihat jauh berbeda, namun pada perbesaran 1500 kali bentuk adsorben ampas tebu yang diaktivasi lebih bersih dan teratur dibandingkan dari yang tidak teraktivasi. Proses aktivasi tidak hanya berpengaruh pada menguapnya material non-karbon, melainkan

juga cukup efektif dalam membentuk pori yang cukup banyak dan teratur pada permukaan adsorben (Kurniawan, 2014).



Gambar 4. 5 (a) Permukaan Fiber Ampas Tebu Perbesaran 1500 kali (b) Permukaan Fiber Ampas Tebu Perbesaran 5000 kali

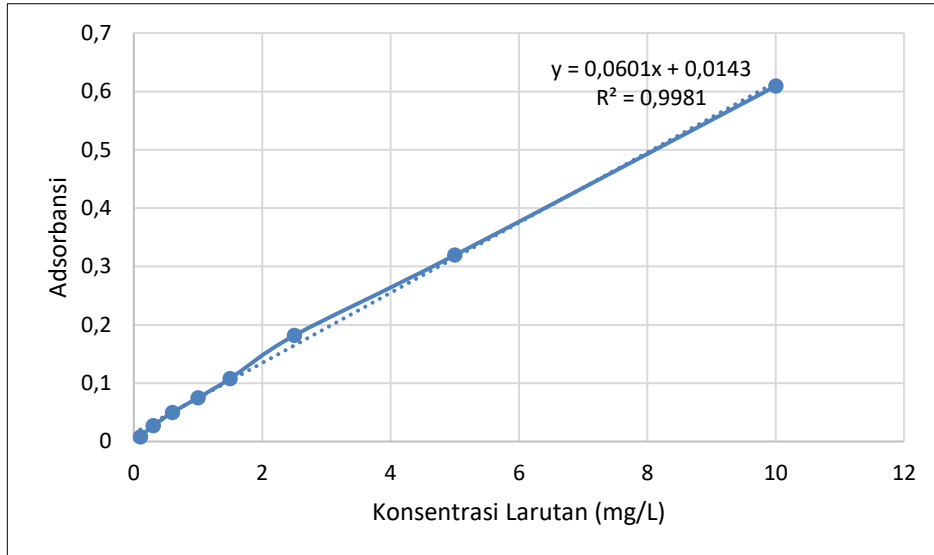
Gambar 4.5 merupakan bentuk permukaan fiber adsorben ampas tebu. Pada perbesaran 1500 kali terlihat permukaan yang lebih padat, pori pada fiber adsorben tidak dengan jelas terlihat ini dikarenakan proses enkapsulasi yang menyelimuti pori dari adsorben . Pada perbesaran 5000 kali, terlihat pori dari permukaan adsorben namun tidak cukup banyak. Pori – pori inilah yang akan menjerap ion logam Pb pada proses Adsorpsi.

4.1.3 Larutan Standar Pb^{2+}

Larutan standar Pb^{2+} dibuat dari larutan induk yang berasal dari garam $Pb(NO_3)_2$ yang dilarutkan menggunakan aquades dengan konsentrasi 1000 ppm. Larutan standar juga akan diuji ulang pada setiap pengujian sampel, dengan hasil koefisien korelasi mendekati 1 yang manandakan terbentuknya garis lurus linier pada rentang konsentrasi yang dibuat.

Konsentrasi ion Pb^{2+} diukur dengan Panjang gelombang x nm yang dapat mengukur konsentrasi dengan rentan 1 – 20 ppm. Hasil absorbansi larutan ditunjukkan pada kurva kalibrasi larutan standar yang menunjukkan hubungan antara konsentrasi larutan dengan

absorbansi terukur. Berdasarkan hasil kalibrasi, larutan Pb^{2+} memiliki nilai $R^2 = 0,9981$ dengan koefisien korelasi $R = 0,9991$ dengan persamaan regresi linier $y = 0,0601x + 0,0143$ dengan kurva kalibrasi pada Gambar 4.6.



Gambar 4. 6 Kurva Kalibrasi Larutan Standar Pb

4.2 Uji Adsorpsi

4.2.1 Uji Variasi Massa

Uji variasi massa dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui jumlah massa yang tepat untuk menyerap logam Pb. Konsentrasi awal Pb yang digunakan adalah 10 ppm, dengan kondisi pH 6 sebanyak 50 ml. Pengkondisian pH 6 dilakukan menggunakan larutan penyangga yang dibuat dari larutan KH_2PO_4 dan NaOH yang dimasukkan kedalam erlenmeyer adalah 25 mg, 50 mg, 100 mg, dan 200 mg untuk setiap produk adsorben yaitu adsorben ampas tebu, adsorben teraktivasi, dan fiber adsorben. Metode yang dilakukan adalah *system batch*, dimana pengadukan menggunakan *orbital shaker* dengan waktu pengadukan selama 120 menit. setelah proses pengadukan adsorben akan disaring menggunakan kertas saring selanjutnya akan diuji menggunakan AAS.

Hasil dari pembacaan AAS variasi massa terhadap adsorpsi logam Pb pada adsorben ampas tebu, adsorben teraktivasi, dan fiber adsorben dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4. 3 Data Variasi Massa Adsorben Ampas Tebu

Sampel (mg)	C_{in} (mg/L)	C_{ef} (mg/L)	C_{terserap} (mg/L)	Efisiensi (%)
Kontrol	8,4265	5,1438	3,2827	38,96%
25	8,4265	2,0018	6,4247	76,24%
50	8,4265	1,9408	6,4857	76,97%
100	8,4265	2,8621	5,5644	66,03%
200	8,4265	1,7036	6,7229	79,78%

(Sumber : Data Primer, 2022)

Tabel 4. 4 Data Variasi Massa Adsorben Ampas Tebu Teraktivasi

Sampel (mg)	C_{in} (mg/L)	C_{ef} (mg/L)	C_{terserap} (mg/L)	Efisiensi (%)
Kontrol	8,4265	5,1438	3,2827	38,96%
25	8,4265	3,2041	5,2224	61,98%
50	8,4265	1,9663	6,4602	76,67%
100	8,4265	1,3255	7,101	84,27%
200	8,4265	0,5718	7,8547	93,21%

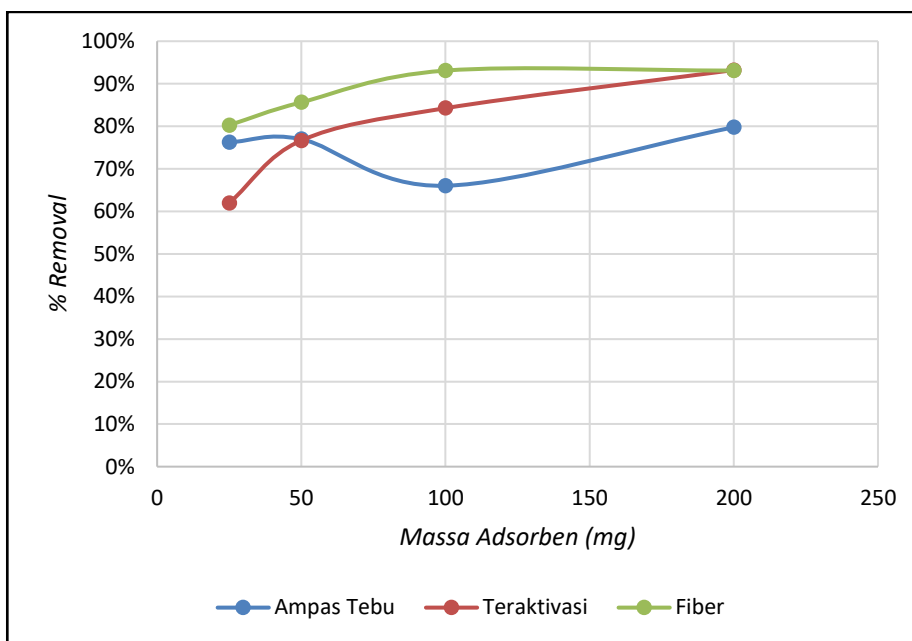
(Sumber : Data Primer, 2022)

Tabel 4. 5 Data Variasi Massa Fiber Adsorben

Sampel (mg)	C_{in} (mg/L)	C_{ef} (mg/L)	C_{terserap} (mg/L)	Efisiensi (%)
Kontrol	8,4265	5,1438	3,2827	38,96%
25	8,4265	1,6625	6,764	80,27%
50	8,4265	1,2108	7,2157	85,63%
100	8,4265	0,5810	7,8455	93,11%
200	8,4265	0,5816	7,8449	93,10%

(Sumber : Data Primer, 2022)

Data dari hasil uji yang didapat selanjutnya dilakukan *plotting* pada grafik untuk menunjukkan hubungan antara persen removal adsorbat terhadap penambahan dosis adsorben. Grafik dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4. 7 Grafik Hubungan Variasi Massa terhadap Adsorpsi Pb

Dari data pengujian yang diperoleh, dapat diketahui bahwa persentase removal ion Pb oleh jenis adsorben ampas tebu tergolong baik. Adsorben ampas tebu dapat mereduksi ion Pb maksimal 79,78% pada massa 200 mg dan kemampuan minimal mereduksi sebesar 76,24% pada massa 25 mg. Untuk adsorben ampas tebu teraktivasi asam sitrat memiliki kemampuan lebih baik dibandingkan tanpa aktivasi dimana proses aktivasi mampu membuka pori dari pengotor sehingga dapat memperluas permukaan adsorben (Apriliani, 2010). Dimana kemampuan removal maksimal adalah 93,21% pada massa 200 mg dalam mereduksi ion Pb. Sedangkan paling rendah dengan persen removal sebesar 61,98% pada massa sebesar 25 mg. Fiber adsorben dari ampas tebu memiliki kemampuan removal paling baik dikarenakan memiliki kemampuan minimum penyerapan sebesar 80,27% pada massa adsorben 25 mg dan persen removal maksimal 93,10% pada massa 200 mg.

Dari Gambar 4.8 menunjukkan bahawa semakin bertambahnya massa adsorben, maka kemampuan adsorpsinya akan semakin bertambah. Dengan kata lain, bertambahnya massa adsorben sebanding dengan bertambahnya jumlah partikel dan dan luas permukaan adsorben

sehingga menyebabkan jumlah pori yang mengikat partikel logam berat akan bertambah, dan kemampuan removal juga akan bertambah pula (Nurafriyanti et al., 2017). Dari data dan grafik diatas, massa optimum dalam percobaan kali ini adalah sebesar 100 mg dikarenakan pada titik ini mengalami puncak Adsorpsi dan massa inilah yang digunakan pada penelitian selanjutnya.

4.2.2 Uji Variasi pH

Percobaan variasi nilai derajat keasaman (pH), dilakukan bertujuan untuk mengetahui nilai pH agar mencapai kondisi penyerapan larutan Pb yang optimal. Pengkondisian pH dilakukan dengan penggunaan larutan penyangga. Larutan penyangga merupakan suatu larutan yang mampu mempertahankan pH larutan agar tidak terjadi perubahan pH yang berarti dikarenakan penambahan penambahan asam atau basa maupun pengenceran. Larutan penyangga dibuat pada nilai pH 3, 4, 5, 6, dan 7 menggunakan larutan KHP 0,1 M, larutan HCl 0,1 M, NaOH 0,1 M, dan KH_2PO_4 . Pada uji variasi pH adsorben yang ditambahkan sebesar 100 mg sesuai hasil uji variasi massa sebelumnya dan waktu kontak selama 120 menit. Dibawah ini adalah tabel hasil dari uji variasi pH :

Tabel 4. 6 Data Percobaan Variasi pH Adsorben Ampas Tebu

Massa (mg)	pH rencana	pH awal	pH akhir	C_{in} (mg/L)	C_{ef} (mg/L)	$C_{terserap}$ (mg/L)	% Removal
100	3	2,871	2,990	9,11	9,11	0	0%
100	4	4,421	4,512	9,11	8,002	1,108	12%
100	5	5,326	5,355	9,11	0,458	8,652	95%
100	6	6,143	5,718	9,11	1,328	7,782	85%
100	7	7,259	7,233	9,11	0,082	9,028	99%

(Sumber : Data Primer, 2022)

Tabel 4. 7 Percobaan Variasi pH Adsorben Teraktivasi

Massa (mg)	pH rencana	pH awal	pH akhir	C_{in} (mg/L)	C_{ef} (mg/L)	$C_{terserap}$ (mg/L)	% Removal
100	3	2,983	2,871	2,983	8,520	0,59	6%
100	4	4,456	4,421	4,456	7,238	1,872	21%
100	5	5,397	5,326	5,397	0,360	8,75	96%
100	6	5,570	6,143	5,570	1,060	8,05	88%
100	7	7,243	7,259	7,243	0,052	9,058	99%

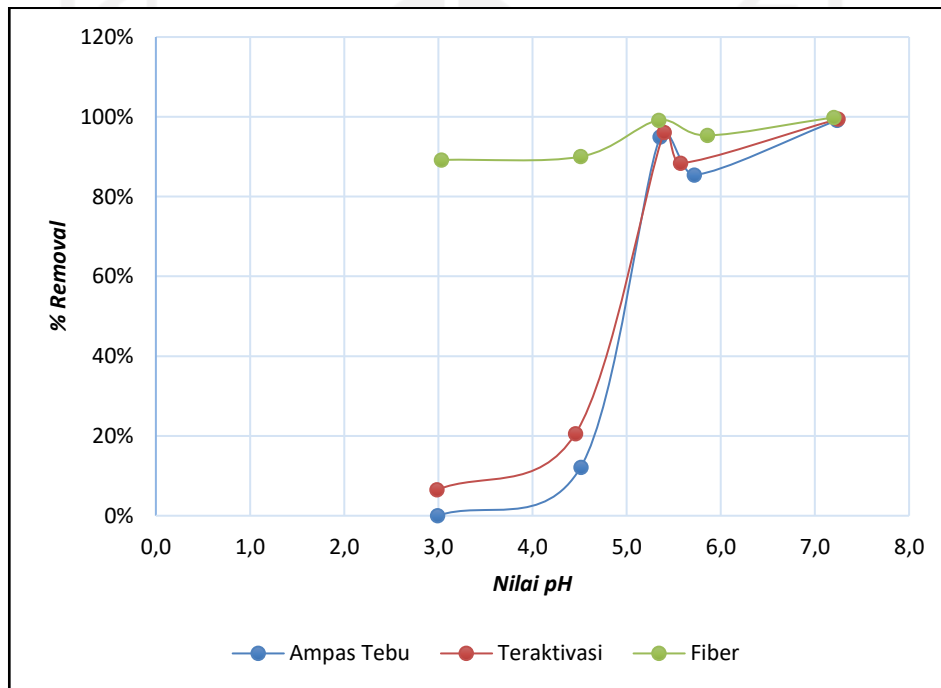
(Sumber : Data Primer, 2022)

Tabel 4. 8 Percobaan Variasi pH Fiber Adsorben

Massa (mg)	pH rencana	pH awal	pH akhir	C _{in} (mg/L)	C _{ef} (mg/L)	C _{terserap} (mg/L)	% Removal
100	3	3,030	2,871	3,030	0,984	8,126	89%
100	4	4,510	4,421	4,510	0,909	8,201	90%
100	5	5,339	5,326	5,339	0,079	9,031	99%
100	6	5,857	6,143	5,857	0,425	8,685	95%
100	7	7,198	7,259	7,198	0,014	9,096	100%

(Sumber : Data Primer, 2022)

Dari ketiga tabel di atas, selanjutnya di *plotting* untuk mengetahui hubungan antara persentase (%) *removal* terhadap variasi pH. Berikut adalah grafik hubungan persentase (%) *removal* terhadap variasi pH :



Gambar 4. 8 Grafik Hubungan Nilai pH dengan % Removal

Dari Gambar 4.8 dapat dilihat bahwa persentase penyisihan ion Pb meningkat seiring dengan meningkatnya pH yang digunakan. Adsorpsi pada pH rendah biasanya menghasilkan persentase penyisihan yang rendah, hal ini dikarenakan pada pH rendah ion H⁺ bersaing dengan kation Pb²⁺ dalam pembentukan ikatan dengan gugus aktif adsorben (Pavasant, dkk., 2005).

Persentase removal ion Pb pada adsorben ampas tebu pada pH 3 adalah 0% dan meningkat hingga pH yaitu mencapai 95% dan menurun pada pH 6 sebesar 85% dan naik kembali pada pH 7 yaitu 99%. Pada adsorben ampas tebu teraktivasi, pada pH 3 memiliki persentase removal sebesar 6% dan akan terus naik hingga pH 5 dengan persentase removal sebesar 96% kemudian pada pH 6 mengalami penurunan pada 88% sedangkan pada pH 7 memiliki kemampuan 99%. Persentase removal ion Pb pada fiber adsorben sangatlah baik dimana, pada pH 3 adalah 89% dan meningkat hingga pH yaitu mencapai 95% dan menurun pada pH 6 sebesar 85% dan naik kembali pada pH 7 yaitu 100%.

Berdasarkan penelitian dari Yang dkk (2016), ion logam Pb^{2+} berada paling banyak pada rentang pH 3 – 5. Efisiensi penyisihan Pb pada pH rendah tidak efektif untuk menghilangkan Pb dalam air (H, 2017). Pada pH diatas 5 penyerapan tergolong tinggi bukan dikarenakan proses Adsorpsi oleh adsorben melainkan dikarenakan adanya reaksi pengendapan dari Pb^{2+} menjadi $Pb(OH)_2$ (Issabeyeva, dkk., 2006). Penurunan ion Pb pada pH tinggi dikarenakan terbentuknya kompleks hidroksil terlarut dari ion logam sehingga ion logam tidak berikatan dengan gugus aktif pada adsorben (Kurniawan, 2014). Maka, kondisi pH optimum yang digunakan Adsorpsi ion Pb yang digunakan adalah pH 5.

4.2.3 Variasi Waktu Kontak

Penentuan waktu kontak bertujuan untuk mengetahui berapa lama waktu kontak optimum untuk mereduksi Pb hingga mencapai titik kesetimbangan (*equilibrium*). Dosis adsorben dan nilai pH yang digunakan diambil dari hasil uji variasi sebelumnya yaitu 100 mg dan nilai pH larutan adalah 5. Variasi waktu kontak yang dipakai adalah selama 15, 30, 60, 90, dan 120 menit untuk setiap produk adsorben yaitu adsorben ampas tebu, adsorben ampas tebu teraktivasi, dan fiber adsorben.

Tabel 4. 9 Percobaan Variasi Waktu Kontak Adsorben Ampas Tebu

Massa Adsorben (mg)	pH	Waktu Kontak (menit)	C _{in} (mg/L)	C _{ef} (mg/L)	C _{terserap} (mg/L)	% Removal
100	5	15	9,6401	8,0217	1,6184	17%
100	5	30	9,6401	8,1388	1,5013	16%
100	5	60	9,6401	7,7189	1,9212	20%
100	5	90	9,6401	7,6718	1,9683	20%
100	5	120	9,6401	7,5222	2,1179	22%

(Sumber : Data Primer, 2022)

Tabel 4. 10 Percobaan Variasi Waktu Kontak Adsorben Teraktivasi

Massa Adsorben (mg)	pH	Waktu Kontak (menit)	C _{in} (mg/L)	C _{ef} (mg/L)	C _{terserap} (mg/L)	% Removal
100	5	15	9,6401	8,3498	1,2903	15%
100	5	30	9,6401	7,6935	1,9466	25%
100	5	60	9,6401	7,6178	2,0223	27%
100	5	90	9,6401	7,6224	2,0177	26%
100	5	120	9,6401	7,7244	1,9157	25%

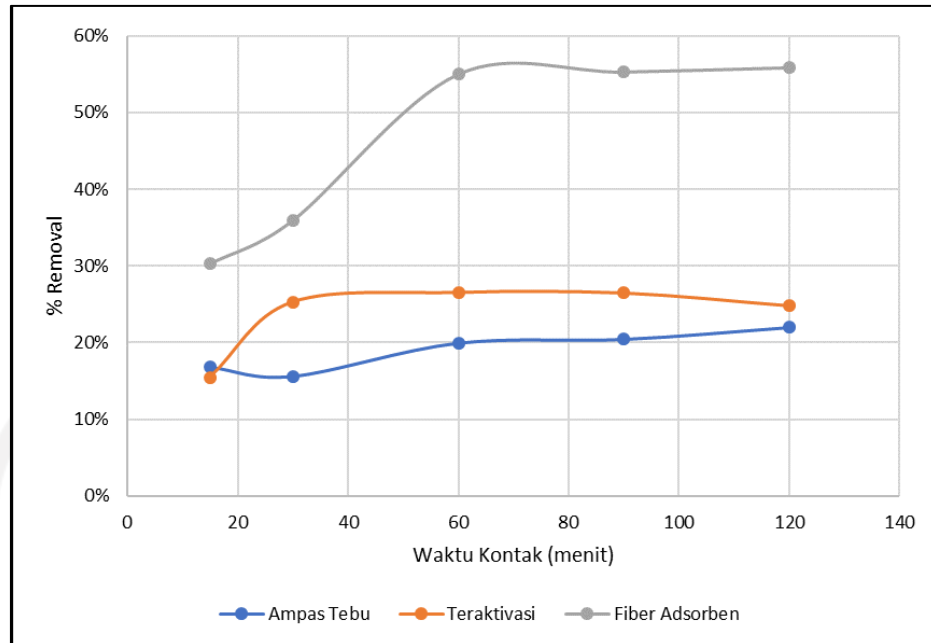
(Sumber : Data Primer, 2022)

Tabel 4. 11 Percobaan Variasi Waktu Kontak Fiber Adsorben

Massa Adsorben (mg)	pH	Waktu Kontak (menit)	C _{in} (mg/L)	C _{ef} (mg/L)	C _{terserap} (mg/L)	% Removal
100	5	15	9,6401	6,7249	2,9152	30%
100	5	30	9,6401	6,1811	3,459	36%
100	5	60	9,6401	4,3388	5,3013	55%
100	5	90	9,6401	4,308	5,3321	55%
100	5	120	9,6401	4,2543	5,3858	56%

(Sumber : Data Primer, 2022)

Dari ketiga tabel di atas, selanjutnya di *plotting* untuk mengetahui hubungan antara persentase (%) *removal* terhadap variasi waktu kontak. Berikut adalah grafik hubungan persentase (%) *removal* terhadap variasi waktu kontak :



Gambar 4. 9 Grafik Hubungan Waktu Kontak dengan % Removal

Dari hasil percobaan variasi waktu pada adsorben ampas tebu didapat bahwa ketiga jenis adsorben ampas tebu mencapai kemampuan maksimal pada waktu kontak 120 menit, untuk adsorben ampas tebu mencapai 22%, pada adsorben ampas tebu teraktivasi mencapai 25%, dan fiber adsorben mencapai kemampuan removal 56%. Peningkatan kemampuan removal setiap variasi waktu kontak tergolong relatif kecil, dengan kata lain perbedaan reduksi tidak terlalu signifikan. Dapat disimpulkan bahwa semakin lama waktu kontak maka semakin besar kemampuan adsorben mereduksi Pb dalam air, namun setelah mencapai titik kesetimbangan situs situs reaktif yang kosong ini, secara bertahap akan bertikatan dengan adsorbat (Pb), sehingga permukaan adsorben akan lebih jenuh dan kemampuan removal tidak mengalami peningkatan yang besar (Ayouch *et al.* 2020; Alaswad *et al.* 2020).

Dari Grafik 4. Kemampuan fiber adsorben memiliki kemampuan paling tinggi dalam mereduksi Pb dibandingkan dengan adsorben ampas tebu dan adsorben ampas tebu teraktivasi. Namun fiber adsorben membutuhkan waktu yang lebih lama dalam penyerapan Pb untuk mencapai titik kesetimbangan. Uji variasi waktu kontak dipakai 120 menit untuk waktu optimum adsorpsi.

4.2.4 Uji Variasi Konsentrasi

Pengujian variasi konsentrasi dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui maksimum adsorben dalam menyerap logam Pb dalam larutan. Pada pengujian kali ini menggunakan variasi konsentrasi diantaranya 10 mg/L, 25 mg/L, 50 mg/L, 75 mg/L, 100 mg/L, 150 mg/L, dan 200 mg/L. dengan massa adsorben 100 mg, pH larutan 5, dan waktu kontak 120 menit. Hasil uji variasi konsentrasi dapat dilihat dalam tabel berikut :

Tabel 4. 12 Hasil Uji Variasi Konsentrasi Adsorben Ampas Tebu

Massa Adsorben (mg)	pH	Konsentrasi Rencana	C_{in} (mg/L)	C_{ef} (mg/L)	$C_{terserap}$ (mg/L)	% Removal
100	5	10	4,493	4,143	0,350	8%
100	5	25	11,335	8,4655	2,870	25%
100	5	50	27,765	20,755	7,010	25%
100	5	75	31,890	30,9525	0,938	3%
100	5	150	81,480	11,19	70,290	86%
100	5	200	189,620	11,6	178,020	94%

(Sumber : Data Primer, 2022)

Tabel 4. 13 Hasil Uji Variasi Konsentrasi Ampas Tebu Teraktivasi

Massa Adsorben (mg)	pH	Konsentrasi Rencana	C_{in} (mg/L)	C_{ef} (mg/L)	$C_{terserap}$ (mg/L)	% Removal
100	5	10	4,493	3,808	0,685	15%
100	5	25	11,335	8,5425	2,793	25%
100	5	50	27,765	18,915	8,850	32%
100	5	75	31,890	22,8675	9,023	28%
100	5	150	81,480	6,48	75,000	92%
100	5	200	189,620	6,66	182,960	96%

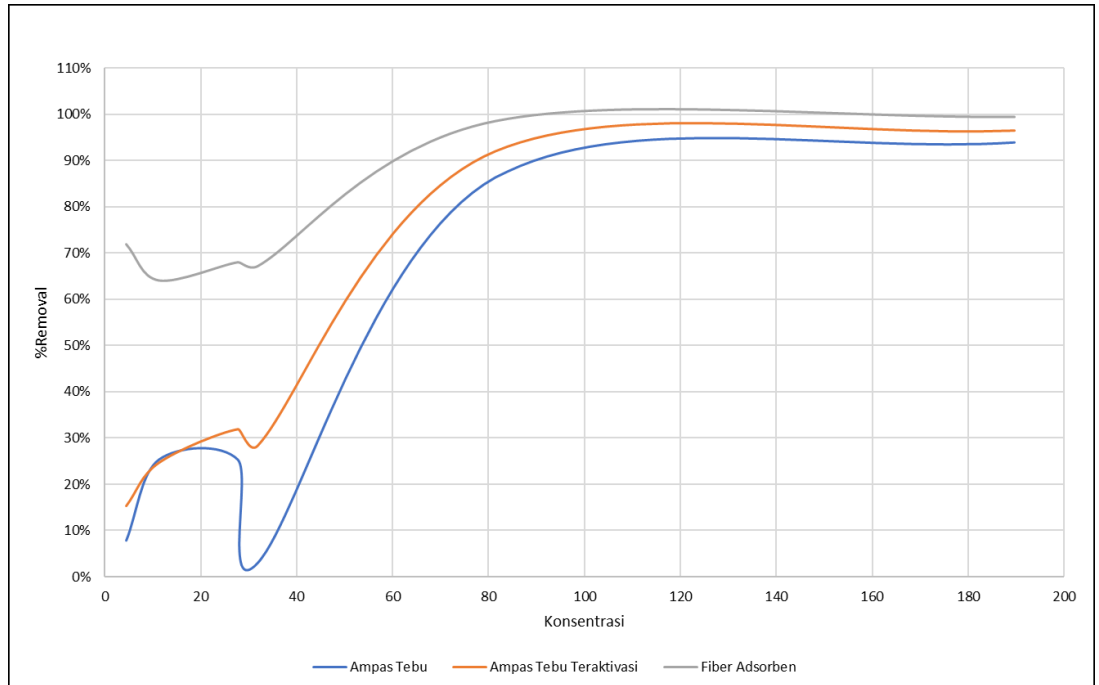
(Sumber : Data Primer, 2022)

Tabel 4. 14 Hasil Uji Variasi Konsentrasi Fiber Adsorben

Massa Adsorben (mg)	pH	Konsentrasi Rencana	C_{in} (mg/L)	C_{ef} (mg/L)	$C_{terserap}$ (mg/L)	% Removal
100	5	10	4,493	1,263	3,230	72%
100	5	25	11,335	4,0775	7,258	64%
100	5	50	27,765	8,89	18,875	68%
100	5	75	31,890	10,4775	21,413	67%
100	5	150	81,480	1,125	80,355	99%
100	5	200	189,620	0,94	188,680	100%

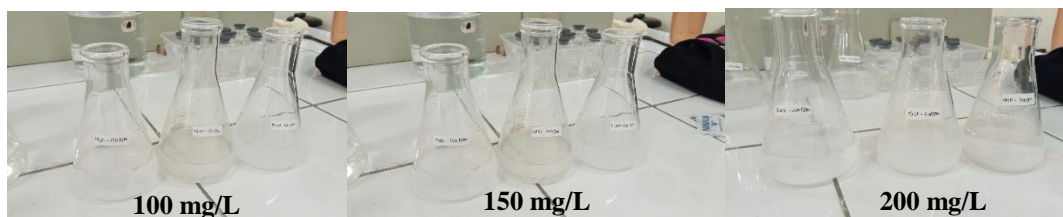
(Sumber : Data Primer, 2022)

Dari ketiga tabel di atas, selanjutnya di *plotting* untuk mengetahui hubungan antara persentase (%) *removal* terhadap konsentrasi Pb adalah sebagai berikut :



Gambar 4. 10 Hubungan Konsentrasi dengan % Removal

Dari grafik pada Gambar 4.10 terlihat bahwa semakin besar konsentrasi larutan Pb maka semakin besar pula efisiensi removalnya. Namun, kondisi ini tidak sesuai dengan teori dimana seharusnya semakin besar konsentrasi larutan Pb maka efisiensi removal akan semakin kecil (Kurniawan, 2014; Sedyanto, 2018). Hal ini dikarenakan semakin besar konsentrasi larutan maka akan semakin besar beban adsorben dalam mengadsorb logam Pb. Keadaan ini dikarenakan konsentrasi tinggi (100 mg/L, 150 mg/L, 200 mg/L) pada saat pengkondisian pH menggunakan NaOH terjadi pengendapan pada larutan. Dapat dilihat pada Gambar 4.11



Gambar 4. 11 Larutan Pb yang engendap Oleh NaOH

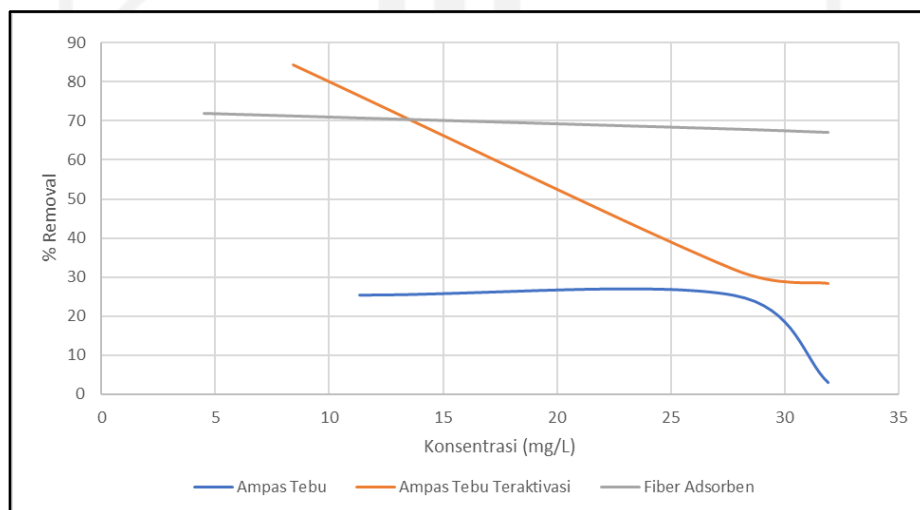
Pada Gambar 4.11 Terlihat endapan yang terbentuk sebelum sebelum proses adsorpsi. Endapan ini dikarenakan reaksi ion Pb^{+} dengan OH^{-} sehingga penurunan konsentrasi Pb bukan karena proses pengikatan dengan adsorben. Akibat dari proses ini adalah hasil data yang tidak bagus untuk diolah pada pemodelan isotherm Langmuir dan Freundlich. Data hasil pengujian yang masih dapat digunakan adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 15 Hasil Uji Variasi Konsentrasi

Adsorben	Massa Adsorben (mg)	pH	Konsentrasi Rencana	C_{in} (mg/L)	C_{ef} (mg/L)	$C_{terserap}$ (mg/L)	% Removal
Ampas Tebu	100	5	25	11,34	8,466	2,87	25,32
			50	27,77	20,755	7,01	25,25
			75	31,89	30,953	0,94	2,94
Ampas Tebu Teraktivasi	100	5	10	8,427	1,326	0,685	84,27
			50	27,77	18,92	8,85	31,87
			75	31,89	22,87	9,02	28,29
Fiber Ampas Tebu	100	5	10	4,493	1,263	3,230	71,89
			50	27,765	8,890	18,875	67,98
			75	31,89	10,478	21,413	67,14

(Sumber : Data Primer, 2022)

Dari Tabel 4.15 kemudian di plotting konsentrasi awal dengan % Removal pada gambar berikut :

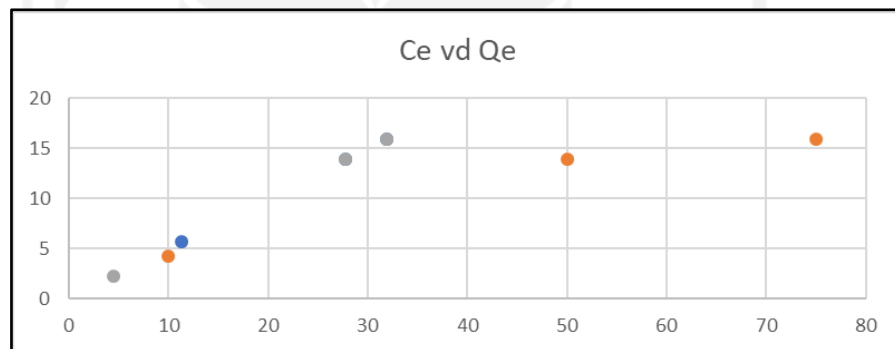


Gambar 4. 12 Hubungan Konsentrasi Pb dengan % Removal

Dari Gambar 4.12 dapat dilihat bahwa pada adsorben ampas tebu dan fiber adsorben grafik cenderung turun dengan artian bahwa semakin besar konsentrasi pb maka semakin kecil kemampuan adsorben dalam mengadsorpsi Pb. Namun, pada adsorben ampas tebu teraktivasi grafik tidak menunjukkan penurunan dan terlihat cenderung mengalami kenaikan. Dikarenakan data adsorben ampas tebu teraktivasi mengalami eror, ini akan mempengaruhi hasil dari perhitungan isotherm Adsorpsi. Data dari Tabel 4.15 akan digunakan untuk mengetahui jenis isotherm Adsorpsi.

4.2.5 Kestimbangan Adsorpsi

Kestimbangan Adsorpsi yaitu hubungan antara Q_e (jumlah ion Pb yang teradsorpsi dalam keadaan setimbang (mg/L)) dengan C_e (konsentrasi pada keadaan setimbang (mg/L)). kurva kestimbangan adsorben ampas tebu, ampas tebu teraktivasi, dan fiber adsorben dapat dilihat pada Gambar 4.13.



Gambar 4. 13 Kurva Kestimbangan Adsorben

4.2.6 Isotherm Adsorpsi

Pada sebuah proses adsorpsi terdapat beberapa faktor yang pengaruhi banyanya zat yang teradsorpsi diantaranya jenis adsorben, jenis adsorbat, konsentrasi zat. Isotherm adsorpsi adalah hubungan yang menunjukkan distribusi adsorben antara fasa teradsorpsi pada permukaan adsorben dengan fasa ruang saat kestimbangan pada suhu tertentu.

a. Metode Langmuir

Metode Adsorpsi Langmuir didefinisikan bahwa kapasitas Adsorpsi pada titik maksimum terjadi akibat keberadaan lapisan

tunggal (monolayer) adsorbat pada permukaan adsorben. Adapun persamaan isoterm Langmuir adalah sebagai berikut :

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{q_m} C_e + \frac{1}{K_L \cdot q_m} \dots \dots \dots (1)$$

Dimana :

- C_e = Konsentrasi Equilibrium (mg/L)
- q_e = Nilai Adsorpsi Logam saat Equilibrium (mg/g)
- q_m = Nilai Konstanta Langmuir
- K_L = Nilai Konstanta Langmuir

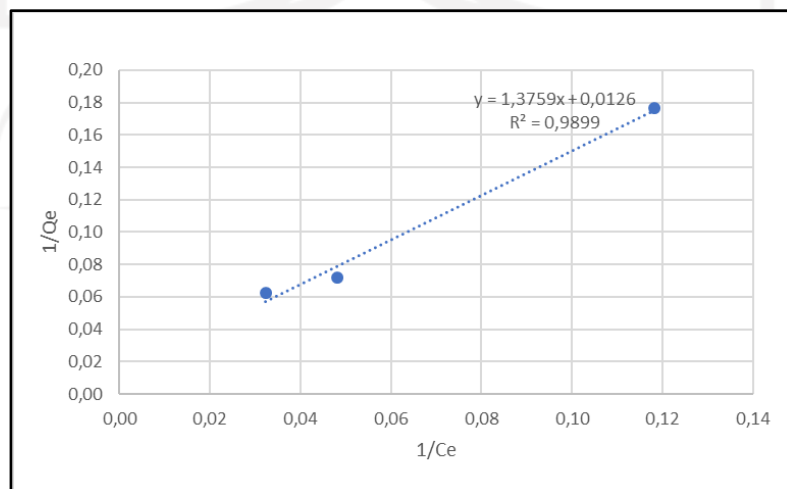
Dari data hasil pengujian variasi konsentrasi larutan dapat dihitung nilai dari kemampuan maksimum penyerapan pada Tabel 4.16 untuk adsorben ampas tebu.

Tabel 4. 16 Data Penentuan Konstanta Langmuir Adsorben Ampas Tebu

Massa Adsorben (mg)	pH	Konsentrasi Rencana	C _{in} (mg/L)	C _{ef} (mg/L)	ΔC (mg/L)	% Removal	q _e (mg/g)	1/C _e	1/q _e
100	5	25	11,34	8,466	2,87	25,32	5,668	0,118	0,176
		50	27,77	20,755	7,01	25,25	13,883	0,048	0,072
		75	31,89	30,953	0,94	2,94	15,945	0,032	0,063

(Sumber : Data Primer, 2022)

Dari hasil nilai 1/C_e dan 1/q_e akan di plotting untuk membuat grafik persamaan linear isotherm Langmuir. Dari grafik akan didapat nilai R². Grafik persamaan linear dari isotherm Langmuir dapat dilihat pada Gambar 4. 14



Gambar 4. 14 Kurva Kalibrasi Isoterm Langmuir Adsorben Ampas Tebu

Berdasarkan Gambar 4.14 dapat dilihat bahwa diperoleh nilai $y = 1,3759 + 0,0129$ dengan slope $R^2 = 0,9899$ yang akan digunakan untuk menghitung nilai Q_m dari adsorben. Perhitungan nilai Q_m adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 Q_m &= 1/a \\
 &= 1/0,0126 \\
 &= 79,37 \text{ mg/g} \\
 KL &= \frac{1}{b \cdot Q_m} \\
 &= \frac{1}{1,3759 \times 79,37 \text{ mg/g}} \\
 &= 0,00916 \text{ 1/mg}
 \end{aligned}$$

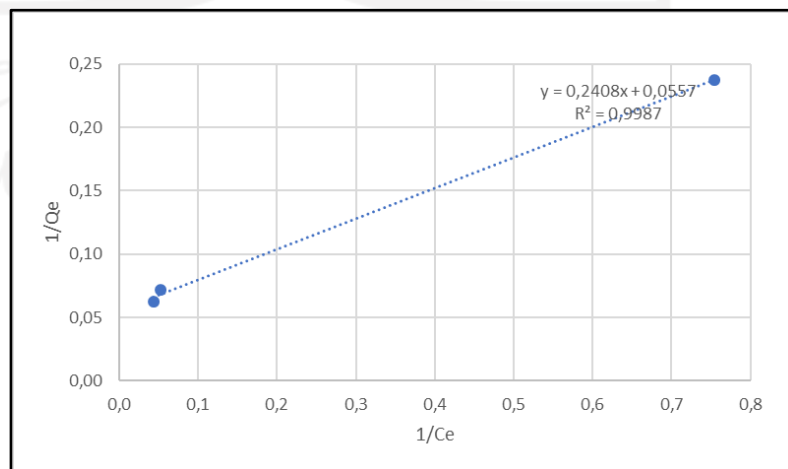
Selanjutnya adalah data hasil pengujian variasi konsentrasi larutan dapat dihitung nilai dari kemampuan maksimum penyerapan pada Tabel 4.17 untuk adsorben ampas tebu teraktivasi.

Tabel 4. 17 Data Penentuan Konstanta Langmuir Ampas Tebu Teraktivasi

Massa Adsorben (mg)	pH	Konsentrasi Rencana	C_{in} (mg/L)	C_{ef} (mg/L)	ΔC (mg/L)	% Removal	q_e (mg/g)	$1/C_e$	$1/q_e$
100	5	10	8,427	1,326	0,685	84,27	4,213	0,754	0,237
		50	27,77	18,92	8,85	31,87	13,883	0,053	0,072
		75	31,89	22,87	9,02	28,29	15,945	0,044	0,063

(Sumber : Data Primer, 2022)

Hasil Plotting $1/C_e$ dan $1/q_e$ dari Data Penentuan Konstanta Langmuir Adsorben Ampas Tebu dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 4. 15 Kurva Kalibrasi Isoterm Langmuir Adsorben Ampas Tebu

Berdasarkan Gambar 4.15 dapat dilihat bahwa diperoleh nilai $y = 1,7625x - 0,0208$ dengan slope $R^2 = 0,9986$ yang akan digunakan untuk menghitung nilai Q_m dari adsorben. Perhitungan nilai Q_m adalah sebagai berikut :

$$Q_m = 1/a$$

$$= 1/0,0557$$

$$= 17,9533 \text{ mg/g}$$

$$KL = \frac{1}{b \cdot Q_m}$$

$$= \frac{1}{1,7625 \times (0,2408) \text{ mg/g}}$$

$$= 0,03161/\text{mg}$$

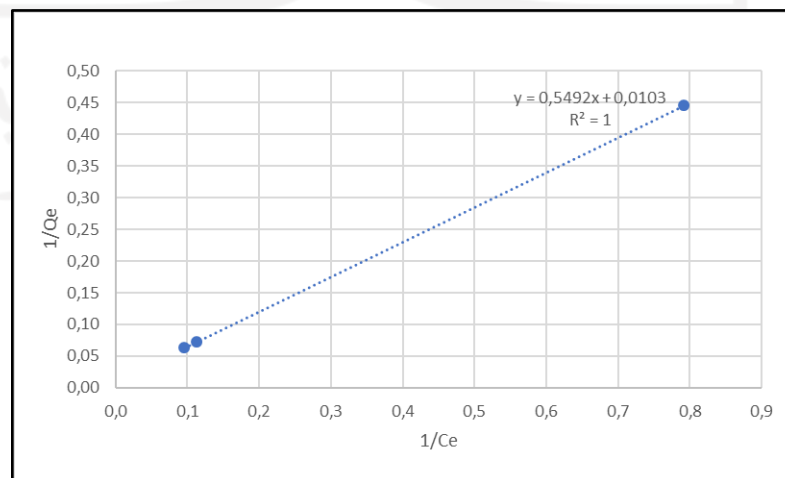
Selanjutnya data hasil pengujian variasi konsentrasi larutan dapat dihitung nilai dari kemampuan maksimum penyerapan pada Tabel 4.18 untuk adsorben ampas tebu teraktivasi.

Tabel 4. 18 Data Penentuan Konstanta Langmuir Fiber Adsorben

Massa Adsorben (mg)	pH	Konsentrasi Rencana	C_{in} (mg/L)	C_{ef} (mg/L)	ΔC (mg/L)	% Removal	q_e (mg/g)	$1/C_e$	$1/q_e$
100	5	10	4,493	1,263	3,230	71,89	2,247	0,792	0,445
		50	27,765	8,890	18,875	67,98	13,883	0,112	0,072
		75	31,89	10,478	21,413	67,14	15,945	0,095	0,063

(Sumber : Data Primer, 2022)

Hasil Plotting $1/C_e$ dan $1/q_e$ dari Data Penentuan Konstanta Langmuir Adsorben Ampas Tebu dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 4. 16 Kurva Kalibrasi Isoterm Langmuir Fiber Adsorben

Berdasarkan Gambar 4.16 dapat dilihat bahwa diperoleh nilai $y = 0,5492x + 0,0103$ dengan slope $R^2 = 1$ yang akan digunakan untuk menghitung nilai Q_m dari adsorben. Perhitungan nilai Q_m adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Q_m &= 1/a \\ &= 1/0,0103 \\ &= 97,09 \text{ mg/g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} KL &= \frac{1}{b \cdot Q_m} \\ &= \frac{1}{0,5492 \times 97,09 \text{ mg/g}} \\ &= 0,01875 \text{ 1/mg} \end{aligned}$$

Jika dibandingkan antara 2 adsorben jumlah penyerapan Q_m pada adsorben ampas tebu 79,37 mg/g lebih kecil dibandingkan fiber adsorben yaitu sebesar 97,09 mg/g.

b. Metode Freundlich

Model isoterm Freundlich mengasumsikan bahwa adanya lebih dari satu lapisan permukaan (multilayer) dan *site* bersifat heterogen, yaitu keberadaan energi pengikat pada setiap *site*. Persamaan model isotherm Freundlich adalah sebagai berikut :

$$q_e = k_f \cdot C_e^{1/n}$$

Dimana q_e adalah konsentrasi zat yang terlarut teradsorpsi pada suatu fasa padat yang berkesetimbangan sama dengan suatu lautan dengan konsentrasi zat terlarut C_e . Satuan untuk C adalah milimol zat terlarut per gram adsorben dan untuk C_e molaritas dengan k dan n adalah konstanta terlihat bahwa jika $n = 1$ persamaan Freundlich direduksi ke dalam bentuk pernyataan kesetimbangan lain seperti hukum Henry atau hukum distribusi Nernst untuk zat terlarut di dalam ekstraksi pelarut, pada umumnya $n > 1$ dan karena itu grafik antara C dengan C_e (disebut isoterm adsorpsi). Untuk mencari nilai k dan n dapat mengambil logaritma dari kedua persamaan Freundlich dan menghasilkan persamaan :

$$\text{Log } q_e = \text{Log } k_f + 1/n \text{ Log } C_e$$

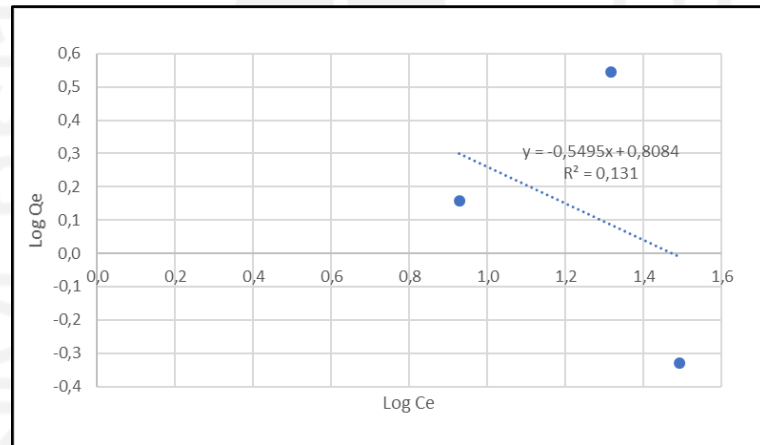
Data hasil perhitungan untuk metode isoterm Freundlich pada adsorben ampas tebu dapat dilihat pada Tabel 4.19

Tabel 4. 19 Data Penentuan Konstanta Freundlich Ampas Tebu

Massa Adsorben (mg)	pH	Konsentrasi Rencana	C _{in} (mg/L)	C _{ef} (mg/L)	ΔC (mg/L)	% Removal	q _e (mg/g)	1/C _e	1/q _e	log C _e	Log Q _e
100	5	25	11,335	8,466	2,870	25,315	1,435	0,118	0,697	0,928	0,157
		50	27,765	20,755	7,010	25,248	3,505	0,048	0,285	1,317	0,545
		75	31,890	30,953	0,938	2,940	0,469	0,032	2,133	1,491	-0,329

(Sumber : Data primer, 2022)

Dari Tabel 4.19 kemudian di plotting pada grafik antara Log C_e pada sumbu x dan Log Q_e pada sumbu y untuk mengetahui nilai R² dan menentukan model isoterm Freundlich. Grafik persamaan linier dari untuk adsorben ampas tebu dapat dilihat pada Gambar 4. 17



Gambar 4. 17 Kurva Kalibrasi Isoterm Freundlich Ampas Tebu

Dari grafik diatas didapat persamaan $y = -0,5695x + 0,8084$ dengan nilai $R^2 = 0,131$. Dari persamaan tersebut dapat didapatkan nilai K_f dan n berturut turut adalah 6,4328 dan -1,8198.

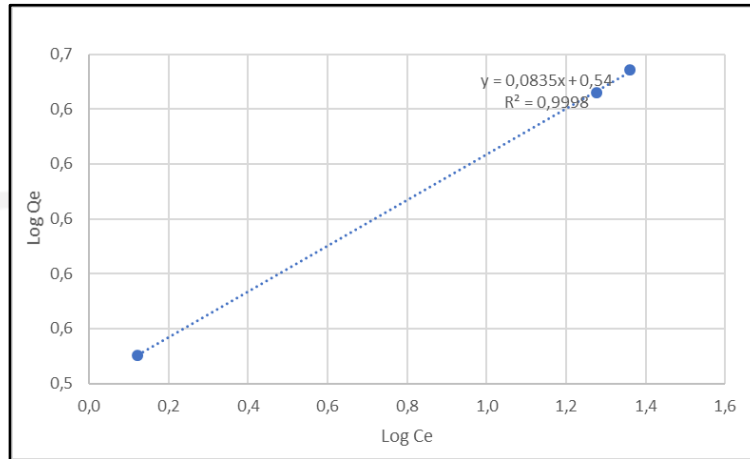
Selanjutnya adalah data hasil perhitungan isoterm Freundlich pada adsorben ampas tebu teraktivasi dapat dilihat pada Tabel 4.20

Tabel 4. 20 Data Penentuan Konstanta Freundlich Ampas Tebu Teraktivasi

Massa Adsorben (mg)	pH	Konsentrasi Rencana	C _{in} (mg/L)	C _{ef} (mg/L)	ΔC (mg/L)	% Removal	q _e (mg/g)	1/C _e	1/q _e	log C _e	Log Q _e
100	5	10	8,427	1,326	7,101	84,270	3,551	0,754	0,282	0,122	0,550
		25	27,765	18,915	8,850	31,875	4,425	0,053	0,226	1,277	0,646
		50	31,890	22,868	9,023	28,293	4,511	0,044	0,222	1,359	0,654

(Sumber : Data Primer, 2022)

Dari Tabel 4.20 grafik antara Log Ce dan Log untuk mengetahui persamaan linier adsorben ampas tebu teraktivasi dapat dilihat pada Gambar 4. 18



Gambar 4. 18 Kurva Kalibrasi Isoterm Freundlich Ampas Tebu Teraktivasi

Dari grafik diatas didapat persamaan $y = 0,0835x + 0,54$ dengan nilai $R^2 = 0,9998$. Dari persamaan tersebut dapat didapatkan nilai Kf dan n berturut turut adalah 3,46737 dan 11,976.

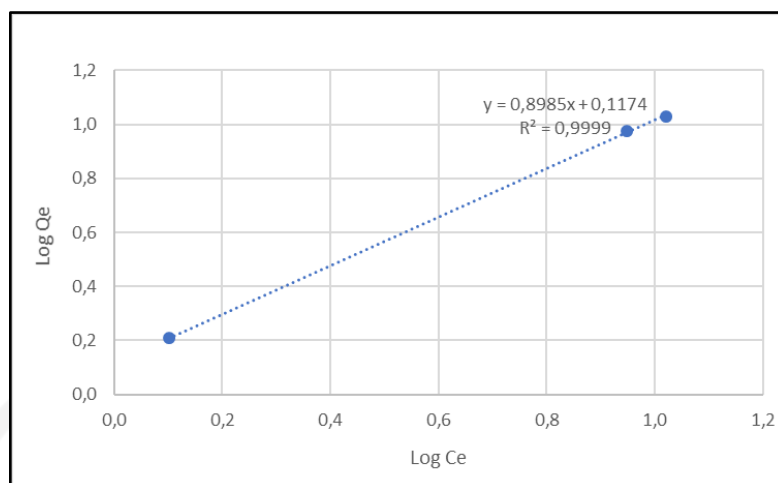
Selanjutnya adalah data hasil perhitungan isoterm Freundlich pada fiber adsorben dapat dilihat pada Tabel 4.21 dibawah ini :

Tabel 4. 21 Data Penentuan Konstanta Freundlich Fiber Adsorben

Massa Adsorben (mg)	pH	Konsentrasi Rencana	C _{awal}	C _e	ΔC	% Removal	q _e (mg/g)	1/C _e	1/q _e	Log C _e	Log Q _e
100	5	10	4,493	1,263	3,230	71,890	1,615	0,792	0,619	0,101	0,208
		50	27,765	8,890	18,875	67,981	9,438	0,112	0,106	0,949	0,975
		75	31,890	10,478	21,413	67,145	10,706	0,095	0,093	1,020	1,030

(Sumber : Data Primer, 2022)

Kemudian di plot log Ce dan Log Qe untuk mengetahui persamaan linier dapat dilihat grafik pada Gambar 4.21



Gambar 4. 19 Kurva Kalibrasi Isoterm Freundlich Fiber Adsorben
 Dari grafik pada Gambar 4.18 didapat persamaan $y = 0,8985 + 0,1174$ dengan nilai $R^2 = 0,9999$. Dari persamaan tersebut dapat didapatkan nilai K_f dan n berturut turut adalah 1,31039 dan 1,1129.

Selanjtnya akan dibandingkan nilai R^2 pada setiap grafik untuk menentukan model adsorbensi yang cocok. Nilai R^2 yang paling besar akan digunakan pada sampel adsorben. Perbandingan nilai R^2 pada antara isoterm angmuir dan Freundlich dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4. 22 Hasil Pemodelan Isoterm Langmuir dan Freundlich

Jenis Adsorben	Langmuir			Freundlich		
	Qm	KL	R ²	Kf	n	R ²
Ampas tebu	79,365	0,0092	0,9899	6,433	-1,820	0,1310
Ampas tebu teraktivasi	17,953	0,0316	0,9987	39,518	11,976	0,9998
Fiber adsorben	97,087	0,0188	1	1,310	1,113	0,9999

(Sumber : Data Primer, 2022)

Berdasarkan Tabel 4.22 didapatkan bahwa pada ketiga sampel model adsorpsi mengikuti model isoterm Langmuir. Model ini menunjukkan bahwa interaksi antara adsorben dengan adsorbat terjadi hanya pada satu lapisan (*monolayer*). Kemampuan adsorpsi paling baik berada pada sampel adsorben adalah fiber adsorben ampas tebu dengan kapasitas adsorpsi sebesar 97,087 mg/g.

Karakteristik dari isoterm Langmuir dapat diidentifikasi dengan parameter kesetimbangan (R_L) dengan persamaan untuk parameter kesetimbangan adalah sebagai berikut :

$$R_L = \frac{1}{1 + (K_L \cdot C_0)} \dots \dots \dots (2)$$

Dimana K_L yaitu konstanta Langmuir dan C_0 adalah konsentrasi awal ion Pb dalam air. Nilai R_L menyatakan karakteristik jenis isoterm sesuai dengan kategori masing – masing. Adapun kategorinya adalah sebagai berikut :

$R_L > 1$ kurang baik

$R_L = 1$ linier

$R_L = 0$ Ireversibel

$0 < R_L < 1$ baik

Dari persamaan 2 diperoleh nilai R_L untuk konsentrasi 10 mg/l dan konsentrasi 200 mg/l berturut turut adalah 0,842 dan 0,210. Dikarenakan nilai R_L berada diantara 0 dan 1 maka disimpulkan bahwa jenis adsorben isoterm termasuk ke dalam kategori baik untuk untuk proses adsorpsi.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan data yang diperoleh dari percobaan dan kemudian dianalisis, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- a. Adsorben berbahan ampas tebu memiliki kemampuan baik dalam mengadsorpsi logam Pb. Selain dibuktikan dengan melakukan pengujian secara langsung, permukaan adsorben juga dibaca dengan instrumen FTIR yang menunjukkan adanya gugus fungsi OH yang mampu berikatan dengan ion Pb. Selain itu dilakukan pembacaan dengan SEM dan terlihat pori dalam adsorben yang nantinya akan menyerap Pb saat Adsorpsi.
- b. Uji variasi massa, pH, waktu kontak dan adsorben didapat massa optimum adalah 100 mg, nilai pH 5, dan waktu kontak selama 120 menit.
- c. Adsorben dengan kapasitas adsorpsi paling tinggi adalah fiber adsorben yaitu 97,088 mg/g. Kapasitas adsorben ampas tebu adalah 79,37 mg/g, untuk kapasitas adsorpsi pada adsorben ampas tebu teraktivasi tidak dapat diketahui karena terdapat data yang eror disebabkan berapa factor salah satunya pengendapan ion Pb oleh NaOH pada saat pengondisian pH.
- d. Proses adsorpsi adsorben ampas tebu dan Fiber adsorben dapat menunjukkan model isotherm Langmuir.

5.2 Saran

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

- a. Melakukan pengujian ulang pada variasi konsentrasi agar mendapat data yang lebih valid untuk diolah dan dapat menghitung kapasitas adsorpsi pada adsorben ampas tebu.
- b. Perlakuan selanjutnya dapat divariasikan langsung menggunakan air limbah asli (bukan sintetis) agar dapat diaplikasikan langsung untuk pengolahan limbah dari proses industri.

DAFTAR PUSTAKA

- Apriliani, A. (2010). Pemanfaatan Arang Ampas Tebu sebagai Adsorben Ion Logam Cd, Cr, Cu dan Pb dalam Air Limbah. *Repositoy UIN*, 1–91.
- Delaroza, R. (2018). *Adsorpsi logam berat menggunakan adsorben alami pada air limbah industri*.
- Dyah, W., Rengga, P., Triwibowo, B., Nurazizah, N., & Nur, U. (2018). *Keseimbangan dan kinetika adsorpsi larutan logam timbal menggunakan protein keratin dari bulu ayam pedaging (gallus domesticus)*. 10(1), 59–65.
- Fernández García, B., Lobo Revilla, L., & Pereiro García, M. R. (2019). Atomic absorpton spectrometry| fundamentals, instrumentation and capabilities. *Encyclopedia of analytical science*
- Fitriani, I. N. dan D. A. W. (2015). *Uji Keefektifan Adsorben Dari Ampas Tebu Berbentuk Effervescent Untuk Mereduksi Ion Logam Krom Dalam Limbah Cair Industri Batik*.
- Gunam, I.B.W., Wartini, N.M, Anggreni, A.A.M.D dan Suparyana., P.M, 2011, Delignifikasi Ampas Tebu Dengan Larutan NatriumHidroksida Sebelum Proses Sakaraifikasi SecaraEnzimatis Menggunakan Enzim Selulase Kasar dari Aspergillus Niger Fnu 6018, *Jurnal Teknologi Indonesia*, 34: 24-32
- H, K. (2017). Effect of pH and Initial pb(II) Concentration on The Lead Removal Efficiency from Industrial Wastewater Using Ca(OH)₂. *International Journal of Water and Wastewater Treatment*, 3(2). <https://doi.org/10.16966/2381-5299.139>
- Hecht, H., & Srebnik, S. (2016). Structural Characterization of Sodium Alginate and Calcium Alginate. *Biomacromolecules*, 17(6), 2160–2167. <https://doi.org/10.1021/acs.biomac.6b00378>
- Hermiati, E., Mangunwidjaja, D., Sunarti, T. C., & Suparno, O. (2017). Pemanfaatan biomassa lignoselulosa ampas tebu untuk produksi bioetanol. *Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Pertanian*, 29(4), 121–130. <https://doi.org/10.21082/jp3.v29n4.2010.p121-130>
- Kurniawan, D. (2014). Pemanfaatan Media Bambu Sebagai Adsorbent Penyerap Logam Timbal (Pb) Dengan Perbandingan Tanpa Aktivasi dan Aktivasi dengan Asam Sitrat. *Thesis*, 20. https://dspace.uin.ac.id/bitstream/handle/123456789/2799/05.2_bab_2.pdf?sequence=8&isAllowed=y
- Nurafriyanti, N., Prihatini, N. S., & Syauqiah, I. (2017). Pengaruh Variasi Ph Dan Berat Adsorben Dalam Pengurangan Konsentrasi Cr Total Pada Limbah Artifisial Menggunakan Adsorben Ampas Daun Te h. *Jukung (Jurnal Teknik*

Lingkungan), 3(1), 56–65. <https://doi.org/10.20527/jukung.v3i1.3200>

Putri, P. (2010). *Wahyu Mushollaeni * dan Endang Rusdiana*.

Rahmi, R., & Sajidah. (2017). *Pemanfaatan Adsorben Alami (Biosorben) Untuk Mengurangi Kadar Timbal (Pb) Dalam Limbah Cair. Prosiding Seminar Nasional Biotik*, 271–279.

Sedyanto, A. P. (2018). *Pemanfaatan Kulit Singkong Sebagai Fiber Adsorben Terenkapsulasi Na-Alginat Penyerap Logam Berat Pb(Ii) Dalam Air*. Ii.

Siswoyo, E., Adrian, A. R., & Tanaka, S. (2018). *Bioadsorbent based on water hyacinth modified with citric acid for adsorption of methylene blue in water. MATEC Web of Conferences*, 154, 2–5. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201815401012>

Siswoyo, E., Mihara, Y., & Tanaka, S. 2014. *Determination of Key Components and Adsorption Capacity of a Low Cost Adsorbent Based on Sludge of Drinking Water Treatment Plant to Adsorb Cadmium Ion in Water. Applied Clay Science. Vol. 97-98*. 146-152.

Supraptini. (2002). *Pengaruh Limbah Industri Terhadap Lingkungan Di Industri. In Media Litbang Kesehatan: Vol. XII (Issue 2, pp. 10–19)*.

Trisna, W. W. (2017). *Pemanfaatan Ampas Tebu Sebagai Alternatif Adsorben Pb (II). Jurnal Kesehatan Bakti Tunas Husada*, 17(2), 268–273.

Wijayanti, Ria. (2009). *Arang Aktif dari Ampas Tebu sebagai Adsorben pada Pemurnian Minyak Goreng Bekas. Jurnal Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam IPB, Bogor*

Yohana, F., & Maramis, L. (2011). *Pemanfaatan Limbah Tahu Sebagai Adsorben Pb²⁺ Dan Aplikasinya Pada Limbah Industri Batik*. 1–7.



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN

Lampiran 1 Perhitungan

1. Preparasi 1 L Larutan standar Pb 1000 mg/L

$$Mr \text{ Pb}(\text{NO}_3)_2 = 331,2 \text{ g/mol}$$

$$Ar \text{ Pb} = 207,19 \text{ g/mol}$$

$$= \frac{331,2 \text{ g/mol}}{207,19 \text{ g/mol}} \times 1000 \text{ mg}$$

$$= 1598,97 \text{ mg}$$

$$= 1,59897 \text{ gram}$$

Jadi, 1,59897 gram $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ dilarutkan dalam 1000 ml aquades akan menjadi larutan induk Pb 1000 mg/L.

2. Preparasi Larutan Penyangga

- a) Larutan Penyangga pH 3 1 liter

$$700 \text{ mL KHP } 0,1 \text{ M} + 312,2 \text{ mL HCl } 0,1 \text{ M}$$

- 700 mL KHP 0,1 M

$$0,1 \text{ M} = \frac{gr}{Mr} \times \frac{1000}{700 \text{ mL}}$$

$$0,1 \text{ M} = \frac{gr}{71,08} \times \frac{1000}{700 \text{ mL}}$$

$$gr = \frac{0,1 \times 71,08}{1,428}$$

$$gr = 4,97759 \text{ gram}$$

- HCl 22,3 mL

Jadi, 4,97759 gram KHP dilarutkan dengan 700 mL aquades kemudian ditambahkan 22,3 mL HCl 0,1 M dan larutan penyangga pH 3 siap digunakan.

- b) Larutan Penyangga pH 4

$$1000 \text{ mL KHP } 0,1 \text{ M} + 2 \text{ mL HCl } 0,1 \text{ M}$$

- $0,1 \text{ M} = \frac{gr}{Mr} \times \frac{1000}{1000 \text{ mL}}$

$$0,1 \text{ M} = \frac{gr}{71,08} \times \frac{1000}{1000 \text{ mL}}$$

$$gr = 1 \text{ gram}$$

- HCl 2 mL 0,1 M

Jadi, 1 gram KHP dilarutkan dengan 1000 mL aquades kemudian ditambahkan 2 mL HCl 0,1 M dan larutan penyangga pH 4 siap digunakan.

c) Larutan Penyangga pH 5

$$700 \text{ mL KHP } 0,1 \text{ M} + 316,4 \text{ mL NaOH } 0,1 \text{ M}$$

- 1000 mL KHP 0,1 M

$$0,1 \text{ M} = \frac{gr}{Mr} \times \frac{1000}{1000 \text{ mL}}$$

$$0,1 \text{ M} = \frac{gr}{71,08} \times \frac{1000}{700 \text{ mL}}$$

$$gr = 4,9756 \text{ gram}$$

- 316,4 mL NaOH 0,1 M

$$0,1 \text{ M} = \frac{gr}{Mr \text{ NaOH}} \times \frac{1000}{316,4 \text{ mL}}$$

$$0,1 \text{ M} = \frac{gr}{39,988} \times \frac{1000}{700 \text{ mL}}$$

$$gr = 1,2652 \text{ gram}$$

Jadi, 4,9765 gram KHP dilarutkan dengan 700 mL aquades dan 1,2652 gram NaOH dengan 316,4 mL aquades kemudian kedua larutan tersebut dihomogenkan. Larutan penyangga pH 5 siap digunakan.

d) Larutan Penyangga pH 6

$$950 \text{ mL KH}_2\text{PO}_4 \text{ } 0,1 \text{ M} + 106,4 \text{ mL NaOH } 0,1 \text{ M}$$

- 1000 mL KHP 0,1 M

$$0,1 \text{ M} = \frac{gr}{Mr \text{ KH}_2\text{PO}_4} \times \frac{1000}{950 \text{ mL}}$$

$$0,1 \text{ M} = \frac{gr}{136,016} \times \frac{1000}{950 \text{ mL}}$$

$$gr = 12,9215 \text{ gram}$$

- 106,4 mL NaOH 0,1 M

$$0,1 \text{ M} = \frac{gr}{Mr \text{ NaOH}} \times \frac{1000}{106,4 \text{ mL}}$$

$$0,1 M = \frac{gr}{39,988} \times \frac{1000}{106,4 mL}$$

$$gr = 0,4255 \text{ gram}$$

Jadi, 12,9215 KH_2PO_4 dilarutkan dengan 950 mL aquades dan 0,4255 gram NaOH dengan 106,4 aquades kemudian kedua larutan tersebut dihomogenkan. Larutan penyangga pH 6 siap digunakan.

e) Larutan Penyangga pH 7

650 mL KH_2PO_4 0,1 M + 378,3 mL NaOH 0,1 M

- 1000 mL KHP 0,1 M

$$0,1 M = \frac{gr}{Mr \text{ KH}_2\text{PO}_2} \times \frac{1000}{650 mL}$$

$$0,1 M = \frac{gr}{136,016} \times \frac{1000}{650 mL}$$

$$gr = 8,8410 \text{ gram}$$

- 106,4 mL NaOH 0,1 M

$$0,1 M = \frac{gr}{Mr \text{ NaOH}} \times \frac{1000}{378,3 mL}$$

$$0,1 M = \frac{gr}{39,988} \times \frac{1000}{378,3 mL}$$

$$gr = 1,5127 \text{ gram}$$

Jadi, 8,8410 gram KH_2PO_4 dilarutkan dengan 650 mL aquades dan 1,5127 gram NaOH dengan 378,3 aquades kemudian kedua larutan tersebut dihomogenkan. Larutan penyangga pH 7 siap digunakan.

3. Preparasi larutan uji timbal

a) Larutan uji 100 mg/L

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

$$V_1 = \frac{C_2 \times V_2}{C_1} = \frac{100 \text{ mg/L} \times 100 \text{ ml}}{1000 \text{ ml}} = 10 \text{ ml}$$

Jadi, untuk membuat 100 ml larutan Pb 100 mg/L dibutuhkan 10 ml larutan induk Pb 1000 mg/L.

b) Larutan uji 10 mg/L

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

$$V_1 = \frac{C_2 \times V_2}{C_1} = \frac{10 \text{ mg/L} \times 100 \text{ ml}}{100 \text{ ml}} = 10 \text{ ml}$$

Jadi, untuk membuat 100 ml larutan Pb 10 mg/L dibutuhkan 10 ml dari larutan Pb 100 mg/L.

4. Preparasi $C_6H_8O_7$ 0,4 M

Larutan $C_6H_8O_7$ (asam sitrat) yang digunakan untuk mengaktivasi adsorben sebesar 1 : 13, jadi untuk mengaktivasi 40 gram amas tebu maka dibutuhkan 520 mL larutan asam sitrat.

$$\text{Ar C} = 12$$

$$\text{Ar H} = 1$$

$$\text{Ar O} = 16$$

$$\begin{aligned}\text{Mr } C_6H_8O_7 &= (\text{Ar C} \times 6) + (\text{Ar H} \times 8) + (\text{Ar O} \times 7) \\ &= (12 \times 6) + (1 \times 8) + (16 \times 7) \\ &= 192 \text{ gram/mol}\end{aligned}$$

$$0,4 \text{ M} = \frac{\text{gr}}{\text{Mr } C_6H_8O_7} \times \frac{1000}{520 \text{ mL}}$$

$$0,1 \text{ M} = \frac{\text{gr}}{192} \times \frac{1000}{650 \text{ mL}}$$

$$\text{gr} = 39,936 \text{ gram}$$

Jadi, 39,936 gram $C_6H_8O_7$ dilarutkan dengan 520 mL aquades hingga homogen.

5. Preparasi Na-alginat 4%

$$\text{Massa Na-alginat} = 4 \text{ gram}$$

$$\text{Volume aquades} = 100 \text{ ml}$$

$$\% \frac{W}{V} = \frac{4 \text{ gram}}{100 \text{ ml}} = 4 \text{ g/ml} = 4\%$$

6. Data hasil variasi massa adsorben

<i>Adsorben</i>	<i>Massa (mg)</i>	<i>C_{in} (mg/L)</i>	<i>pH awal</i>	<i>pH akhir</i>	<i>C_{ef} (mg/L)</i>	<i>C_{terserap} (mg/L)</i>	<i>% Removal</i>
Ampas Tebu	0	8,4265	6,013	5,963	5,1438	3,283	39%
	25	8,4265	6,013	5,870	2,0018	6,425	76%
	50	8,4265	6,013	5,867	1,9408	6,486	77%
	100	8,4265	6,013	5,511	2,8621	5,564	66%
	200	8,4265	6,013	5,412	1,7036	6,723	80%
Teraktivasi	0	8,4265	6,013	5,963	5,1438	3,283	39%
	25	8,4265	6,013	5,604	3,2041	5,222	62%
	50	8,4265	6,013	5,615	1,9663	6,460	77%
	100	8,4265	6,013	5,643	1,3255	7,101	84%
	200	8,4265	6,013	5,752	0,5718	7,855	93%
Fiber	0	8,4265	6,013	5,963	5,1438	3,283	39%
	25	8,4265	6,013	5,900	1,6625	6,764	80%
	50	8,4265	6,013	5,955	1,2108	7,216	86%
	100	8,4265	6,013	5,957	0,5810	7,846	93%
	200	8,4265	6,013	5,927	0,5816	7,845	93%

7. Data hasil variasi pH adsorben

<i>Adsorben</i>	<i>Massa (mg)</i>	<i>pH rencana</i>	<i>C_{in} (mg/L)</i>	<i>pH awal</i>	<i>pH akhir</i>	<i>C_{ef} (mg/L)</i>	<i>C_{terserap} (mg/L)</i>	<i>% Removal</i>
Ampas Tebu	100	3	9,11	2,871	2,990	9,11	0	0%
	100	4	9,11	4,421	4,512	8,002	1,108	12%
	100	5	9,11	5,326	5,355	0,458	8,652	95%
	100	6	9,11	6,143	5,718	1,328	7,782	85%
	100	7	9,11	7,259	7,233	0,082	9,028	99%
Teraktivasi	100	3	9,11	2,871	2,983	8,520	0,59	6%
	100	4	9,11	4,421	4,456	7,238	1,872	21%
	100	5	9,11	5,326	5,397	0,360	8,75	96%
	100	6	9,11	6,143	5,570	1,060	8,05	88%
	100	7	9,11	7,259	7,243	0,052	9,058	99%
Fiber	100	3	9,11	2,871	3,030	0,984	8,126	89%
	100	4	9,11	4,421	4,510	0,909	8,201	90%
	100	5	9,11	5,326	5,339	0,079	9,031	99%
	100	6	9,11	6,143	5,857	0,425	8,685	95%
	100	7	9,11	7,259	7,198	0,014	9,096	100%

8. Data hasil uji variasi waktu kontak

<i>Jenis Adsorben</i>	<i>Massa Adsorben (mg)</i>	<i>pH</i>	<i>Waktu Kontak (menit)</i>	<i>Cin (mg/L)</i>	<i>Cef (mg/L)</i>	<i>C terserap (mg/L)</i>	<i>% Removal</i>
Ampas Tebu	100	5	15	9,6401	8,0217	1,6184	17%
			30	9,6401	8,1388	1,5013	16%
			60	9,6401	7,7189	1,9212	20%
			90	9,6401	7,6718	1,9683	20%
			120	9,6401	7,5222	2,1179	22%
Teraktivasi	100	5	15	9,6401	8,3498	1,2903	15%
			30	9,6401	7,6935	1,9466	25%
			60	9,6401	7,6178	2,0223	27%
			90	9,6401	7,6224	2,0177	26%
			120	9,6401	7,7244	1,9157	25%
Fiber	100	5	15	9,6401	6,7249	2,9152	30%
			30	9,6401	6,1811	3,459	36%
			60	9,6401	4,3388	5,3013	55%
			90	9,6401	4,308	5,3321	55%
			120	9,6401	4,2543	5,3858	56%

9. Data hasil uji variasi konsentrasi

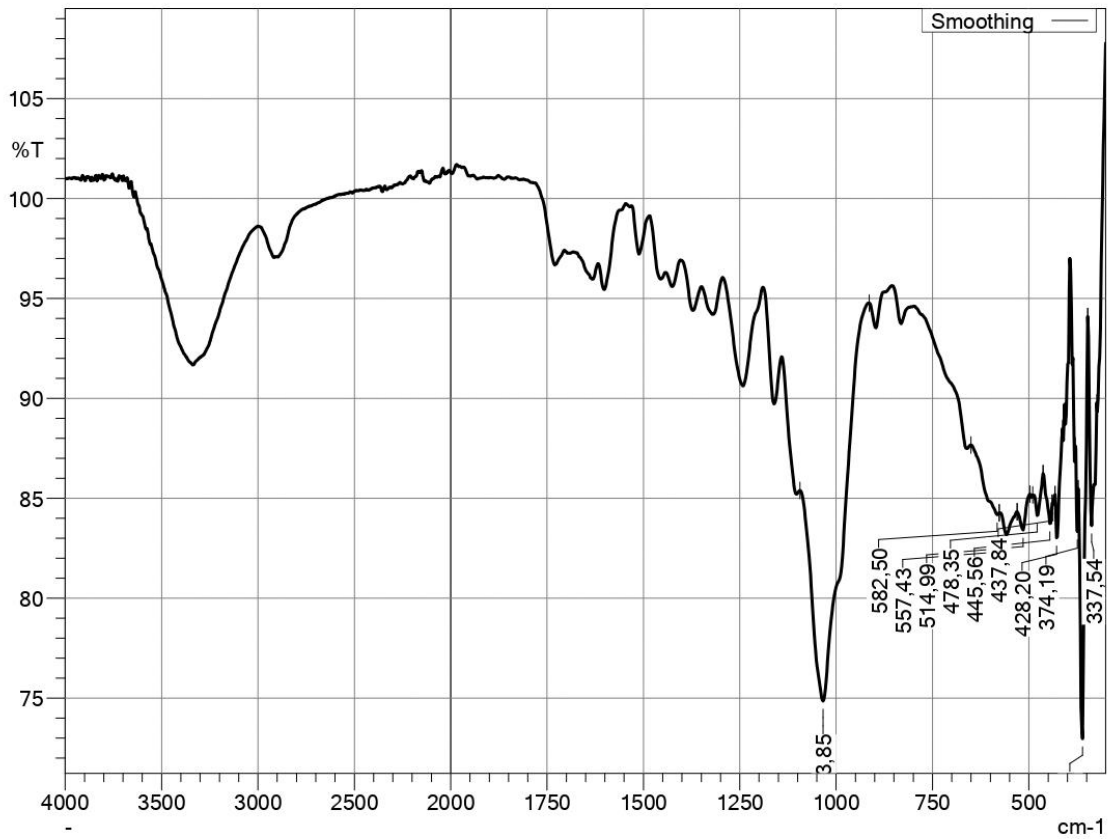
<i>Jenis Adsorben</i>	<i>Massa Adsorben (mg)</i>	<i>pH</i>	<i>Konsentrasi Rencana</i>	<i>Cin (mg/L)</i>	<i>Cef (mg/L)</i>	<i>C terserap (mg/L)</i>	<i>% Removal</i>
Ampas Tebu	100	5	10	4,493	4,143	0,350	8%
			25	11,335	8,4655	2,870	25%
			50	27,765	20,755	7,010	25%
			75	31,890	30,9525	0,938	3%
			150	81,480	11,19	70,290	86%
			200	189,620	11,6	178,020	94%
Teraktivasi	100	5	10	4,493	3,808	0,685	15%
			25	11,335	8,5425	2,793	25%
			50	27,765	18,915	8,850	32%
			75	31,890	22,8675	9,023	28%
			150	81,480	6,48	75,000	92%
			200	189,620	6,66	182,960	96%
Fiber	100	5	10	4,493	1,263	3,230	72%
			25	11,335	4,0775	7,258	64%
			50	27,765	8,89	18,875	68%
			75	31,890	10,4775	21,413	67%
			150	81,480	1,125	80,355	99%
			200	189,620	0,94	188,680	100%

10. Isoterm Adsorpsi

<i>Jenis Adsorben</i>	<i>Massa Adsorben (mg)</i>	<i>pH</i>	<i>Konsentrasi Rencana</i>	<i>C awal (mg/L)</i>	<i>Ce (mg/L)</i>	<i>ΔC</i>	<i>% Removal</i>	<i>qe (mg/g)</i>	<i>1/Ce</i>	<i>1/qe</i>
Ampas Tebu	100	5	25	11,34	8,466	2,87	25,32	5,668	0,118	0,176
			50	27,77	20,755	7,01	25,25	13,883	0,048	0,072
			75	31,89	30,953	0,94	2,94	15,945	0,032	0,063
Ampas Tebu Teraktivasi	100	5	10	8,427	1,326	0,685	84,27	4,213	0,754	0,237
			50	27,77	18,92	8,85	31,87	13,883	0,053	0,072
			75	31,89	22,87	9,02	28,29	15,945	0,044	0,063
Fiber Ampas Tebu	100	5	10	4,493	1,263	3,230	71,89	2,247	0,792	0,445
			50	27,765	8,890	18,875	67,98	13,883	0,112	0,072
			75	31,89	10,478	21,413	67,14	15,945	0,095	0,063

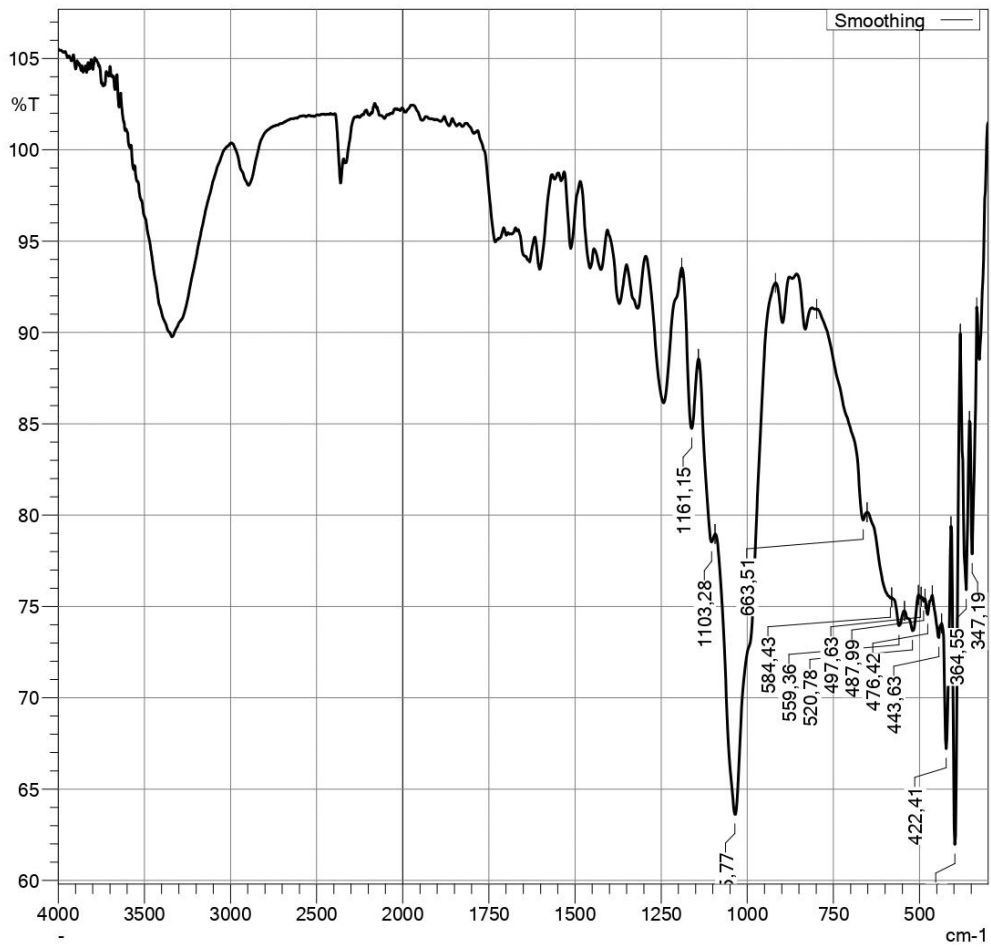
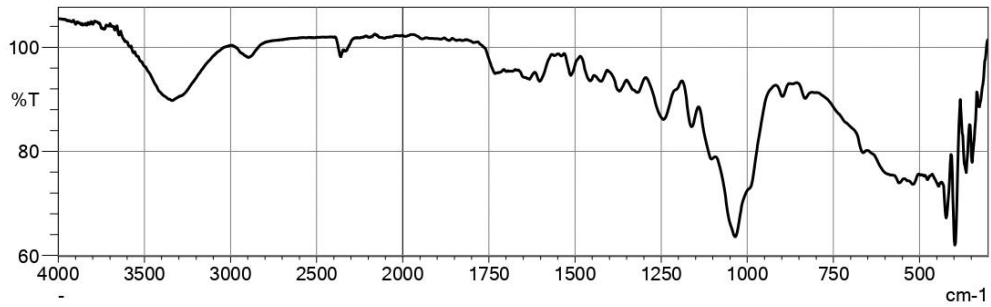
Lampiran 2 Data Karakteristik FTIR

a) Adsorben Ampas Tebu Sebelum Adsorpsi



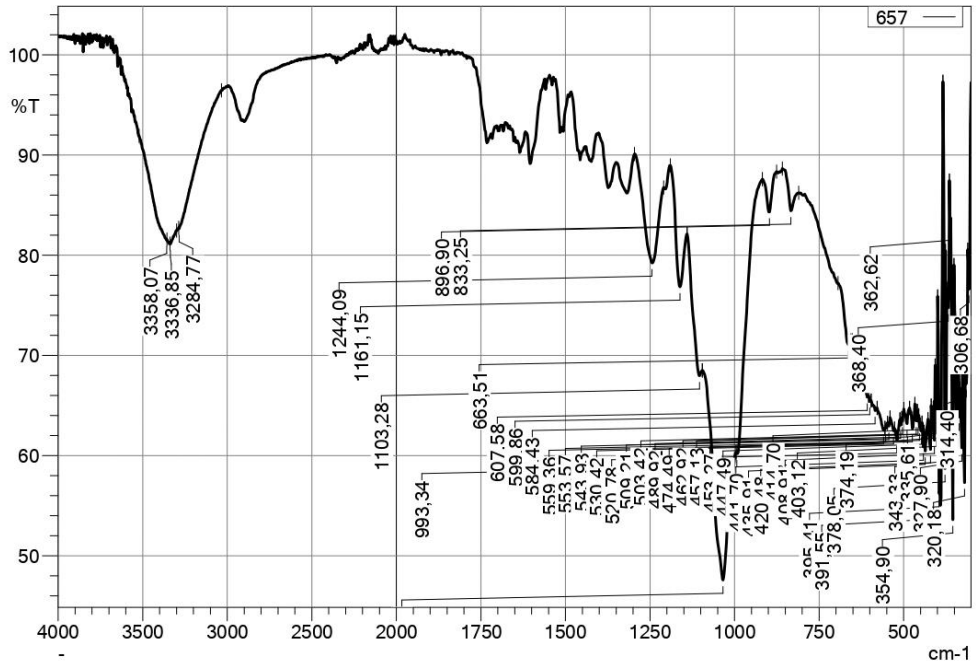
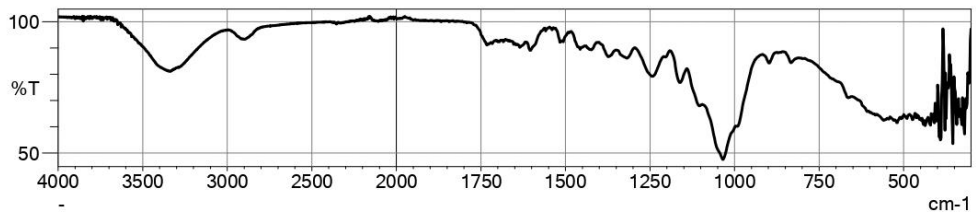
	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area	Comment
1	337,54	83,63	8,66	347,19	324,04	302,287	115,505	
2	360,69	72,97	16,48	372,26	347,19	461,895	205,711	
3	374,19	83,33	2,68	379,98	372,26	112,412	8,613	
4	428,20	83,02	2,82	432,05	412,77	283,694	29,697	
5	437,84	84,72	0,14	439,77	432,05	116,582	0,569	
6	445,56	83,74	1,38	462,92	439,77	352,184	16,302	
7	478,35	84,14	1,48	489,92	462,92	405,932	19,784	
8	514,99	83,41	1,32	530,42	497,63	518,048	18,455	
9	557,43	83,18	1,11	576,72	530,42	749,269	22,332	
10	582,50	84,18	0,36	650,01	576,72	1047,948	19,182	
11	1033,85	74,85	13,66	1093,64	914,26	2898,642	1118,987	

b) Adsorben Ampas Tebu Sesudah Adsorpsi



	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area	Comment
1	347,19	77,89	9,53	354,90	333,69	357,045	107,977	
2	364,55	75,92	10,94	381,91	354,90	503,330	166,729	
3	397,34	61,98	21,93	408,91	381,91	711,954	297,703	
4	422,41	67,21	9,52	435,91	408,91	761,256	133,022	
5	443,63	73,30	1,22	462,92	435,91	695,968	16,694	
6	476,42	74,56	0,93	484,13	462,92	527,872	8,391	
7	487,99	75,28	0,18	495,71	484,13	284,469	0,662	
8	497,63	75,46	0,10	503,42	495,71	188,756	0,366	
9	520,78	73,68	1,58	543,93	503,42	1038,562	33,941	
10	559,36	73,94	1,13	580,57	543,93	927,476	16,059	
11	584,43	75,46	0,29	651,94	580,57	1598,450	16,030	
12	663,51	79,73	1,30	798,53	651,94	2015,007	-77,709	
13	1035,77	63,62	19,88	1093,64	918,12	4079,013	1592,845	
14	1103,28	78,53	2,35	1141,86	1093,64	855,885	72,604	
15	1161,15	84,74	5,80	1190,08	1141,86	568,169	136,180	

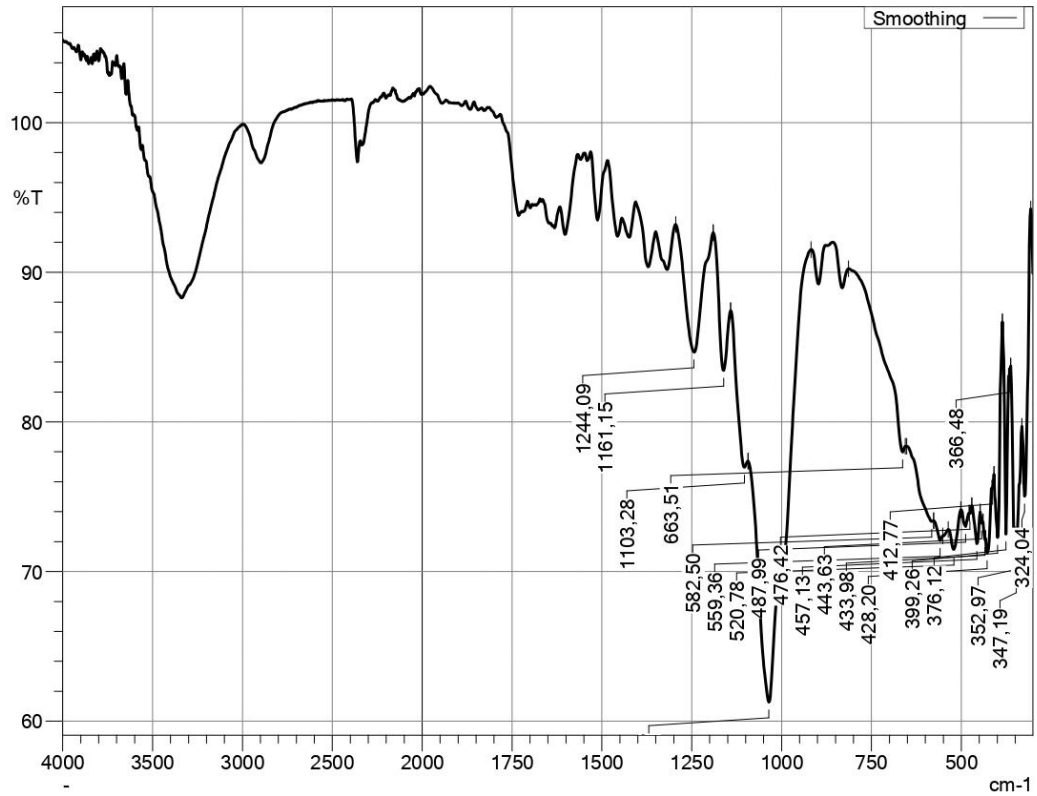
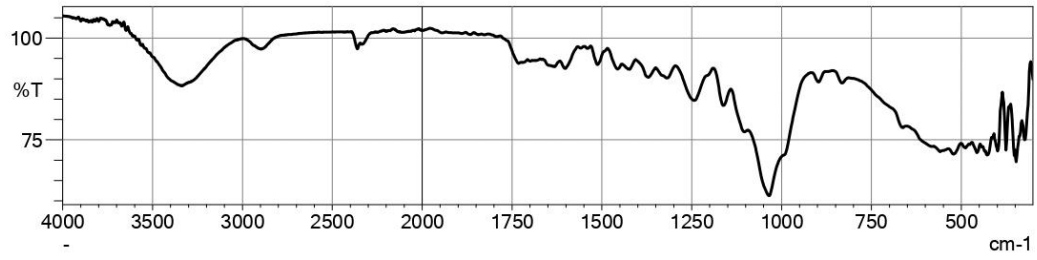
c) Adsorben Ampas Tebu Teraktivasi Sebelum Adsorpsi



	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area	Comment
1	306,68	76,62	10,60	310,54	300,90	164,852	57,688	
2	314,40	67,20	6,79	316,33	310,54	170,500	29,476	
3	320,18	57,30	13,57	325,97	316,33	350,922	70,339	
4	327,90	60,79	9,22	333,69	325,97	274,965	35,014	
5	335,61	63,86	4,84	337,54	333,69	130,082	9,340	
6	343,33	60,90	13,38	351,04	337,54	417,638	78,317	
7	354,90	53,61	27,28	360,69	351,04	315,782	136,014	
8	362,62	82,83	2,74	364,55	360,69	60,950	5,287	
9	368,40	74,75	5,50	370,33	364,55	128,141	24,253	
10	374,19	63,14	16,04	376,12	370,33	160,848	36,704	
11	378,05	58,71	25,95	383,83	376,12	168,136	82,343	
12	391,55	55,03	9,58	393,48	383,83	315,556	92,531	
13	395,41	56,22	6,69	399,26	393,48	203,803	7,950	
14	403,12	62,26	10,17	406,98	399,26	259,700	46,959	
15	408,91	61,53	6,04	412,77	406,98	211,652	19,978	
16	414,70	63,99	0,86	418,55	412,77	206,474	3,247	
17	420,48	60,62	4,09	428,20	418,55	365,713	21,439	
18	435,91	60,46	2,33	439,77	428,20	439,391	11,161	
19	441,70	60,86	1,82	445,56	439,77	220,542	5,454	
20	447,49	62,46	0,76	451,34	445,56	215,011	2,023	
21	453,27	62,84	0,71	455,20	451,34	141,964	1,378	
22	457,13	63,44	0,79	459,06	455,20	139,508	1,533	
23	462,92	63,48	1,32	466,77	459,06	275,300	3,692	
24	474,49	62,71	2,23	482,20	466,77	558,399	17,456	
25	489,92	63,19	1,51	499,56	482,20	623,460	10,520	
26	503,42	63,48	0,56	505,35	499,56	208,830	1,628	
27	509,21	63,05	0,61	511,14	505,35	212,517	2,356	
28	520,78	61,59	1,44	526,57	511,14	580,098	11,400	
29	530,42	62,47	0,53	540,07	526,57	499,365	3,026	
30	543,93	62,94	0,59	547,78	540,07	283,991	2,596	
31	553,57	62,72	0,17	555,50	547,78	285,888	0,491	
32	559,36	62,52	0,58	578,64	555,50	844,453	5,701	
33	584,43	64,51	0,50	596,00	578,64	609,568	4,285	
34	599,86	65,43	0,30	603,72	596,00	265,497	1,123	
35	607,58	65,85	0,56	651,94	603,72	1493,124	-14,067	
36	663,51	71,07	1,57	694,37	655,80	1005,270	15,858	
37	833,25	84,44	2,94	858,32	810,10	654,640	48,630	
38	896,90	84,31	3,65	918,12	875,68	571,261	60,460	
39	993,34	60,20	0,80	995,27	918,12	1814,715	-195,559	
40	1033,85	47,57	15,89	1095,57	995,27	4292,511	722,827	
41	1103,28	67,97	2,91	1139,93	1095,57	1191,855	96,614	
42	1161,15	76,84	8,17	1190,08	1139,93	919,669	194,518	
43	1244,09	79,23	8,86	1296,16	1209,37	1392,833	388,557	
44	3284,77	82,67	0,16	3286,70	3034,03	2463,711	-166,625	
45	3336,85	81,12	0,09	3338,78	3300,20	702,909	0,807	
46	3358,07	81,51	0,17	3522,02	3356,14	2312,250	110,712	

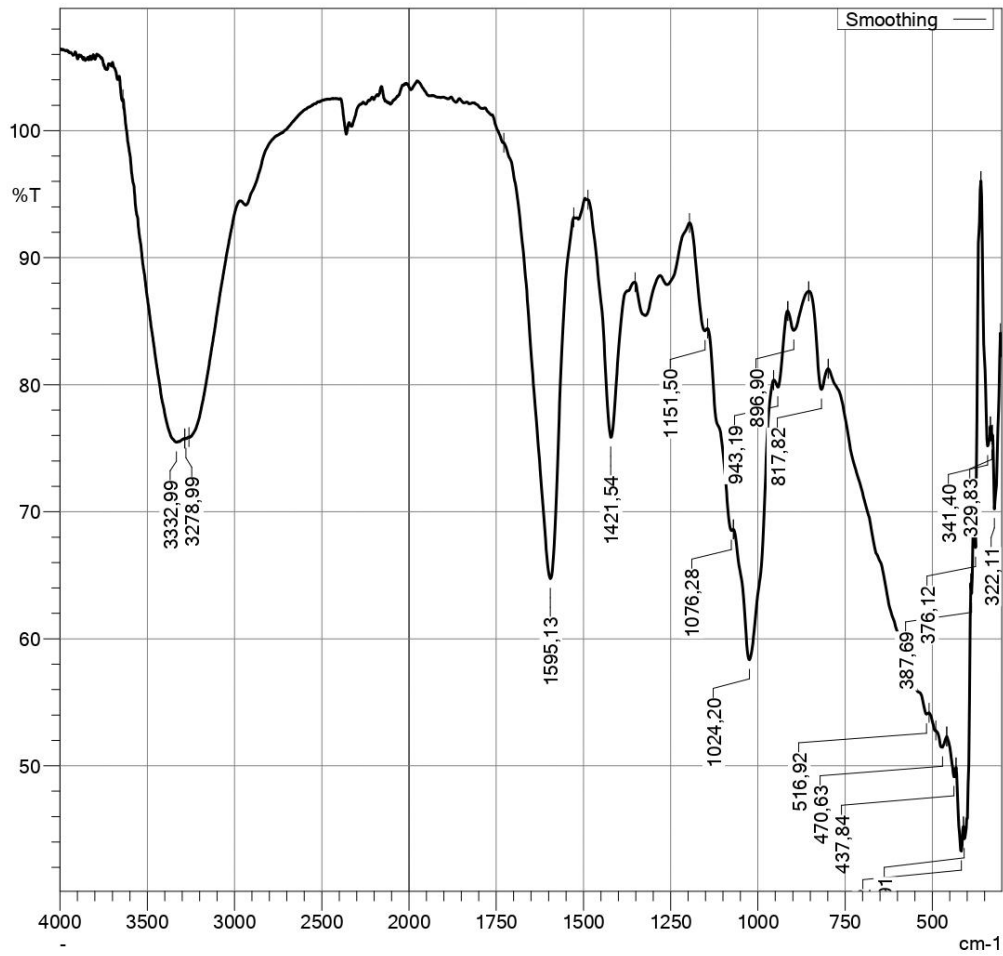


d) Adsorben Ampas Tebu Teraktivasi Sesudah Adsorpsi



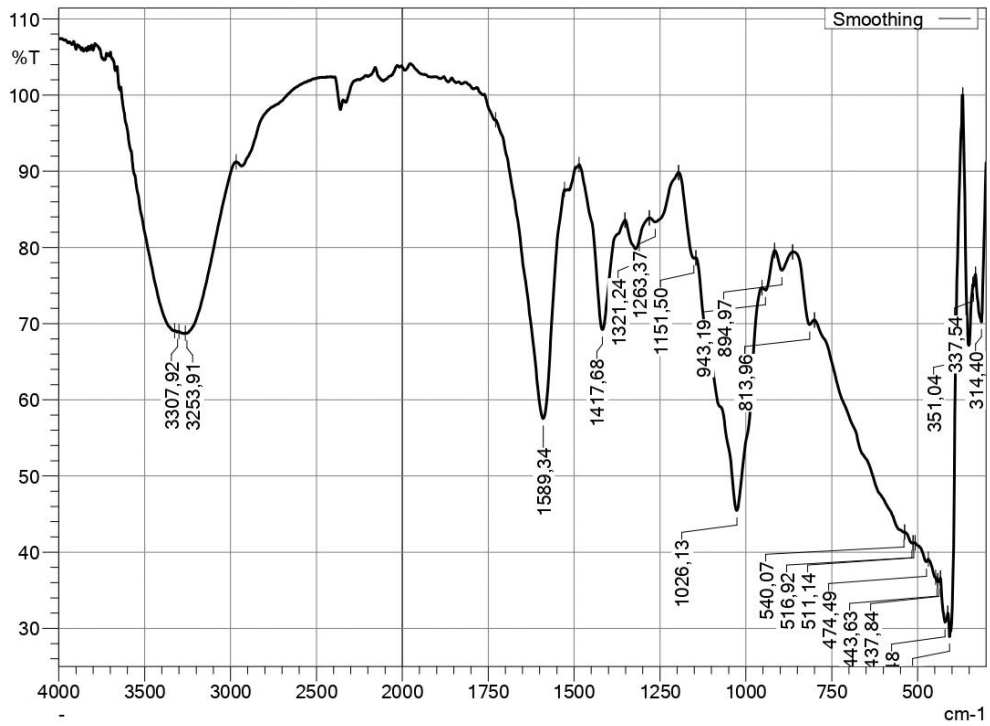
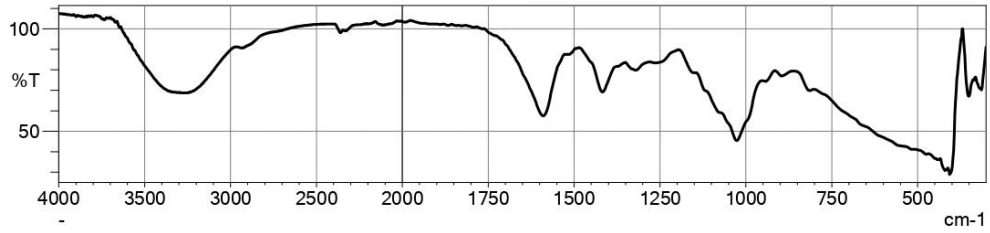
	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area	Comment
1	324,04	75,04	9,12	331,76	306,68	452,786	125,733	
2	347,19	69,63	4,29	351,04	331,76	496,368	35,053	
3	352,97	71,16	3,19	362,62	351,04	267,574	14,140	
4	366,48	83,03	0,24	368,40	362,62	96,660	0,515	
5	376,12	72,51	12,15	385,76	368,40	355,483	92,682	
6	399,26	72,28	8,45	408,91	385,76	527,943	101,671	
7	412,77	75,57	0,32	414,70	408,91	140,068	1,403	
8	428,20	71,24	1,72	432,05	414,70	473,056	19,935	
9	433,98	72,14	0,34	439,77	432,05	212,332	2,204	
10	443,63	73,24	0,40	447,49	439,77	204,727	1,384	
11	457,13	71,87	2,27	470,63	447,49	624,777	27,182	
12	476,42	73,87	0,16	478,35	470,63	199,982	0,544	
13	487,99	73,01	0,99	501,49	478,35	612,094	10,636	
14	520,78	71,48	1,91	536,21	501,49	955,631	34,400	
15	559,36	72,08	0,62	576,72	551,64	685,903	6,212	
16	582,50	73,35	0,44	651,94	576,72	1835,036	21,470	
17	663,51	77,99	0,96	813,96	655,80	2295,759	-186,674	
18	1035,77	61,28	20,76	1093,64	918,12	4379,083	1649,623	
19	1103,28	76,97	2,42	1141,86	1093,64	924,512	76,146	
20	1161,15	83,44	6,07	1190,08	1141,86	623,196	142,725	
21	1244,09	84,67	8,26	1294,24	1190,08	1157,786	419,596	

e) Fiber Adsorben Ampas Tebu Sebelum Adsorpsi



	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area	Comment
1	322.11	70.23	7.84	327.90	304.75	572.170	110.841	
2	329.83	75.63	0.66	333.69	327.90	138.483	1.901	
3	341.40	75.18	7.05	360.69	333.69	499.993	132.069	
4	376.12	67.19	8.43	379.98	360.69	337.523	14.876	
5	387.69	63.58	2.02	389.62	379.98	321.960	7.997	
6	408.91	44.26	2.71	410.84	389.62	1079.597	120.664	
7	416.62	43.28	3.22	432.05	410.84	1156.310	43.626	
8	437.84	49.14	1.26	459.06	432.05	1332.708	12.170	
9	470.63	51.46	1.03	489.92	459.06	1480.904	16.465	
10	516.92	54.06	0.83	798.53	509.21	9609.756	267.616	
11	817.82	79.62	3.74	854.47	798.53	955.754	77.871	
12	896.90	84.28	1.97	914.26	854.47	857.362	54.882	
13	943.19	79.81	2.11	954.76	914.26	727.764	42.565	
14	1024.20	58.35	14.97	1070.49	954.76	3860.413	908.086	
15	1076.28	68.53	1.33	1143.79	1070.49	1783.302	62.363	
16	1151.50	84.24	1.42	1195.87	1143.79	636.826	42.396	
17	1421.54	75.85	15.55	1487.12	1352.10	1970.610	797.784	
18	1595.13	64.74	30.40	1728.22	1527.62	3317.930	2536.533	
19	3278.99	75.75	0.04	3284.77	3261.63	560.080	0.457	
20	3332.99	75.47	3.92	3639.68	3284.77	5322.459	1459.827	

f) Fiber Adsorben Ampas Tebu Sebelum Adsorpsi



	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area	Comment
1	324,04	75,04	9,12	331,76	306,68	452,786	125,733	
2	347,19	69,63	4,29	351,04	331,76	496,368	35,053	
3	352,97	71,16	3,19	362,62	351,04	267,574	14,140	
4	366,48	83,03	0,24	368,40	362,62	96,660	0,515	
5	376,12	72,51	12,15	385,76	368,40	355,483	92,682	
6	399,26	72,28	8,45	408,91	385,76	527,943	101,671	
7	412,77	75,57	0,32	414,70	408,91	140,068	1,403	
8	428,20	71,24	1,72	432,05	414,70	473,056	19,935	
9	433,98	72,14	0,34	439,77	432,05	212,332	2,204	
10	443,63	73,24	0,40	447,49	439,77	204,727	1,384	
11	457,13	71,87	2,27	470,63	447,49	624,777	27,182	
12	476,42	73,87	0,16	478,35	470,63	199,982	0,544	
13	487,99	73,01	0,99	501,49	478,35	612,094	10,636	
14	520,78	71,48	1,91	536,21	501,49	955,631	34,400	
15	559,36	72,08	0,62	576,72	551,64	685,903	6,212	
16	582,50	73,35	0,44	651,94	576,72	1835,036	21,470	
17	663,51	77,99	0,96	813,96	655,80	2295,759	-186,674	
18	1035,77	61,28	20,76	1093,64	918,12	4379,083	1649,623	
19	1103,28	76,97	2,42	1141,86	1093,64	924,512	76,146	
20	1161,15	83,44	6,07	1190,08	1141,86	623,196	142,725	
21	1244,09	84,67	8,26	1294,24	1190,08	1157,786	419,596	

Lampiran 3 Dokumentasi

1. Preparasi Adsorben Ampas Tebu



Ampas Tebu Setelah Dikeringkan Pada Suhu 110°C



Ampas tebu yang telah diblender dan di ayang dengan ayakan 70 mesh

2. Preparasi Adsorben Ampas Tebu Teraktivasi



Ampas Tebu berukuran 70 mesh diaktivasi dan dibilas hingga pH netral



Ampas tebu yang telah diaktivasi dan dikeringkan

3. Preparasi Fiber Adsorben Ampas Tebu

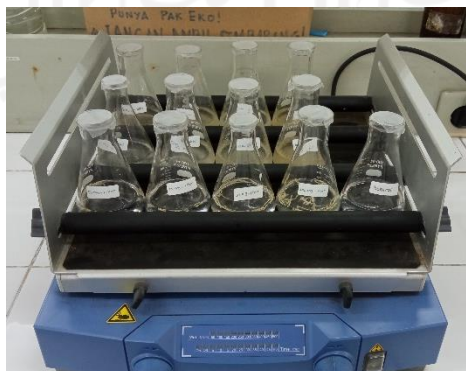


Preparasi larutan Na-alginat, proses enkapsulasi, dan pencucian dengan aquades



Pengeringan fiber ampas tebu


4. Proses Adsorpsi



Proses Adsorpsi variasi massa

Lampiran 4 Tabel Korelasi Gugus Fungsi

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
	 (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 (stretch)	2900–2800 2800–2700	w w
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—C	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=C	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)

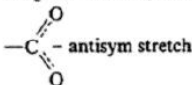
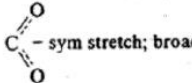


Range (cm ⁻¹) and Intensity*	Group and Class	Assignment and Remarks
1670-1640 (s-vs)	C=O in benzophenones	C=O stretch
1670-1650 (vs)	C=O in primary amides	C=O stretch (Amide I band)
1670-1630 (vs)	C=O in tertiary amides	C=O stretch
1655-1635 (vs)	C=O in β -ketone esters	C=O stretch; enol form
1650-1620 (w-m)	N-H in primary amides	NH deformation (Amide II band)
1650-1580 (m-s)	NH ₂ in primary amines	NH ₂ deformation
1640-1580 (s)	NH ₃ ⁺ in amino acids	NH ₃ deformation
1640-1580 (vs)	C=O in β -diketones	C=O stretch; enol form
1620-1610 (s)	C=C in vinyl ethers	C=C stretch; doublet due to rotational isomerism
1615-1590 (m)	benzene ring in aromatic compounds	ring stretch; sharp peak
1615-1565 (s)	pyridine derivatives	ring stretch; doublet
1610-1580 (s)	NH ₂ in amino acids	NH ₂ deformation; broad band
1610-1560 (vs)	COO ⁻ in carboxylic acid salts	 antisym stretch
1590-1580 (m)	NH ₂ primary alkyl amide	NH ₂ deformation (Amide II band)
1575-1545 (vs)	NO ₂ in aliphatic nitro compounds	NO ₂ antisym stretch
1565-1475 (vs)	NH in secondary amides	NH deformation (Amide II band)
1560-1510 (s)	triazine compounds	ring stretch; sharp band
1550-1490 (s)	NO ₂ in aromatic nitro compounds	NO ₂ antisym stretch
1530-1490 (s)	NH ₃ ⁺ in amino acids or hydrochlorides	NH ₃ ⁺ deformation
1530-1450 (m-s)	N=N-O in azoxy compounds	N=N-O antisym stretch
1515-1485 (m)	benzene ring in aromatic compounds	ring stretch, sharp band
1475-1450 (vs)	CH ₂ in aliphatic compounds	CH ₂ scissors vibration
1465-1440 (vs)	CH ₃ in aliphatic compounds	CH ₃ antisym deformation
1440-1400 (m)	OH in carboxylic acids	in-plane OH bending
1420-1400 (m)	C-N in primary amides	C-N stretch (Amide III band)
1400-1370 (m)	<i>t</i> -butyl group	CH ₃ deformations (two bands)
1400-1310 (s)	COO ⁻ group in carboxylic acid salts	 sym stretch; broad band
1390-1360 (vs)	SO ₂ in sulfonyl chlorides	SO ₂ antisym stretch
1380-1370 (s)	CH ₃ in aliphatic compounds	CH ₃ sym deformation
1380-1360 (m)	isopropyl group	CH ₃ deformations (two bands)
1375-1350 (s)	NO ₂ in aliphatic nitro compounds	NO ₂ sym stretch
1360-1335 (vs)	SO ₂ in sulfonamides	SO ₂ antisym stretch
1360-1320 (vs)	NO ₂ in aromatic nitro compounds	NO ₂ sym stretch
1350-1280 (m-s)	N=N-O in azoxy compounds	N=N-O sym stretch
1335-1295 (vs)	SO ₂ in sulfones	SO ₂ antisym stretch
1330-1310 (m-s)	CF ₃ attached to a benzene ring	CF ₃ antisym stretch
1300-1200 (vs)	⁺ N-O ⁻ in pyridine <i>N</i> -oxides	N-O stretch
1300-1175 (vs)	P=O in phosphorus oxyacids and phosphates	P=O stretch
1300-1000 (vs)	C-F in aliphatic fluoro compounds	C-F stretch
1285-1240 (vs)	Ar-O in alkyl aryl ethers	C-O stretch
1280-1250 (vs)	Si-CH ₃ in silanes	CH ₃ sym deformation
1280-1240 (m-s)	C-O-C in epoxides	C-O stretch
1280-1180 (s)	C-N in aromatic amines	C-N stretch
1280-1150 (vs)	C-O-C in esters, lactones	C-O-C antisym stretch

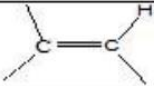

TABLE 7-3 (Continued)

Range (cm ⁻¹) and Intensity*	Group and Class	Assignment and Remarks
1255-1240 (m)	<i>t</i> -butyl in hydrocarbons	skeletal vibration; second band near 1200 cm ⁻¹
1245-1155 (vs)	SO ₂ H in sulfonic acids	S=O stretch
1240-1070 (s-vs)	C—O—C in ethers	C—O—C stretch; also in esters
1230-1100 (s)	C—C—N in amines	C—C—N bending
1225-1200 (s)	C—O—C in vinyl ethers	C—O—C antisym stretch
1200-1165 (s)	SO ₂ Cl in sulfonyl chlorides	SO ₂ sym stretch
1200-1015 (vs)	C—OH in alcohols	C—O stretch
1170-1145 (s)	SO ₂ NH ₂ in sulfonamides	SO ₂ sym stretch
1170-1140 (s)	SO ₂ — in sulfones	SO ₂ sym stretch
1160-1100 (m)	C=S in thiocarbonyl compounds	C=S stretch; strong in Raman
1150-1070 (vs)	C—O—C in aliphatic ethers	C—O—C antisym stretch
1120-1080 (s)	C—O—H in secondary or tertiary alcohols	C—O stretch
1120-1030 (s)	C—NH ₂ in primary aliphatic amines	C—N stretch
1100-1000 (vs)	Si—O—Si in siloxanes	Si—O—Si antisym stretch
1080-1040 (s)	SO ₃ H in sulfonic acids	SO ₃ sym stretch
1065-1015 (s)	CH—O—H in cyclic alcohols	C—O stretch
1060-1025 (vs)	CH ₂ —O—H in primary alcohols	C—O stretch
1060-1045 (vs)	S=O in alkyl sulfoxides	S=O stretch
1055-915 (vs)	P—O—C in organophosphorus compounds	P—O—C antisym stretch
1030-950 (w)	carbon ring in cyclic compounds	ring breathing mode; strong in Raman
1000-950 (s)	CH=CH ₂ in vinyl compounds	=CH out-of-plane deformation
980-960 (vs)	CH=CH— in trans disubstituted alkenes	=CH out-of-plane deformation
950-900 (vs)	CH=CH ₂ in vinyl compounds	CH ₂ out-of-plane wag
900-865 (vs)	$\begin{array}{c} \text{R} \\ \diagup \\ \text{CH}_2=\text{C} \\ \diagdown \\ \text{R}' \end{array}$ in vinylidenes	CH ₂ out-of-plane wag
890-805 (vs)	1,2,4-trisubst benzenes	CH out-of-plane deformation (two bands)
860-760 (vs, br)	R—NH ₂ primary amines	NH ₂ wag
860-720 (vs)	Si—C in organosilicon compounds	Si—C stretch
850-830 (vs)	1,3,5-trisubst benzenes	CH out-of-plane deformation
850-810 (vs)	Si—CH ₃ in silanes	Si—CH ₃ rocking
850-790 (m)	$\begin{array}{c} \text{R} \\ \diagup \\ \text{CH}=\text{C} \\ \diagdown \\ \text{R}' \end{array}$ in trisubst alkenes	CH out-of-plane deformation
850-550 (m)	C—Cl in chloro compounds	C—Cl stretch
830-810 (vs)	<i>p</i> -disubst benzenes	CH out-of-plane deformation
825-805 (vs)	1,2,4-trisubst benzenes	CH out-of-plane deformation
820-800 (s)	triazines	CH out-of-plane deformation
815-810 (s)	CH=CH ₂ in vinyl ethers	CH ₂ out-of-plane wag
810-790 (vs)	1,2,3,4-tetrasubst benzenes	CH out-of-plane deformation
800-690 (vs)	<i>m</i> -disubst benzenes	CH out-of-plane deformation (two bands)
785-680 (vs)	1,2,3-trisubst benzenes	CH out-of-plane deformation (two bands)
775-650 (m)	C—S in sulfonyl chlorides	C—S stretch; strong in Raman
770-690 (vs)	monosubst benzenes	CH out-of-plane deformation (two bands)
760-740 (s)	<i>o</i> -disubst benzenes	CH out-of-plane deformation
760-510 (s)	C—Cl alkyl chlorides	C—Cl stretch
740-720 (w-m)	—(CH ₂) _{<i>n</i>} — in hydrocarbons	CH ₂ rocking in methylene chains; intensity depends on chain length
730-665 (s)	CH=CH in cis disubst alkenes	CH out-of-plane deformation
720-600 (s, br)	Ar—OH in phenols	OH out-of-plane deformation

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

Joseph B. Lambert, et al.
Introduction to Organic
Spectroscopy, Macmillan
 Publ. N.Y. (1987)

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 5 SNI 6989.8:2009 Air dan Air Limbah – Bagian 8 : Cara Uji Timbal (Pb) secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) - Nyala

SNI

Standar Nasional Indonesia

SNI 6989.8:2009

“Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, Copy standar ini dibuat untuk penayangan di website dan tidak dikomersialkan”

Air dan air limbah – Bagian 8: Cara uji timbal (Pb) secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) – nyala

ICS 13.060.50

Badan Standardisasi Nasional



Air dan air limbah – Bagian 8: Cara uji timbal (Pb)
secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) – nyala

1 Ruang lingkup

Metode ini digunakan untuk penentuan logam timbal, Pb total dan terlarut dalam air dan air limbah secara spektrofotometri serapan atom(SSA)-nyala pada kisaran kadar Pb 1,0 mg/L sampai dengan 20 mg/L dan panjang gelombang 283,3 nm atau 217,0 nm yang dilengkapi dengan background correction.

2 Istilah dan definisi

2.1

air bebas mineral

air yang diperoleh dengan cara penyulingan ataupun proses demineralisasi sehingga diperoleh air dengan konduktivitas lebih kecil dari 2 $\mu\text{S/cm}$

2.2

kurva kalibrasi

grafik yang menyatakan hubungan kadar larutan kerja dengan hasil pembacaan serapan yang merupakan garis lurus

2.3

larutan induk logam timbal (Pb)

larutan yang mempunyai kadar logam timbal 100 mg Pb/L yang digunakan untuk membuat larutan baku dengan kadar yang lebih rendah

2.4

larutan baku logam timbal (Pb)

larutan induk logam timbal yang diencerkan dengan air bebas mineral sampai kadar tertentu

2.5

larutan kerja logam timbal (Pb)

larutan baku logam timbal yang diencerkan, digunakan untuk membuat kurva kalibrasi

2.6

larutan blanko

air bebas mineral yang diasamkan atau perlakuannya sama dengan contoh uji

2.7

larutan pengencer

larutan yang digunakan untuk mengencerkan larutan kerja, yang dibuat dengan cara menambahkan asam nitrat pekat ke dalam air bebas mineral hingga $\text{pH} \leq 2$

2.8

larutan pencuci

larutan yang digunakan untuk mencuci semua peralatan gelas dan plastik

2.9

matrix modifier

bahan yang digunakan untuk mengurangi gangguan matriks contoh uji

SNI 6989.8:2009

2.10

spike matrix

contoh uji yang diperkaya dengan larutan baku dengan kadar tertentu

3 Cara uji

3.1 Prinsip

Analit logam timbal dalam nyala udara-asetilen diubah menjadi bentuk atomnya, menyerap energi radiasi elektromagnetik yang berasal dari lampu katoda dan besarnya serapan berbanding lurus dengan kadar analit.

3.2 Bahan

- a) air bebas mineral;
- b) asam nitrat (HNO_3) pekat p.a;
- c) logam timbal (Pb) dengan kemurnian minimum 99,5%;
- d) gas asetilen (C_2H_2) HP dengan tekanan minimum 100 psi;
- e) larutan pengencer HNO_3 0,05 M;
Larutkan 3,5 mL HNO_3 pekat ke dalam 1000 mL air bebas mineral dalam gelas piala.
- f) larutan pencuci HNO_3 5% (v/v).
Tambahkan 50 mL asam nitrat pekat ke dalam 800 mL air bebas mineral dalam gelas piala 1000 mL, lalu tambahkan air bebas mineral hingga 1000 mL dan homogenkan.
- g) Larutan kalsium
Larutkan 630 mg kalsium karbonat (CaCO_3) dalam 50 mL HCl (1+5). Bila perlu larutan dididihkan untuk menyempurnakan larutan. Dinginkan dan encerkan dengan air bebas mineral hingga 1 liter.
- h) udara tekan.

3.3 Peralatan

- a) Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)-nyala;
- b) lampu katoda berongga (Hollow Cathode Lamp, HCL) timbal;
- c) gelas piala 100 mL dan 250 mL;
- d) pipet volumetrik pipet volumetrik 10,0 mL dan 50,0 mL;
- e) labu ukur 50,0 mL ;100,0 mL dan 1000,0 mL;
- f) Erlenmeyer 100 mL;
- g) corong gelas;
- h) kaca arloji;
- i) pemanas listrik;
- j) seperangkat alat saring vakum;
- k) saringan membran dengan ukuran pori 0,45 μm ;
- l) timbangan analitik dengan ketelitian 0,0001 g; dan
- m) labu semprot.

3.4 Pengawetan contoh uji

Bila contoh uji tidak dapat segera diuji, maka contoh uji diawetkan sesuai petunjuk di bawah ini:

Wadah	:	Botol plastik (polyethylene) dan botol gelas
Pengawet	:	a) Untuk logam terlarut, saring dengan saringan membran berpori 0,45 μm dan diasamkan dengan HNO_3 hingga pH < 2. b) Untuk logam total, asamkan dengan HNO_3 hingga pH < 2
Lama Penyimpanan	:	6 bulan
Kondisi Penyimpanan	:	Suhu ruang

3.5 Persiapan pengujian

3.5.1 Persiapan contoh uji timbal terlarut

Siapkan contoh uji yang telah disaring dengan saringan membran berpori 0,45 μm dan diawetkan. Contoh uji siap diukur.

3.5.2 Persiapan contoh uji timbal total

Siapkan contoh uji untuk pengujian timbal total, dengan tahapan sebagai berikut:

- homogenkan contoh uji, pipet 50,0 mL contoh uji dan masukkan ke dalam gelas piala 100 mL atau Erlenmeyer 100 mL;
- tambahkan 5 mL HNO_3 pekat, bila menggunakan gelas piala, tutup dengan kaca arloji dan bila dengan Erlenmeyer gunakan corong sebagai penutup;
- panaskan perlahan-lahan sampai sisa volumenya 15 mL - 20 mL;
- jika destruksi belum sempurna (tidak jernih), maka tambahkan lagi 5 mL HNO_3 pekat, kemudian tutup gelas piala dengan kaca arloji atau tutup Erlenmeyer dengan corong dan panaskan lagi (tidak mendidih). Lakukan proses ini secara berulang sampai semua logam larut, yang terlihat dari warna endapan dalam contoh uji menjadi agak putih atau contoh uji menjadi jernih;

CATATAN Jika destruksi tidak sempurna, lihat tabel pada Lampiran B.

- bilas kaca arloji dan masukkan air bilasannya ke dalam gelas piala;
- pindahkan contoh uji ke dalam labu ukur 50,0 mL (saring bila perlu) dan tambahkan air bebas mineral sampai tepat tanda tera dan dihomogenkan;

CATATAN Tambahkan matrix modifier (larutan kalsium) dan atau atasi gangguan pengukuran sesuai dengan SSA yang digunakan.

- contoh uji siap diukur absorbansinya.

3.5.3 Pembuatan larutan baku logam timbal 100 mg Pb/L

- timbang $\pm 0,16$ g $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, masukkan ke dalam labu ukur 1000,0 mL. Tambahkan sedikit HNO_3 1:1 (≈ 100 mg Pb/L);
- tambahkan 10 mL HNO_3 pekat dan air bebas mineral hingga tepat tanda tera kemudian homogenkan;
- hitung kembali kadar sesungguhnya berdasarkan hasil penimbangan.

CATATAN Larutan ini dapat dibuat dari larutan standar 1000 mg Pb/L siap pakai.

SNI 6989.8:2009

3.5.4 Pembuatan larutan baku logam timbal 10 mg Pb/L

- a) pipet 10,0 mL larutan induk 100 mg Pb/L, masukkan ke dalam labu ukur 100,0 mL;
- b) tepatkan dengan larutan pengencer sampai tanda tera dan homogenkan.

3.5.5 Pembuatan larutan kerja logam timbal (Pb)

Buat deret larutan kerja dengan 1 (satu) blanko dan minimal 3 (tiga) kadar yang berbeda secara proporsional dan berada pada rentang pengukuran.

3.6 Pembuatan kurva kalibrasi dan pengukuran contoh uji

3.6.1 Pembuatan kurva kalibrasi

Kurva kalibrasi dibuat dengan tahapan sebagai berikut:

- a) operasikan alat dan optimasikan sesuai dengan petunjuk penggunaan alat untuk pengukuran timbal;

CATATAN 1 Salah satu cara optimasi alat dengan uji sensitifitas.

CATATAN 2 Tambahkan matrix modifier (larutan kalsium) dan atau atasi gangguan pengukuran sesuai dengan SSA yang digunakan.

- b) aspirasikan larutan blanko ke dalam SSA-nyala kemudian atur serapan hingga nol.
- c) aspirasikan larutan kerja satu persatu ke dalam SSA-nyala, lalu ukur serapannya pada panjang gelombang 283,3 nm atau 217,0 nm, kemudian catat.
- d) lakukan pembilasan pada selang aspirator dengan larutan pengencer.
- e) buat kurva kalibrasi dari data pada butir 3.6.1.c) di atas, dan tentukan persamaan garis lurusnya;
- f) jika koefisien korelasi regresi linier (r) < dari 0,995, periksa kondisi alat dan ulangi langkah pada butir 3.6.1 b) sampai dengan c) hingga diperoleh nilai koefisien $r \geq 0,995$.

3.6.2 Pengukuran contoh uji

Uji kadar timbal dengan tahapan sebagai berikut:

- a) aspirasikan contoh uji ke dalam SSA-nyala lalu ukur serapannya pada panjang gelombang 283,3 nm atau 217,0 nm. Bila diperlukan, lakukan pengenceran.

CATATAN 1 Bila hasil pengukuran untuk timbal terlarut diluar kisaran pengukuran, maka lakukan pengenceran dan ulangi langkah 3.5.1

CATATAN 2 Bila hasil pengukuran untuk timbal total diluar kisaran pengukuran, maka lakukan pengenceran dan ulangi langkah 3.5.2

- b) catat hasil pengukuran.

3.7 Perhitungan

Kadar logam timbal (Pb)

$$\text{Pb (mg/L)} = C \times fp \quad (1)$$

Keterangan:

C adalah kadar yang didapat dari hasil pengukuran, dinyatakan dalam miligram per liter (mg/L);
fp adalah faktor pengenceran.

4 Pengendalian mutu

- Gunakan bahan kimia pro analisis (pa).
- Gunakan alat gelas bebas kontaminasi.
- Gunakan alat ukur yang terkalibrasi.
- Dikerjakan oleh analis yang kompeten.
- Lakukan analisis dalam jangka waktu yang tidak melampaui waktu penyimpanan maksimum.
- Koefisien korelasi regresi linier (r) lebih besar atau sama dengan 0,995 dengan intersepsi lebih kecil atau sama dengan batas deteksi.
- Lakukan analisis blanko dengan frekuensi 5% - 10% per batch (satu seri pengukuran) atau minimal 1 kali untuk jumlah contoh uji kurang dari 10 sebagai kontrol kontaminasi.
- Lakukan analisis duplo dengan frekuensi 5% - 10% per satu seri pengukuran atau minimal 1 kali untuk jumlah contoh uji kurang dari 10 sebagai kontrol ketelitian analisis. Jika Perbedaan Persen Relatif (Relative Percent Difference, RPD) lebih besar dari 10% maka dilakukan pengukuran selanjutnya hingga diperoleh nilai RPD kurang dari atau sama dengan 10%.

Persen RPD

$$\%RPD = \frac{|\text{hasil pengukuran} - \text{duplikat pengukuran}|}{(\text{hasil pengukuran} + \text{duplikat pengukuran})/2} \times 100\% \quad (2)$$

- Lakukan kontrol akurasi dengan spike matrix atau salah satu standar kerja dengan frekuensi 5% - 10% per satu seri pengukuran atau minimal 1 kali untuk jumlah contoh uji kurang dari 10. Kisaran persen temu balik untuk spike matrix adalah 85% - 115% dan untuk standar kerja 90% - 110%.

Persen temu balik (% recovery, %R)

$$\%R = \left(\frac{A - B}{C} \right) \times 100\% \quad (3)$$

Keterangan:

A adalah kadar contoh uji yang diperkaya (spike), dinyatakan dalam miligram per liter (mg/L);
B adalah kadar contoh uji, dinyatakan dalam miligram per liter (mg/L);
C adalah kadar standar yang ditambahkan (target value), dinyatakan dalam miligram per liter (mg/L).

CATATAN 1 Volume spike matrix yang ditambahkan maksimal 5% dari volume contoh uji.

CATATAN 2 Hasil akhir kadar contoh uji yang diperkaya (spike matrix) berkisar 2 kali kadar contoh uji. Kadar contoh uji yang sudah diperkaya berada pada kisaran rentang pengukuran.

SNI 6989.8:2009

5 Presisi dan bias

Standar ini telah melalui uji banding metode dengan peserta 10 laboratorium pada kadar 5 mg Pb/L dengan tingkat presisi (%RSD) 6,19% dan akurasi (bias metode) 1,14%.



"Hak Cipta Badan Standardisasi Nasional, Copy standar ini dibuat untuk penayangan di website dan tidak untuk dikomersialkan"

Lampiran A
(normatif)
Pelaporan

Catat pada buku kerja hal-hal sebagai berikut:

- 1) Parameter yang dianalisis.
- 2) Nama analisis.
- 3) Tanggal analisis.
- 4) Rekaman hasil pengukuran duplo, .
- 5) Rekaman kurva kalibrasi.
- 6) Nomor contoh uji.
- 7) Tanggal penerimaan contoh uji.
- 8) Rekaman hasil perhitungan.
- 9) Hasil pengukuran persen spike matrix dan CRM (bila dilakukan).
- 10) Kadar analit dalam contoh uji.



Lampiran B
(informatif)
Pemakaian asam lain bersama dengan asam nitrat untuk
persiapan contoh uji

Tabel B.1 - Pemakaian asam lain bersama dengan asam nitrat
untuk persiapan contoh uji

Asam	Disarankan untuk analisis	Bisa berguna untuk contoh uji	Tidak disarankan untuk analisis
HCl	Ag	Sb, Ru, Sn	Th, Pb
H ₂ SO ₄	Ti	-	Ag, Pb, Ba
HClO ₄	-	mengandung bahan organik	-
HF	-	mengandung silika	-



Lampiran B
(informatif)
Pemakaian asam lain bersama dengan asam nitrat untuk
persiapan contoh uji

Tabel B.1 - Pemakaian asam lain bersama dengan asam nitrat
untuk persiapan contoh uji

Asam	Disarankan untuk analisis	Bisa berguna untuk contoh uji	Tidak disarankan untuk analisis
HCl	Ag	Sb, Ru, Sn	Th, Pb
H ₂ SO ₄	Ti	-	Ag, Pb, Ba
HClO ₄	-	mengandung bahan organik	-
HF	-	mengandung silika	-





“Halaman ini sengaja dikosongkan”

RIWAYAT HIDUP



Nama penulis adalah Tata Ahida Fitria, yang biasa dipanggil Tata. Lahir dan besar di Desa Watudandang, Kecamatan Prambon, Kabupaten Nagnjuk pada tanggal 18 Februari 2000. Merupakan putri pertama dari Bapak Ikhwanudin dan Ibu Rodiyah. Penulis menempuh pendidikan menengah atas di MTsN Tanjungtanu yang sekarang menjadi MTsN 3 Nganjuk pada tahun 2012 hingga 2015. Kemudian melanjutkan Pendidikan di MAN 2 Kabupaten Kediri dari tahun 2015 hingga 2018. Pada tahun 2018, menempuh pendidikan strata satu di Universtas Islam Indonesia mengambil program studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan.

Penulis juga aktif dalam organisasi diluar perkuliahan, seperti Himpunan Mahasiswa Bidikmisi (HMBM) UII sebagai staf divisi hubungan masyarakat periode 2020-2021. Selain itu, penulis juga mengikuti kegiatan kerelawanan salah satunya pada *Event Leo Environment Day 2021* yang diadakan oleh LeC Mataram Putera Yogyakarta. Penulis merupakan penerima pendanaan pada Program Holistik Pembinaan dan Pemberdayaan Desa (PHP2D) 2021 oleh Kemenristekdikti.