

**UJI EFEKTIVITAS BUAH LERAK (*Sapindus rarak* DC)
TERMODIFIKASI ASAM SITRAT SEBAGAI BIOABSORBEN LOGAM
TIMBAL DENGAN VARIASI pH DAN WAKTU KONTAK**

SKRIPSI

**Oleh:
MOH NADHIF MAULUDDIN
NIM. 19630055**



**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2023**

**UJI EFEKTIVITAS BUAH LERAK (*Sapindus rarak* DC)
TERMODIFIKASI ASAM SITRAT SEBAGAI BIOABSORBEN LOGAM
TIMBAL DENGAN VARIASI pH DAN WAKTU KONTAK**

SKRIPSI

**Oleh:
MOH NADHIF MAULUDDIN
NIM. 19630055**

**Diajukan Kepada:
Fakultas Sains Dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2023**

LEMBAR PENGESAHAN

**UJI EFEKTIVITAS BUAH LERAK (*Sapindus rarak* DC)
TERMODIFIKASI ASAM SITRAT SEBAGAI BIOABSORBEN LOGAM
TIMBAL DENGAN VARIASI pH DAN WAKTU KONTAK**

SKRIPSI

**Oleh:
MOH NADHIF MAULUDDIN
NIM. 19630055**

Telah Diperiksa dan Disetujui Oleh:

Pembimbing I



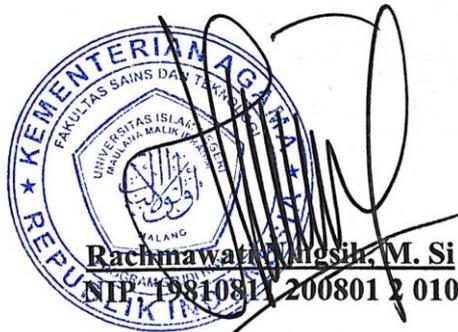
**A. Ghanaim Fasva, M. Si
NIP. 19820616 200604 1 002**

Pembimbing II



**Nur Aini M. Si
NIP. 19840608 20160801 2 070**

**Mengetahui
Ketua Program Studi Kimia**



**Rachmawati Wicakasih, M. Si
NIP. 19810811 200801 2 010**

**UJI EFEKTIVITAS BUAH LERAK (*Sapindus rarak* DC)
TERMODIFIKASI ASAM SITRAT SEBAGAI BIOABSORBEN LOGAM
TIMBAL DENGAN VARIASI pH DAN WAKTU KONTAK**

SKRIPSI

**Oleh:
MOH NADHIF MAULUDDIN
NIM. 19630055**

Tanggal:

**Penguji Utama : Eny Yulianti, M.Si
NIP. 19760611 200501 2 006**

**Ketua Penguji : Susi Nurul Khalifah, M.Si
NIP. 19851020 201903 2 012**

**Sekretaris Penguji : A. Ghanaim Fasya, M.Si
NIP. 19820616 200604 1 002**

**Anggota Penguji : Nur Aini, M.Si
NIP. 19840608 20160801 2 070**

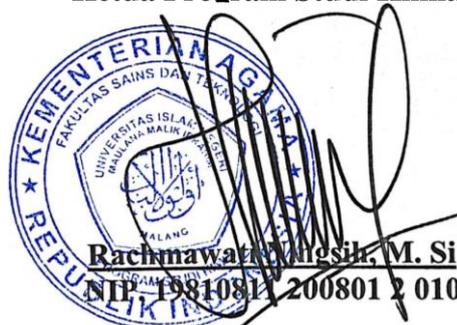
.....


.....


.....


.....


**Mengetahui,
Ketua Program Studi Kimia**


**Rachmawati Hoesik, M. Si
NIP. 19810811 200801 2 010**

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Moh Nadhif Mauluddin
NIM : 19630055
Program Studi : Kimia
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Penelitian : Uji Efektivitas Buah Lerak (*Sapindus rarak DC*)
Termodifikasi Asam Sitrat Sebagai Bioabsorben Logam
Timbal Dengan Variasi pH Dan Waktu Kontak

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini merupakan hasil karya sendiri, bukan merupakan pengambilan data, tulisan, atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila ini di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 5 Juni 2023
Yang Membuat Pernyataan



Moh Nadhif Mauluddin
NIM. 19630055

HALAMAN PERSEMBAHAN

SKRIPSI INI SAYA PERSEMBAHKAN UNTUK:

Kedua orang tua saya yang telah memberikan semangat, kesempatan, dan juga finansial dalam menyelesaikan studi ini. Kemudian kepada seluruh keluarga saya baik kakak, adik, maupun sanak saudara yang mendukung penuh dalam proses saya menyelesaikan studi maupun skripsi ini. Tidak lupa pula seluruh rekan maupun rekanita selama menempuh studi yang telah membantu dan juga mendukung ketika keadaan kuliah sedang tidak baik-baik saja. Semoga semua orang-orang yang terlibat dalam proses penyelesaian studi maupun skripsi ini selalu diberikan perlindungan dan juga syafaat Allah SWT pada hari akhir nanti.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penyusun panjatkan kehadirat Allah SWT Yang Maha Pengasih dan Yang Maha Penyayang, atas limpah rahmat, taufiq, dan hidayahNya penyusun dapat menyelesaikan proposal metodologi penelitian yang berjudul **“UJI EFEKTIVITAS BUAH LERAK (*Sapindus rarak* DC) TERMODIFIKASI ASAM SITRAT SEBAGAI BIOABSORBEN LOGAM TIMBAL DENGAN VARIASI pH DAN WAKTU KONTAK”** dengan baik

Tak lupa pula sholawat serta salam tetap turunkan kepada junjungan kita baginda Nabi besar Muhammad SAW yang telah memberikan kita jalan terang benerang yakni agama Islam. Proposal metodologi penelitian merupakan salah satu dari rangkaian keharusan yang ditempuh oleh mahasiswa untuk menyelesaikan tugas akhir yakni proposal skripsi S-1 (Strata-1) di Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Penyusunan dari proposal kali ini tidak luput dari bantuan seluruh pihak yang mendukung penuh hingga proposal ini terselesaikan. Oleh karena itu pada kesempatan kali ini penyusun ingin menyampaikan ucapan terimakasih kepada:

1. Allah SWT atas limpahan rahmat taufiq serta hidayah-nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan proposal skripsi dengan baik
2. Orang tua penyusun yang telah banyak memberikan perhatian, nasihat, doa, dan dukungan baik moril maupun materil yang tak mungkin terbalaskan, serta keluarga besar penyusun.
3. Bapak Prof. Dr. M. Zainuddin, MA, selaku Rektor UIN Maulana Malik Ibrahim Malang
4. Ibu Dr. Sri Harini, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
5. Ibu Rachmawati Ningsih, M.Si selaku Ketua Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.

6. Bapak Ahmad Ghanaim Fasya, M,Si selaku pembimbing utama yang telah memberikan bimbingan, pengarahan, dan nasehat kepada penyusun dalam menyelesaikan proposal.
7. Seluruh dosen Kimia UIN Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah mengalirkan ilmu, pengetahuan, pengalaman, wacana, dan wawasannya sebagai pedoman dan bekal bagi penyusun guna menyelesaikan proposal.
8. Seluruh pihak yang terlibat secara langsung dan tidak langsung yang telah memberikan kontribusi dalam menyelesaikan proposal ini.

Tentu jauh dari kesempurnaan, untuk itu penyusun dengan senang hati mengharapkan kritik dan saran untuk perbaikan dalam penyusunan selanjutnya. Terlepas dari segala kekurangan semoga skripsi ini dapat memberikan informasi dan kontribusi positif serta bermanfaat bagi kita semua. Aamiin.

Malang, 12 Maret 2023

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR LAMPIRAN	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
ABSTRAK	xiii
ABSTRACT	xiv
مستخلص البحث	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	6
1.4 Batasan Masalah.....	6
1.5 Manfaat Penelitian.....	6
BAB II STUDI PUSTAKA	7
2.1 Buah Lerak (<i>Sapindus rarak</i> DC)	7
2.2 Logam Berat Timbal (Pb^{2+}).....	9
2.3 Adsorpsi	10
2.3.1 Adsorpsi Menggunakan Biosorben	10
2.3.2 Kinetika Adsorpsi.....	12
2.4 Modifikasi Asam Sitrat	13
2.5 Spektroskopi Serapan Atom.....	16
2.6 Karakterisasi FTIR	18
2.7 Uji <i>One Way</i> ANOVA.....	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	21
3.1 Waktu dan Tempat	21
3.2 Alat dan Bahan	21
3.2.1 Alat.....	21
3.2.2 Bahan.....	21
3.3 Rancangan Penelitian	21
3.4 Tahapan Penelitian	22
3.5 Prosedur Kerja.....	23
3.5.1 Tahap Preparasi Buah Lerak (<i>Sapindus rarak</i> DC)	23
3.5.2 Aktivasi Biosorben.....	24
3.5.3 Preparasi Serbuk Buah Lerak Termodifikasi Asam Sitrat	24
3.5.4 Identifikasi menggunakan Spektrofotometer FTIR.....	24
3.5.5 Pembuatan Kurva Standar Pb^{2+}	25
3.5.6 Uji Adsorben	25
3.6 Analisis Data	28
3.6.1 Penentuan Orde Reaksi	28

3.6.2 Penentuan Isoterm Adsorpsi	28
3.6.3 Uji <i>One Way</i> ANOVA.....	29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	30
4.1 Proses Pemurnian Sampel	30
4.2 Aktivasi Situs Aktif Biosorben	31
4.3 Modifikasi Situs Aktif Biosorben Menggunakan Asam Sitrat.....	32
4.4 Identifikasi Biomassa Termodifikasi Asam Sitrat Menggunakan FTIR	34
4.5 Pembuatan Kurva Standar Pb ²⁺	38
4.6 Uji Adsorben	39
4.6.1 Uji Adsorben dengan Variasi Massa Adsorben	39
4.6.2 Uji Adsorben dengan Variasi pH	40
4.6.3 Uji Adsorben dengan Variasi Waktu Kontak dan Penentuan Orde Reaksi	42
4.6.4 Uji Adsorben dengan Variasi Konsentrasi Pb ²⁺ dan Penentuan Isoterm.....	45
4.6.5 Uji Adsorben dengan Limbah Timbal.....	50
4.7 Integrasi Penelitian dalam Perspektif Islam	56
BAB V PENUTUP.....	60
5.1 Kesimpulan.....	60
5.2 Saran.....	60
DAFTAR PUSTAKA	61
LAMPIRAN.....	65

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Diagram alir	65
Lampiran 2. Perhitungan	69
Lampiran 3. Hasil Uji <i>One Way</i> ANOVA.....	70
Lampiran 4. Dokumentasi.....	72
Lampiran 5. Hasil Spektra FTIR.....	74

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Interpretasi Gugus Fungsi Biomassa Murni (M), Aktivasi (A), Setelah Modifikasi (SM), dan Setelah Adsorpsi (SA)	36
Tabel 4.2 Data Percobaan Variasi Massa Adsorben	39
Tabel 4.3 Data Percobaan Variasi pH	41
Tabel 4.4 Data Percobaan Variasi Waktu Kontak	43
Tabel 4.5 Data Percobaan Variasi Konsentrasi Pb ²⁺	46
Tabel 4.6 Hasil Perbandingan Isotermis Langmuir dan Freundlich	48
Tabel 4.7 Data Hasil Adsorpsi Limbah Menggunakan Biosorben Lerak	51

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Morfologi Buah Lerak (<i>Sapindus rarak</i> DC).....	8
Gambar 2.2	Mekanisme Pengikatan Logam Timbal Oleh Selulosa	11
Gambar 2.3	Pengikatan Biosorben Termodifikasi Asam Sitrat	12
Gambar 2.4	Mekanisme Pengikatan Logam Timbal Oleh Protein	12
Gambar 2.5	Struktur Asam Sitrat	14
Gambar 2.6	Hasil Modifikasi Biosorben Menggunakan Asam Sitrat	16
Gambar 2.7	Spektrum FTIR Biomassa Tongkol Jagung Termodifikasi Asam Sitrat NC (tanpa modifikasi); OX 0,2 (modifikasi asam sitrat 0,2 M) ; OX 0,6 (modifikasi asam sitrat 0,6 M) ; OX 1,0 (modifikasi asam sitrat 1,0 M) ; OX 1,5(modifikasi asam sitrat 1,5 M) ; OX 2,0 (modifikasi asam sitrat 2,0 M).....	19
Gambar 4.1	Sampel Hasil Preparasi	30
Gambar 4.2	Sampel Hasil Aktivasi	31
Gambar 4.3	Dugaan Reaksi Esterifikasi antara Asam Sitrat dengan Selulosa ...	32
Gambar 4.4	Dugaan Reaksi Modifikasi antara Asam Sitrat dengan Protein	33
Gambar 4.5	Sampel Hasil Modifikasi	34
Gambar 4.6	Tabel Serapan FTIR Biomassa Sebelum Aktivasi, Setelah Aktivasi, Setelah Modifikasi, dan Setelah Adsorpsi.	35
Gambar 4.7	Kurva Standar Larutan Timbal (Pb^{2+}).....	38
Gambar 4.8	Grafik Persentase Serapan Logam Timbal dengan Variasi Massa .	40
Gambar 4.9	Grafik Persentase Serapan Timbal dengan Variasi pH	41
Gambar 4.10	Grafik Serapan Logam Timbal dengan Variasi Waktu Kontak	43
Gambar 4.11	Grafik Orde Reaksi nol	44
Gambar 4.12	Grafik Orde Reaksi 1	44
Gambar 4.13	Grafik Orde Reaksi 2	45
Gambar 4.14	Grafik Persentasi Serapan Logam Timbal dengan Variasi Konsentrasi Pb^{2+}	46
Gambar 4.15	Grafik Isotermis Langmuir.....	47
Gambar 4.16	Grafik Isotermis Freundlich	47
Gambar 4.17	Grafik Isotermis BET	49
Gambar 4.18	Grafik Isotermis Temkin	49
Gambar 4.19	Hasil Adsorpsi Limbah Pb^{2+} Menggunakan Biosorben dengan Kondisi Optimum.	50
Gambar 4.20	Dugaan Pengikatan Logam Pb^{2+} pada Biosorben Hasil Modifikasi	51
Gambar 4.21	Dugaan Pengikatan Logam Pb^{2+} pada Selulosa Biosorben.....	52
Gambar 4.22	Dugaan Pengikatan Logam Timbal oleh Selulosa yang Belum Termodifikasi Sempurna.	53
Gambar 4.23	Dugaan Pengikatan Bertingkat Logam Timbal oleh Selulosa.	54
Gambar 4.25	Dugaan Pengikatan Logam Pb^{2+} Oleh Protein dengan Pembentukan Ikatan Kompleks antara Biomassa dan Logam Berat	55
Gambar 4.26	Penjelasan Mekanisme Antara Biosorben Buah Lerak dengan Logam Timbal	56

ABSTRAK

Mauluddin, M.N. 2023. **UJI EFEKTIVITAS BUAH LERAK (*Sapindus rarak* DC) TERMODIFIKASI ASAM SITRAT SEBAGAI BIOABSORBEN LOGAM TIMBAL DENGAN VARIASI pH DAN WAKTU KONTAK**. Prosal penelitian, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: A. Ghanaim Fasya, M.Si.

Kata kunci: Lerak, Timbal, Asam Sitrat, Biosorben, Waktu Kontak

Pada perkembangan saat ini banyak pencemaran yang telah dilakukan oleh manusia dimana salah satunya adalah pencemaran logam Pb^{2+} pada lingkungan. Salah satu metode untuk mengurangi limbah Pb^{2+} dapat dengan cara alami yakni biosorben dimana memanfaatkan bahan-bahan organik untuk menyerap logam Pb^{2+} . Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan dan kondisi optimal dari biosorben buah lerak dengan modifikasi dari asam sitrat untuk meningkatkan kemampuan adsorpsinya.

Sebelum menggunakan lerak sebagai bioabsorben, dilakukan preparasi sampel untuk menyiapkan sampel agar siap digunakan. Setelah itu sampel dimodifikasi dengan Asam Sitrat 0,5 M yang mana mampu meningkatkan daya adsorpsi dari biosorben. Kemudian biosorben hasil modifikasi dan sebelum dimodifikasi dianalisa menggunakan FT-IR untuk mengetahui perbedaan dari biosorben sebelum dan sesudah modifikasi. Setelah itu adsorpsi dengan variasi massa 15; 30; 45; 60; 75 mg, pH 2; 4; 6; 7; 8, waktu kontak 15; 20; 25; 60; 90; 120 menit, serta konsentrasi Pb^{2+} 5; 10; 15; 20; 25 ppm untuk mengetahui kondisi dan juga kapasitas maksimum dari biosorben buah lerak.

Hasil dari percobaan yang telah dilakukan didapatkan hasil modifikasi biosorben menggunakan asam sitrat terdapat pada gugus $1736,96\text{ cm}^{-1}$ yang merupakan gugus C=O pada spektra hasil FT-IR. Kemudian kondisi optimum biosorben buah lerak termodifikasi asam sitrat dalam mengadsorpsi logam Pb^{2+} dengan biosorben buah lerak termodifikasi asam sitrat adalah dengan variasi massa 75 mg, pH 6, dan waktu kontak 90 menit. Kondisi tersebut didasarkan persen adsorpsi berturut turut sebesar 93,2 %; 96,5 %; 98,2%. Pada pengaplikasian biosorben buah lerak pada limbah laboratorium didapatkan bahwasanya biosorben buah lerak termodifikasi asam sitrat memiliki kemampuan yang paling baik dengan persen adsorpsi sebesar 97,61 %.

ABSTRACT

Mauluddin, M.N. 2023. **EFFECTIVENESS TEST OF LERAK (*Sapindus rarak* DC) FRUIT WASTE MODIFIED CITRIC ACID AS BIOABSORBENT OF LEAD METAL WITH VARIATION pH AND CONTACT TIME.** Research Methodology. Department of Chemistry, Faculty of Science and Technology, UIN Maulana Malik Ibrahim Malang. Supervisor: A. Ghanaim Fasya, M.Si

Key Word: Lerak, Lead, Citric Acid, Biosorbent, Contact Time

In the current development, a lot of pollution has been carried out by humans, one of which is water pollution in the environment. One of the most dangerous environmental pollutants is Pb^{2+} metal. One method to reduce Pb^{2+} waste can be done naturally, namely biosorbents which use organic materials to absorb Pb^{2+} metal. This study aims to determine the ability and optimal conditions of the lerak fruit biosorbent with modification of citric acid to increase its adsorption ability.

Before using lerak as a bioabsorbent, sample preparation was carried out to prepare the sample. After that the sample was modified with 0,5 M Citric Acid which was able to increase the adsorption power of the biosorbent. Then the modified and pre-modified biosorbents were analyzed using FT-IR to determine the differences between the pre-modified and post-modified biosorbents. After that adsorption with mass variations of 15; 30; 45; 60; 75 mg, pH 2; 4; 6; 7; 8, contact time 15; 20; 25; 60; 90; 120 minutes, and Pb^{2+} concentration 5; 10; 15; 20; 25 ppm to determine the conditions and the maximum capacity of the biosorbent.

The results of the experiments that have been carried out show that the modification of the biosorbent using citric acid is found in the 1736.96 cm^{-1} group which is suspected to be the C=O group in the FT-IR spectra results. Then the optimum conditions for the lerak fruit biosorbent modified by citric acid in adopting Pb^{2+} metal with the citric acid modified lerak fruit biosorbent were with a mass variation of 75 mg, pH 6, and a contact time of 90 minutes. This condition is based on the percentage of adsorption successively at 93,2%; 96,5 %; 98,2%. In the application of lerak fruit biosorbent in laboratory waste, it was found that the citric acid modified lerak fruit biosorbent had the best ability with an adsorption percentage of 97,61%.

مستخلص البحث

مول الدين، ٢٠٢٢. اختبار فعالية تسريب الفاكهة (*Sapindus rarak DC*) معدل حمض الستريك باعتباره مادة حيوية من المعدن الرصاص مع تباين في درجة الحموضة ووقت الاتصال. مقترح البحث، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج. المشرف: أحمد غنائم فشيا الماجستر

الكلمات المفتاحية: ليراك، الرصاص، حامض الستريك، مادة الامتصاص الحيوي، وقت الاتصال

في التطور الحالي، قام البشر بالكثير من التلوث، أحدها تلوث المياه في البيئة. يعتبر الرصاص المعدني من أخطر الملوثات البيئية. يمكن إجراء إحدى الطرق لتقليل نفايات الرصاص بشكل طبيعي، وهي المواد الماصة الحيوية التي تستخدم المواد العضوية لامتصاص معدن الرصاص. تهدف هذه الدراسة إلى تحديد القدرة والظروف المثلى لامتصاص فاكهة الليراك الحيوي مع تعديل حامض الستريك لزيادة قدرته على الامتصاص.

قبل استخدام ليراك كمادة ماصة بيولوجية، تم تحضير العينة لتحضير العينة حتى تكون جاهزة للاستخدام. بعد ذلك تم تعديل العينة باستخدام ٠.٥ مولار من حامض الستريك والذي كان قادراً على زيادة قوة الامتصاص للمادة الماصة. ثم تم تحليل الماصات الحيوية المعدلة والمعدلة مسبقاً باستخدام فورييه مطياف الأشعة تحت الحمراء (FT-IR) لتحديد الاختلافات بين المواد الماصة الحيوية المعدلة مسبقاً والممتزة بعد التعديل. بعد ذلك الامتزاز بتغيرات الكتلة ١٥ ؛ ٣٠ ؛ ٤٥ ؛ ٦٠ ؛ ٧٥ مجم، الرقم الهيدروجيني ٢ ؛ ٤ ؛ ٦ ؛ ٧ ؛ ٨، وقت الاتصال ١٥ ؛ ٢٥ ؛ ٦٠ ؛ ٩٠ ؛ ١٢٠ دقيقة، و يقود²⁺ تركيز ٥ ؛ ١٠ ؛ ١٥ ؛ ٢٠ ؛ ٢٥ جزء في المليون لتحديد الظروف وكذلك السعة القصوى للممتص الحيوي لفاكهة الليراك.

أظهرت نتائج التجارب التي تم إجراؤها أن تعديل مادة الامتصاص الحيوي باستخدام حامض الستريك موجود في مجموعة ٩٦.١٧٣٦ سم⁻¹ والتي يشتهر في أنها مجموعة C=O في نتائج أطياف فورييه مطياف الأشعة تحت الحمراء (FT-IR). ثم كانت الظروف المثلى للامتصاص الحيوي لفاكهة الليراك المعدلة بحمض الستريك في اعتماد معدن الرصاص مع مادة الامتصاص الحيوي لفاكهة الليراك المعدلة بحمض الستريك مع اختلاف الكتلة بمقدار ٧٥ مجم، ودرجة الحموضة ٦، وزمن تلامس ٩٠ دقيقة. يعتمد هذا الشرط على نسبة الامتزاز على التوالي عند ٩٣.٠٪، ٩٦.٥٪، ٩٨.٢٪، عند استخدام مادة الامتصاص الحيوي لفاكهة الليراك في المخلفات المخبرية، وجد أن مادة الامتصاص الحيوي لفاكهة الليراك المعدلة بحمض الستريك هي الأفضل مع نسبة امتصاص ٦١.٩٧٪.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Berdasarkan hasil pemantauan Kementerian Lingkungan Hidup diketahui bahwa lingkungan air pada Indonesia sebesar 70 – 75 % telah tercemari oleh logam berat, baik dalam intensitas rendah maupun berat. Salah satu logam yang mencemari dan memiliki sifat toksik adalah logam Pb^{2+} , logam timbal dapat berdampak pada kehidupan makhluk hidup (Budhiastuti, dkk., 2013). Keberadaan logam berat di dalam lingkungan dapat menjadikan masalah yang cukup serius, baik untuk lingkungan, hewan, dan juga manusia. Sudah sepatutnya kita sebagai manusia menjaga keberlangsungan alam yang kita tempati sebagai tempat hidup kita dengan tidak membuang limbah yang dapat mencemari lingkungan. Dalam kitab suci al-quran, dalam surat Ar Rum ayat 41 – 42 Allah SWT berfirman:

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ
(٤١) قُلْ سِيرُوا فِي الْأَرْضِ فَانظُرُوا كَيْفَ كَانَ عَاقِبَةُ الَّذِينَ مِنْ قَبْلُ ۚ كَانَتْ أَكْثَرُهُمْ
مُشْرِكِينَ (٤٢)

Artinya: "Telah nampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia, supaya Allah merasakan kepada mereka sebahagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar) (41). Katakanlah: "Adakanlah perjalanan di muka bumi dan perhatikanlah bagaimana kesudahan orang-orang yang terdahulu. Kebanyakan dari mereka itu adalah orang-orang yang mempersekutukan (Allah) (42)."

Berdasarkan hasil tafsir dari Ibnu Katsir disebutkan bahwa Abul Aliyah mengatakan barang siapa yang berbuat durhaka kepada Allah di bumi, sesungguhnya ia telah berbuat kerusakan di bumi, sebab kelestarian dan

terpeliharanya bumi adalah dengan ketaatan. Firman Allah pada lafadz (ظَهَرَ الْفَسَادُ) (فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ) menjelaskan bahwasannya telah terjadi kerusakan-kerusakan yang mana telah disebabkan oleh perilaku manusia, hal tersebut akan sangat merugikan bagi bumi yang merupakan tempat kita tinggal. Banyak sekali hal yang terusak oleh campur tangan manusia, seperti halnya pencemaran dari air oleh logam berat, dan lain-lain. Allah SWT memperingatkan kita dengan datangnya bencana baik secara besar maupun kecil, seperti dalam firman-Nya dalam lafadz (لِيذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا) tujuan dari diberikannya cobaan bencana tersebut tak lain agar manusia kembali ke jalan yang benar seperti dalam firman-Nya pada lafadz (لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ) yang berarti “agar mereka kembali dari (dari perbuatan maksiat)” (Abdullah, 2007).

Banyak sekali metode yang telah dikembangkan guna mengurangi pencemaran lingkungan terutama perairan dari dampak logam berat. Beberapa metode tersebut antara lain proses biologis, ekstraksi cair-cair, pengendapan, oksidasi, elektrokimia, ozonasi, dan adsorpsi (Rajesh Kannan, dkk., 2010). Salah satu metode yang cukup efisien adalah adsorpsi (Tangio, 2013). Metode adsorpsi merupakan salah satu metode alternatif guna mengurangi konsentrasi logam berat dalam limbah air. Pada lapisan pertama dinding sel sebuah biomassa terjadi proses adsorpsi. Keunggulan dari penggunaan biomassa para adsorpsi logam berat adalah efektivitasnya yang cukup tinggi, logam berat dari limbah akan berkurang cukup signifikan dengan penggunaan biomassa yang merupakan bahan alami dari alam. Proses adsorpsi terjadi secara pasif sehingga tidak diperlukan energi untuk mengadsorpsi logam berat tersebut (Nafie, dkk., 2009)

Sapindus rarak DC atau lebih sering disebut sebagai lerak merupakan tumbuhan yang sering tumbuh di daerah Jawa (Moenandar, dkk., 2021). Dalam dunia industri, pemanfaatan buah lerak sebatas hanya menggunakan senyawa metabolit sekunder yang ada di dalamnya, belum ada pemanfaatan lebih lanjut dari buah lerak selain senyawa metabolit sekunder yang ada di dalam buah lerak. Kebanyakan dunia industri tekstil dan juga sabun membuang ampas sisa dari buah lerak tanpa ada pemanfaatan atau penggunaan lebih lanjut dari limbah industri ini. Menurut Hartanto, S., (2014) disebutkan bahwa tumbuhan pada tingkatan famili yang sama memiliki morfologi dan juga kandungan yang hampir sama, buah lerak memiliki famili yang sama dengan buah matoa, buah matoa memiliki kandungan selulosa yang cukup tinggi. Menurut penelitian Kurniawan, dkk., (2017) diketahui bahwa buah matoa memiliki kandungan selulosa yang cukup tinggi, yakni sebesar 50,6 %. Selain itu penelitian dari Rahmah, dkk., (2021) menunjukkan kandungan protein dalam buah matoa sebesar 0,79 %. Dari kandungan yang dimiliki tersebut dapat diketahui bahwa buah lerak memiliki potensi sebagai adsorben logam berat, dimana banyak gugus aktif pengikat logam berat pada kandungan buah tersebut

Kemampuan adsorpsi dari sebuah biomassa dapat ditingkatkan dengan proses modifikasi, proses modifikasi tersebut akan memperkuat permukaan pada biomassa dengan cara pengikatan gugus pembentuk kompleks dengan sebuah logam berat. Selain itu proses modifikasi juga dapat meningkatkan kemampuan adsorpsi dengan cara menghilangkan kandungan pengganggu seperti garam-garam mineral yang ada di dalam sebuah biomassa. Dalam proses modifikasi dapat digunakan beberapa senyawa seperti senyawa asam, senyawa basa, ataupun senyawa organik (Shukla & Pai, 2005). Salah satu senyawa yang dapat digunakan

untuk proses modifikasi adalah senyawa asam, salah satu senyawa asam yang seringkali digunakan dalam proses modifikasi adalah senyawa asam sitrat. Modifikasi menggunakan asam sitrat akan menghasilkan lebih banyak gugus aktif pengikat logam berat (Safrianti, dkk., 2012) selain itu penggunaan asam sitrat sebagai aktivator karena senyawa asam sitrat memiliki tingkat bahaya yang cukup rendah serta lebih ekonomis jika dibandingkan dengan senyawa asam lainnya (McSweeny, dkk., 2006)

Hasil penelitian dari Surbakti, (2017) menunjukkan bahwa modifikasi pada biomassa *Hydrilla verticillata* dapat meningkatkan kapasitas adsorpsi yang dimiliki oleh sebuah biomassa. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa biomassa tanpa modifikasi hanya mampu menurunkan kadar logam Cd sebesar 14,7143 %. Sedangkan ketika dimodifikasi menggunakan asam sitrat terjadi kenaikan kemampuan adsorpsi dari biomassa menjadi sebesar 74,7872 %. Hasil kemampuan adsorpsi dengan proses modifikasi tersebut sangat signifikan jika dibandingkan dengan tanpa modifikasi. Senyawa aktivator yang digunakan pada percobaan tersebut adalah asam sitrat dengan konsentrasi 1 M. Kemampuan adsorpsi dari proses modifikasi tersebut diketahui meningkat dari 1,63 mg/g menjadi sebesar 42,9 mg/g.

Pada hasil penelitian dari Rahmawati, (2020) menunjukkan bahwa modifikasi pada biomassa eceng gondok dengan variasi konsentrasi asam sitrat 0,5; 1; 1,5 M dapat meningkatkan kemampuan adsorpsi terhadap logam timbal terutama pada modifikasi dengan konsentrasi 0,5 M jika dibandingkan dengan modifikasi pada konsentrasi lain. Pada kemampuan adsorpsi biomassa tanpa modifikasi didapatkan persen adsorpsi sebesar 76 %, sedangkan pada modifikasi

dengan konsentrasi 0,5 M didapatkan persen adsorpsi sebesar 99,71 %, pada modifikasi dengan konsentrasi 1 M didapatkan persen adsorpsi sebesar 98,58 % dan pada modifikasi dengan konsentrasi 1,5 M didapatkan persen adsorpsi sebesar 94,87 %. Hal tersebut menunjukkan bahwa kemampuan adsorpsi sebuah biomassa dapat ditingkatkan dengan modifikasi asam sitrat pada konsentrasi 0,5 M.

Dari penjelasan yang telah dijelaskan pada uraian di atas dapat kita ketahui bahwa buah lerak memiliki potensi yang perlu diujikan lebih lanjut. Maka dari itu akan dilakukan uji penentuan konsentrasi adsorbat, waktu, pH, dan juga dosis optimum dalam proses adsorpsi logam timbal (Pb^{2+}) menggunakan biomassa dari buah lerak. Dalam proses analisis menggunakan SSA perlu dilakukannya destruksi guna memecah unsur organik dan anorganik yang ada di dalamnya. Proses destruksi menggunakan senyawa asam guna memecah unsur organik dan juga unsur logam di dalam larutan tersebut, sehingga didapatkan logam-logam dalam bentuk anorganik. Dari hasil destruksi tersebut SSA akan mampu menganalisa dengan lebih baik jika dibandingkan tanpa proses destruksi tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh variasi massa, pH, dan waktu kontak biosorben buah lerak termodifikasi asam sitrat terhadap efektivitas buah lerak sebagai biosorben logam timbal (Pb^{2+})?
2. Bagaimana karakterisasi FTIR biomassa lerak sebelum dan sesudah proses modifikasi menggunakan asam sitrat?
3. Bagaimana hasil adsorpsi biosorben buah lerak terhadap logam timbal pada limbah laboratorium kimia UIN Malang?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui pengaruh variasi massa, pH, dan waktu kontak biosorben buah lerak termodifikasi asam sitrat terhadap efektivitas buah lerak sebagai biosorben logam timbal (Pb^{2+}).
2. Membandingkan karakterisasi FTIR biomassa lerak sebelum dan sesudah proses modifikasi menggunakan asam sitrat.
3. Mengetahui hasil adsorpsi biosorben buah lerak terhadap logam timbal pada limbah laboratorium kimia UIN Malang.

1.4 Batasan Masalah

1. Buah lerak yang digunakan sebagai sampel adalah buah lerak (*Sapindus rarak* DC) yang diperoleh dari Desa Sitirejo, Kecamatan Wagir, Kabupaten Malang.
2. Analisis dilakukan pada kemampuan sampel sebagai biosorben logam Pb^{2+} pada limbah cair menggunakan spektroskopi serapan atom.
3. Analisis efektivitas biosorpsi hanya dari buah tanaman lerak (*Sapindus rarak* DC).
4. Karakterisasi dilakukan dengan instrumen FTIR.
5. Analisa kondisi optimum hanya sebatas pH, waktu kontak, dan massa.

1.5 Manfaat Penelitian

Dari hasil percobaan yang dilakukan diharapkan dapat bermanfaat untuk masyarakat guna mengetahui potensi buah lerak sebagai biosorben limbah cair logam Pb^{2+} dengan modifikasi asam sitrat dan mekanismenya. Dan unuk selanjutnya dapat diaplikasikan di laboratorium kimia.

BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1 Buah Lerak (*Sapindus rarak* DC)

Buah lerak atau yang umumnya disebut lerak dalam bahasa indonesia memiliki nama latin (*Sapindus rarak* DC). Tumbuhan lerak sering tumbuh di daerah jawa, yang mana tiap daerahnya memiliki namanya masing-masing. Di pulau jawa seringkali disebut sebagai buah klerek. Umumnya di daerah jawa seringkali digunakan sebagai pencuci logam mulia maupun batik (Wijayanti, dkk., 2020). Dalam dunia industri, pemanfaatan buah lerak sebatas hanya menggunakan senyawa metabolit sekunder yang ada di dalamnya, belum ada pemanfaatan lebih lanjut dari buah lerak selain senyawa metabolit sekunder yang ada di dalam buah lerak. Kebanyakan dunia industri tekstil dan juga sabun membuang ampas sisa dari buah lerak tanpa ada pemanfaatan atau penggunaan lebih lanjut dari limbah industri ini. Menurut Quattrocchi, (2017) tumbuhan lerak memiliki taksonomi sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
Divisi : Spermatophyta
Sub divisi : Angiospermae
Kelas : Dicotyledons
Sub kelas : Rosidae
Bangsa : Sapindales
Suku : Sapindaceae
Marga : Sapindus
Jenis : *Sapindus rarak* DC



Gambar 2.1 Morfologi Buah Lerak (*Sapindus rarak DC*)

Menurut Hartanto, S., (2014) disebutkan bahwa tumbuhan pada tingkatan famili yang sama memiliki morfologi dan juga kandungan yang hampir sama, buah lerak memiliki famili yang sama dengan buah matoa, buah matoa memiliki kandungan selulosa yang cukup tinggi. Menurut penelitian Kurniawan, dkk., (2017) diketahui bahwa buah matoa memiliki kandungan selulosa yang cukup tinggi, yakni sebesar 50,6 %. Selain itu penelitian dari Rahmah, dkk., (2021) menunjukkan kandungan protein dalam buah matoa sebesar 0,79 %. Dari kandungan yang dimiliki tersebut dapat diketahui bahwa buah lerak memiliki potensi sebagai adsorben logam berat, dimana banyak gugus aktif pengikat logam berat pada kandungan buah tersebut. Buah lerak seringkali digunakan sebagai pembersih peralatan dapur, baju ataupun sebagai pencuci logam mulia, hal tersebut dihasilkan dari saponin yang ada di dalamnya (Syahroni, Y, dkk., 2013).

Berdasarkan kandungan yang ada pada buah tersebut dimana di dalam buah tersebut banyak kandungan yang sangat bermanfaat bagi manusia, baik dari kandungan metabolit sekunder maupun metabolit primer di dalamnya. Allah berfirman dalam al-quran surah Al-Jasyiah ayat 13 yang berbunyi:

يَتَفَكَّرُونَ لِقَوْمٍ لَّا يَتَذَكَّرُونَ فِي ۙ إِنَّ مِنْهُ جَمِيعًا الْأَرْضِ فِي ۙ وَمَا السَّمٰوٰتِ فِي ۙ مَا لَكُمْ وَسَخَّرَ

Artinya: “Dan Dia menundukkan apa yang ada di langit dan apa yang ada di bumi untukmu semuanya (sebagai rahmat) dari-Nya. Sungguh, dalam hal yang demikian itu benar-benar terdapat tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi orang-orang yang berpikir.”

Berdasarkan tafsiran dari Ibnu Katsir yang mana ayat tersebut menjelaskan bahwasannya Allah SWT telah menundukkan semua yang ada di bumi dan langit untuk dimanfaatkan oleh umat manusia. Pada ayat tersebut terutama pada lafadz (مِنْهُ جَمِيعًا الْأَرْضِ فِي وَمَا السَّمَوَاتِ فِي مَا لَكُمْ وَسَخَّرَ) menjelaskan bahwasannya Allah SWT telah menundukkan segala hal yang ada pada bumi dan juga langit sebagai rahmat dari Allah SWT. Maka sudah sepatutnya kita manusia memanfaatkan rahmat yang telah diberikan oleh Allah SWT dengan menjadikannya hal yang bermanfaat. Banyak sekali manfaat yang dapat diambil dari rahmat Allah SWT seperti berbagai aneka ragam sumber hayati yang mana dapat dimanfaatkan menjadi sebuah energi terbarukan, selain itu pemanfaatan sumber hayati tersebut dapat juga digunakan dalam menjaga lingkungan sekitar kita dari pencemaran. Namun dalam pemanfaatan tersebut kita sebagai manusia perlu juga berfikir lebih guna memanfaatkan sumber yang telah diberikan Allah SWT tersebut guna mengetahui kebesaran kekuasaan Allah dalam memberikan manfaat alam sekitarnya untuk manusia. Adapun tujuan dari penundukan segala hal tersebut tak lain agar manusia dapat berpikir seperti pada firman-Nya dalam lafadz (يَتَفَكَّرُونَ لِقَوْمٍ آيَاتٍ) yang berarti benar-benar terdapat tanda-tanda (kekuasaan Allah) bagi kaum yang berfikir. (Asy-Syaukani, 2012)

2.2 Logam Berat Timbal (Pb²⁺)

Logam timbal merupakan salah satu logam yang mana memiliki sifat toksik murni, logam berat timbal terdapat pada golongan IVA dalam tatanan sistem periodik. Logam timbal memiliki nomor atom 82 dengan nomor massa 207,2 g/mol. Logam timbal juga memiliki sifat fisika yakni densitas 11,34 g/cm³,

dan juga titik leleh 327°C serta titik didih 1620°C (Palar, 1994). Timbal memiliki sifat yang lentur dan juga timbal sangat rapuh, dan dalam kondisi pendinginan terkadang mengkerut. Logam timbal seringkali terkandung dalam bahan yang sering kita temui seperti di dalam cat, aki, keramik berlapis timbal, plastik, kosmetik, dan mainan. Dalam sebuah studi juga disebutkan bahwa dalam pupuk fosfat yang seringkali digunakan oleh petani Indonesia terdapat logam timbal sebesar 5 – 156 ppm. Penggunaan pupuk ini jika dilakukan terus menerus akan mengakumulasi logam timbal yang ada di dalam tanah, sedangkan ambang batas yang diperbolehkan untuk kadar timbal dalam tanah yakni sebesar 300 ppm (Lubis, dkk., 2013)

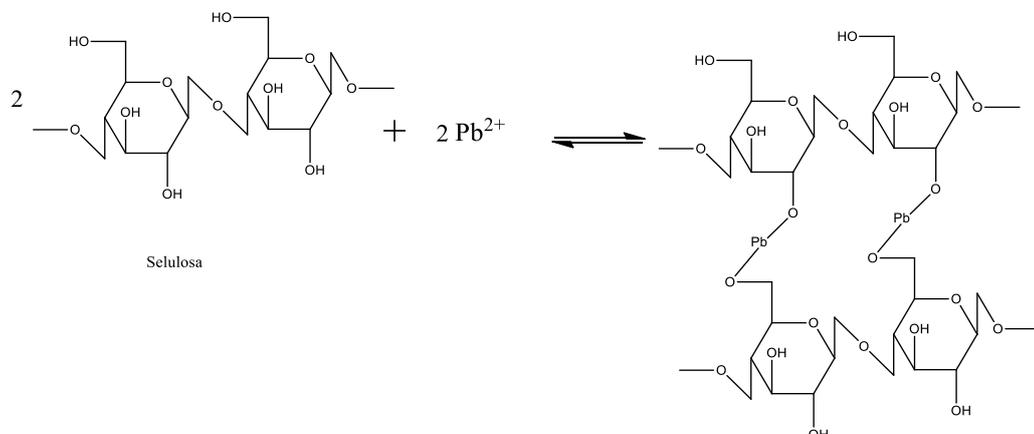
Logam timbal dalam perairan tawar menunjukkan angka yang cukup tinggi dibandingkan pada perairan laut, pada perairan tawar terdapat sekitar 1 – 60 mikrogram/liter, sedangkan pada perairan laut sekitar 0,6-2,37 miligram/liter. Hal tersebut disebabkan aktivitas manusia yang membuang limbah logam timbal secara langsung menuju lingkungan perairan (Rizkiana, dkk., 2017)

2.3 Adsorpsi

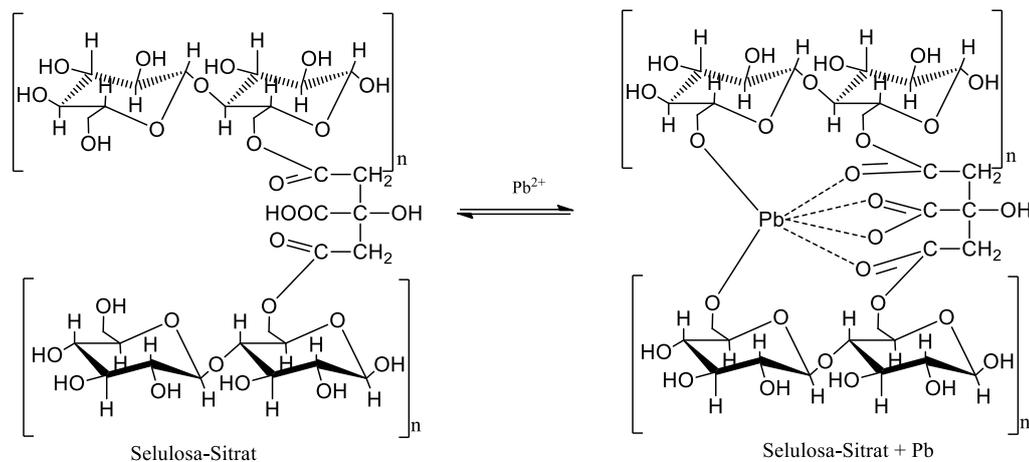
2.3.1 Adsorpsi Menggunakan Biosorben

Proses adsorpsi merupakan proses pengikatan sebuah zat oleh sebuah permukaan dimana akan menurunkan energi potensial dari sebuah permukaan molekul. Proses adsorpsi dibagi menjadi dua yakni adsorpsi kimia dan juga adsorpsi fisika. Pada proses adsorpsi kimia terjadi pertukaran ion pada senyawa yang pengikat dari sebuah logam, sedangkan pada proses adsorpsi fisika terjadi pertukaran molekul dikarenakan molekul tidak terikat kuat dikarenakan gaya Van Der Waals yang cukup rendah (Atkins, 1997)

Pada proses adsorpsi secara kimia banyak senyawa metabolit primer yang menjadi senyawa pengikat logam berat. Beberapa senyawa metabolit primer yang berperan dalam proses adsorpsi logam berat adalah senyawa protein dan juga selulosa. Menurut hasil penelitian yang telah dilakukan oleh (Al-ayubi, dkk., 2012) menunjukkan bahwa gugus yang menjadi pengikat logam berat terdapat pada senyawa protein dimana proses adsorpsi terdapat pada gugus amina primer yang ada di dalam proteinnya, selain itu proses adsorpsi juga terjadi pada proses pengikatan kompleks dengan senyawa protein lain. Selain protein hasil penelitian (Safrianti, dkk., 2012) menunjukkan bahwa senyawa selulosa juga berperan dalam proses adsorpsi logam berat. Gugus yang memiliki peran dalam proses adsorpsi menggunakan senyawa selulosa adalah gugus hidroksil yang terdapat pada struktur gulanya. Dalam pemanfaatan selulosa seringkali dimodifikasi menggunakan senyawa asam sitrat, dimana ketika dimodifikasi menggunakan asam sitrat akan menambah gugus aktif yang mengikat logam berat. Mekanisme pengikatan senyawa selulosa yang ada pada buah lerak dijelaskan pada Gambar 2.3 berikut.

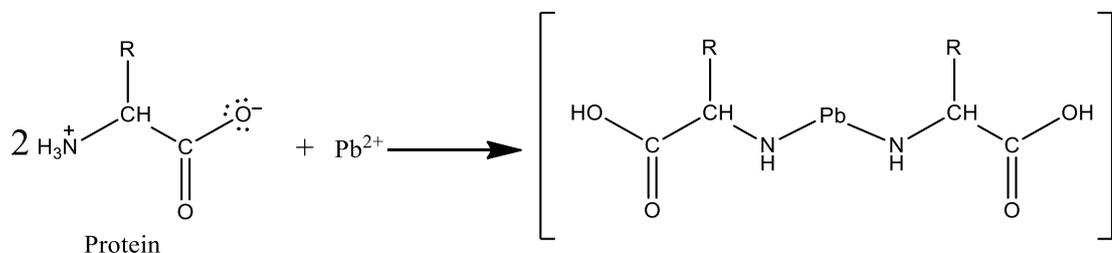


Gambar 2.2 Mekanisme Pengikatan Logam Timbal Oleh Selulosa
(Purwiandonoa & Haidara, 2022)



Gambar 2.3 Pengikatan Biosorben Termodifikasi Asam Sitrat (Surbakti, 2017).

Sedangkan proses pengikatan logam timbal dengan senyawa protein yakni asam amino yang mana senyawa tersebut memiliki sifat amfoter, muatan positif yang ada pada biosorben akan berinteraksi dengan muatan negatif yang ada pada situs biosorben secara elektrostatis. Mekanisme pengikatan logam berat timbal oleh protein dijelaskan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Mekanisme Pengikatan Logam Timbal Oleh Protein (Al-ayubi, dkk., 2012)

2.3.2 Kinetika Adsorpsi

Kinetika adsorpsi menyatakan bahwa proses penyerapan suatu zat oleh sebuah adsorben dalam satuan waktu. Kemampuan dari adsorpsi sebuah adsorbat dapat diamati dari nilai laju reaksinya, sedangkan laju reaksi dapat diamati dari

nilai konstanta laju adsorpsi dan orde reaksi yang dihasilkan dari model kinetika adsorpsi (Meila Anggriani, dkk., 2021) Suatu reaksi dapat dikatakan orde nol jika laju reaksinya tidak dipengaruhi oleh perubahan konsentrasi dari pereaksinya. Persamaan linear dari orde reaksi nol ditunjukkan pada persamaan 2.1 (Sanjaya & Agustine, 2015)

$$C_A = C_{AO} - kt \dots\dots\dots(2.1)$$

Pada reaksi orde satu kecepatan reaksi suatu reaksi hanya bergantung pada nilai salah satu zat yang bereaksi. Persamaan linear dari orde satu ditunjukkan pada persamaan 2.2 (Sanjaya & Agustine, 2015)

$$\ln C_A = \ln C_{AO} - kt \dots\dots\dots(2.2)$$

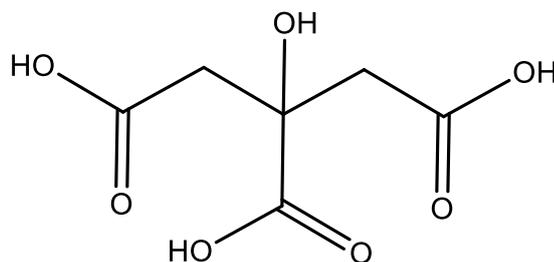
Sedangkan pada orde reaksi dua, kecepatan reaksi suatu reaksi bergantung pada hasil kali kedua reaktannya atau hasil kuadrat dari salah satu reaktannya. Persamaan linear dari orde dua ditunjukkan pada persamaan 2.3 (Sanjaya & Agustine, 2015)

$$\frac{1}{C_A} - \frac{1}{C_{AO}} = kt \dots\dots\dots(2.3)$$

2.4 Modifikasi Asam Sitrat

Pada dasarnya buah lerak memiliki potensi untuk menjadi biosorben guna menyerap logam timbal, namun untuk mengoptimalkan fungsinya sebagai biosorben perlu dilakukan sebuah modifikasi agar memaksimalkan potensinya sebagai biosorben. Dalam meningkatkan kemampuannya banyak cara yang

sebenarnya bisa dilakukan, salah satunya adalah dengan memodifikasi biosorben tersebut menggunakan senyawa kimia yakni senyawa asam nitrat. Senyawa asam nitrat digunakan karena memiliki efisiensi yang cukup tinggi, baik dari segi ekonomis maupun lingkungan jika dibandingkan dengan senyawa asam lainnya.(Nabilah, 2021). Asam sitrat memiliki struktur $\text{CH}_2(\text{COOH})\text{-COH}(\text{COOH})\text{CH}_2(\text{COOH})$ dan nama IUPAC 2-hidroksi-1,2,3-propanatrikarboksilat. Senyawa asam sitrat memiliki sifat asam karena memiliki gugus asam di dalam strukturnya yakni 3 gugus karboksil ($-\text{COOH}$) yang ketika berada di dalam larutan akan melepaskan proton sehingga dapat membentuk ion sitrat (Surbakti, 2017). Struktur dari senyawa asam sitrat dapat diamati pada gambar 2.4.



Gambar 2.5 Struktur Asam Sitrat (Surbakti, 2017)

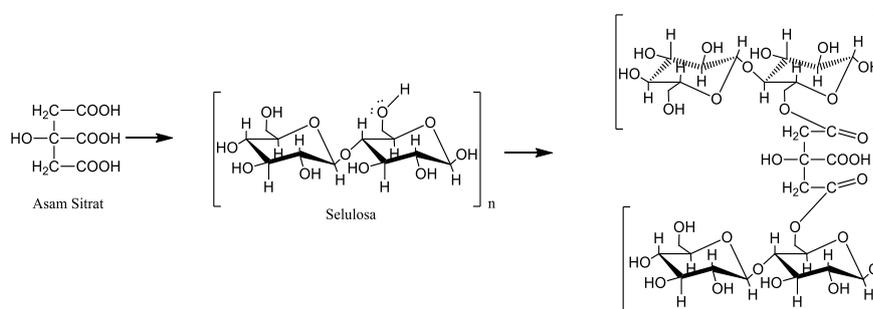
Sebuah biosorben memiliki kemampuan mengadsorpsi dipengaruhi oleh gugus $-\text{OH}$ dan $-\text{COOH}$ yang terkandung di dalamnya, gugus $-\text{COOH}$ dan $-\text{OH}$ ini terdapat pada senyawa metabolit primer yang mana gugus tersebut adalah gugus aktif yang mengadsorpsi logam berat timbal. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Mahbubah, (2016) diketahui bahwa hasil dari modifikasi menggunakan asam sitrat menunjukkan bahwa terdapat gugus karboksil dengan nilai 0,783 Eq/g. Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa asam sitrat merupakan salah satu aktivator yang mampu meningkatkan gugus aktif pengikat logam berat,

dengan demikian meningkatkan kemampuan adsorpsi dari buah lerak. Penelitian Zhu, dkk., (2008) melakukan penelitian dengan penambahan asam sitrat 0,6 M dengan perbandingan sampel dan asam sitrat (1:10). Campuran tersebut diaduk menggunakan shaker selama 30 menit dengan kecepatan 500 rpm dengan kondisi suhu kamar. Reaksi yang terjadi tersebut adalah reaksi esterifikasi, dimana reaksi tersebut terjadi jika gugus asam karboksilat bereaksi dengan gugus alkohol, reaksi tersebut dapat terjadi jika dilakukan pemanasan dan keadaan asam sehingga kesetimbangan ester dan air akan terjadi. Proses tersebut dikatakan sebagai proses esterifikasi Fischer.

Dari hasil penelitian Leyva-Ramos, dkk., (2012) yang mana memodifikasi batang jagung guna mengadsorpsi logam Cd(II) menggunakan asam sitrat menunjukkan bahwa asam sitrat bereaksi dengan gugus selulosa sehingga memperbanyak gugus karboksilat yang ada. Penelitian tersebut juga menjelaskan bahwa kapasitas sebuah biosorben ditentukan oleh gugus karboksilat yang terkandung di dalamnya, hal tersebut dibuktikan dengan meningkatnya kapasitas adsorpsi menjadi sebesar 42,9 mg/g dengan konsentrasi asam sitrat 1 M. Selain itu hasil modifikasi ini ditunjukkan pada analisa gugus FTIR dimana hasil FTIR menunjukkan bahwa terdapat peningkatan gugus ester pada bilangan gelombang 1731-1737 cm^{-1} . Berdasarkan hasil tersebut diketahui bahwa asam sitrat dapat menambah gugus ester dalam biosorben.

Pada hasil penelitian dari Rahmawati, (2020) menunjukkan bahwa modifikasi pada biomassa eceng gondok dengan variasi konsentrasi asam sitrat 0,5; 1; 1,5 M dapat meningkatkan kemampuan adsorpsi terhadap logam timbal terutama pada modifikasi dengan konsentrasi 0,5 M jika dibandingkan dengan

modifikasi pada konsentrasi lain. Pada kemampuan adsorpsi biomassa tanpa modifikasi didapatkan persen adsorpsi sebesar 76 %, sedangkan pada modifikasi dengan konsentrasi 0,5 M didapatkan persen adsorpsi sebesar 99,71 %, pada modifikasi dengan konsentrasi 1 M didapatkan persen adsorpsi sebesar 98,58 % dan pada modifikasi dengan konsentrasi 1,5 M didapatkan persen adsorpsi sebesar 94,87 %. Hal tersebut menunjukkan bahwa kemampuan adsorpsi sebuah biomassa dapat ditingkatkan dengan modifikasi asam sitrat pada konsentrasi 0,5 M.



Gambar 2.6 Hasil Modifikasi Biosorben Menggunakan Asam Sitrat

2.5 Spektroskopi Serapan Atom

Spektroskopi serapan atom, atau dalam bahasa Inggris disebut *Atomic Absorption Spectroscopy* merupakan salah satu metode analisa kuantitatif dimana dapat mengetahui konsentrasi dari sebuah logam, dimana hal tersebut didasarkan pada serapan radiasi cahaya pada panjang gelombang tertentu bergantung pada senyawa yang akan dianalisis. Metode analisa pada spektroskopi serapan atom didasarkan ketika sebuah logam pada tingkat dasarnya menyerap energi dari sumber cahaya sehingga elektron yang ada pada tingkatan dasar dapat tereksitasi. Logam timbal pada umumnya menyerap radiasi pada panjang gelombang 283,3 nm. Beberapa logam memiliki serapan radiasi pada panjang gelombang tertentu,

sehingga ketika menganalisa kemungkinan terdeteksinya logam lain cukup kecil (Khopkar, 1984)

Penggunaan metode analisa menggunakan spektroskopi serapan atom cukup efisien, karena dengan metode analisa spektroskopi serapan atom cukup akurat, efisien, dan juga memiliki sensitivitas yang cukup tinggi, selain itu sampel yang digunakan pada penggunaan analisa menggunakan spektroskopi serapan atom cukup sedikit, sehingga tidak akan memberikan limbah yang dapat mencemari lingkungan (Supriyanto, dkk., 2007). Metode analisis menggunakan spektroskopi serapan atom seringkali digunakan untuk menganalisa zat dengan kandungan yang cukup rendah karena metode analisa spektroskopi serapan atom memiliki tingkat kepekaan yang cukup tinggi, dengan batas analisa sebesar 1 ppm (Anshori, 2005)

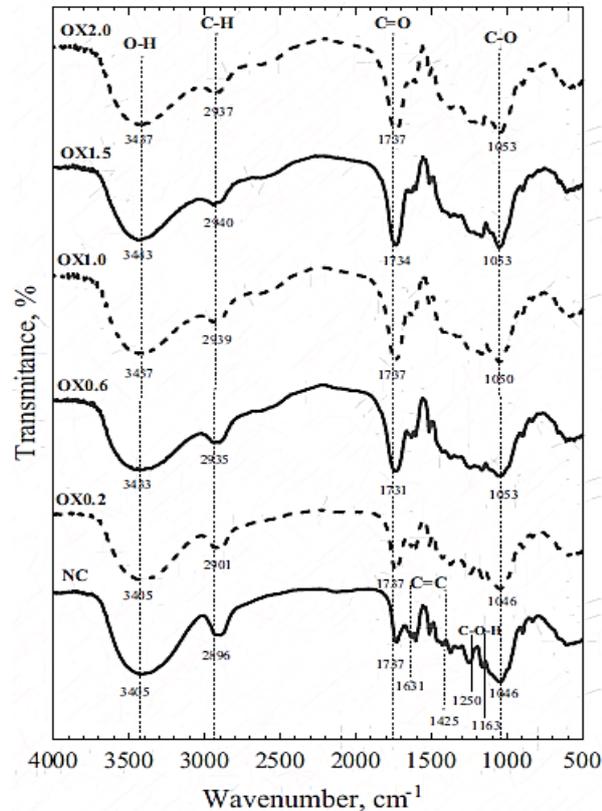
Prinsip dari analisa menggunakan spektroskopi serapan atom didasarkan pada interaksi radiasi elektromagnetik dari sebuah unsur atom dengan sumber cahaya pada panjang gelombang tertentu. Teknik analisa ini didasarkan pada penguraian senyawa yang berbentuk molekul menjadi bentuk semulanya yakni atom dengan memanaskannya menggunakan bantuan api ataupun listrik (Anshori, 2005). Atom-atom yang telah teratomisasi atau teruraikan tersebut akan mengalami transisi apabila mendapatkan energi radiasi, dan ketika atom tersebut melepaskan energi yang telah diserapnya untuk menuju *ground state*, akan terpancar cahaya yang mana cahaya tersebut memiliki ciri panjang gelombang yang cukup khas, cahaya yang terpancar dengan panjang gelombang yang khas tersebut akan dideteksi dengan detektor dan diubah menjadi data (Harmita, 2006).

2.6 Karakterisasi FTIR

Spektrofotometer IR biasa digunakan untuk mendeteksi getaran dari sebuah gugus fungsi dalam suatu senyawa. Ketika sebuah sampel dikenai sinar infra merah, maka sampel tersebut akan berinteraksi dan memberikan regangan dan juga bengkokan. Hasil dari spektrum yang dihasilkan akan menunjukkan nilai absorbansi dari sampel dan juga nilai dari transmisi molekul yang mana nilai tersebut menandakan rekaman data molekuler dari sebuah sampel yang dianalisis. Daerah serapan yang yang dapat diidentifikasi yakni pada rentang $500-4000\text{ cm}^{-1}$. Serapan daerah spektra IR sendiri dibagi menjadi 3 bagian, yaitu yang pertama dekat dengan IR (diantara $0,8-2,5\text{ m} / 12.500-4.00\text{ cm}^{-1}$), yang kedua tengah IR (diantara $2,5-25\text{ m} / 4.000-400\text{ cm}^{-1}$), dan yang terakhir IR jauh (diantara $25-1.000\text{ m} / 400-10\text{ cm}^{-1}$). FTIR dapat mengenali gugus fungsi sebuah senyawa dari nilai absorbansi inframerah sebuah molekul. Nilai absorbansi dari tiap senyawa pasti berbeda, sehingga senyawa yang telah dilakukan pengujian menggunakan FT-IR akan dapat dibedakan dan diklasifikasikan (Gandjar & Rohman, 2012)

Penelitian dari (Leyva-Ramos, dkk., 2012) yang menggunakan tongkol jagung, dimana tongkol jagung tersebut dimodifikasi menggunakan asam sitrat dan dilakukan analisa menggunakan FTIR. Hasil spektrum FTIR menunjukkan bahwa hasil modifikasi menggunakan asam sitrat menyebabkan peningkatan intensitas dari gugus fungsi karbonil. Hal tersebut disebabkan meningkatnya jumlah COOH yang ada pada biomassa tersebut setelah proses modifikasi menggunakan asam sitrat. Hasil spektra tersebut menunjukkan bahwasanya modifikasi menggunakan asam sitrat pada biomassa, berpengaruh dalam

peningkatan gugus aktif, sehingga gugus aktif tersebut akan meningkatkan kemampuan adsorpsi dari sebuah biomassa.



Gambar 2.7 Spektrum FTIR Biomassa Tongkol Jagung Termodifikasi Asam Sitrat NC (tanpa modifikasi); OX 0,2 (modifikasi asam sitrat 0,2 M) ; OX 0,6 (modifikasi asam sitrat 0,6 M) ; OX 1,0 (modifikasi asam sitrat 1,0 M) ; OX 1,5(modifikasi asam sitrat 1,5 M) ; OX 2,0 (modifikasi asam sitrat 2,0 M) (Leyva-Ramos, dkk., 2012)

2.7 Uji *One Way* ANOVA

Analisa menggunakan ANOVA merupakan salah satu metode statistika inferensi dimana guna membedakan nilai rata-rata dari dua data kelompok dengan membandingkan variasinya. Dalam menggunakan uji statistika ini digunakan uji F dimana uji komparatifnya menggunakan uji tes “t”. Uji anova sangat relevan untuk digunakan pada percobaan kali ini karena analisis komparatifnya didapatkan solusi yang cukup solutif (Ghozali, 2009)

Analisa *one way* anova digunakan ketika terdapat dua variabel yakni variabel terikat dan variabel bebas. Dari hasil analisa menggunakan anova dapat ditarik kesimpulan:

1. Jika nilai H_0 ditolak dan hasil nilai F hitung lebih besar dibandingkan dengan tabel maka dapat diketahui faktor tersebut memiliki pengaruh terhadap sebuah variabel.
2. Jika nilai H_0 diterima dan hasil nilai F hitung lebih kecil dibandingkan dengan tabel maka dapat diketahui faktor tersebut tidak berpengaruh terhadap sebuah variabel.

Dalam sebuah pengukuran banyak hal yang dapat mempengaruhi hasilnya, hasil tersebut bisa lebih dari nilai 100 %, hal tersebut bisa disebabkan oleh ketidakpastian, baik karena ketidaktepatan atau kurangnya ketelitian dalam membaca skala. Selain itu faktor ketidakpastian dapat juga disebabkan oleh kalibrasi alat yang kurang.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan September-Oktober 2022 bertempat di Laboratorium Kimia Organik Program Studi Kimia Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Dalam penelitian kali ini digunakan alat sebagai berikut, yakni gelas ukur, erlenmeyer, blender, pipet tetes, pipet ukur, spatula, dan labu ukur, bola hisap, *hot plate*, neraca analitik, cawan porselen, oven, spektrofotometer FTIR (Merk Varian 1000 FT-IR Scimitar Series) dan spektrofotometri serapan atom.

3.2.2 Bahan

Dalam penelitian kali ini digunakan bahan sebagai berikut, yakni buah Lerak *Sapindus Rarak DC*, akuades, NaOH, Asam Sitrat, $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, KBr, HNO_3 0,01M HCl 0,1 M, Kertas saring, indicator pH universal.

3.3 Rancangan Penelitian

Pada penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui bagaimana potensi dari buah lerak dalam mengadsorpsi logam berat terutama timbal yang ada di dalam limbah dengan penentuan kondisi pH, dosis, dan waktu kontak optimum biomassa dalam mengadsorpsi limbah logam berat timbal. Buah lerak ini

didapatkan dari Desa Sitirejo, Kecamatan Wagir, Kabupaten Malang. Sampel buah lerak dipreparasi guna membersihkan pengotor yang ada pada sampel, kemudian sampel dipisahkan antara daging buah dan juga biji dari buah. Setelah itu sampel dihaluskan guna memperbesar luas permukaan dari sampel biomassa. Setelah sampel dihaluskan, kemudian dilakukan demineralisasi pada sampel, kemudian dilanjutkan proses modifikasi menggunakan senyawa asam sitrat 0,5 M. Asam sitrat digunakan selain tidak terlalu berbahaya senyawa asam sitrat lebih ekonomis jika dibandingkan dengan senyawa asam lainnya, selain itu senyawa asam sitrat digunakan karena terdapat gugus karboksil yang terdapat di dalamnya dimana gugus tersebut merupakan gugus yang dapat membantu mengikat logam berat. Setelah dimodifikasi menggunakan asam sitrat, sampel hasil modifikasi dicuci dengan akuades hingga pH nya menjadi netral. Setelah itu sampel di uji gugus yang terdapat di dalamnya menggunakan FTIR dimana pengujian ini dibandingkan dengan sampel tanpa modifikasi dengan sampel yang termodifikasi. Kemudian sebelum melakukan analisa dibuat terlebih dahulu kurva standar yang mana akan digunakan sebagai penentu konsentrasi dari nilai absorbansi. Setelah itu dilakukan pengujian terhadap biomassa dengan penentuan dosis, pH, dan waktu kontak optimum dari biomassa. Setelah didapatkan dilakukan pengujian kapasitas adsorpsi dan juga isotherm adsorpsi.

3.4 Tahapan Penelitian

Dalam penelitian kali ini rancangan yang akan digunakan sebagai berikut:

1. Tahap awal dilakukan preparasi sampel untuk memisahkan daging buah dan juga membersihkan sampel dari kotoran. Kemudian sampel

dipanaskan untuk menguapkan kandungan air yang ada kemudian dihaluskan sampel dan kemudian dilakukan pengayakan.

2. Tahap kedua yakni proses demineralisasi dan modifikasi biosorben menggunakan asam sitrat hal ini agar serbuk lebih mudah mengadsorpsi logam Pb^{2+} yang ada.
3. Tahap ketiga yakni identifikasi senyawa hasil modifikasi baik yang belum dan yang telah dimodifikasi menggunakan spektrofotometer FTIR untuk melihat karakterisasi hasil dari ekstraksi.
4. Tahap terakhir dilakukan pencarian titik optimum dari uji absorbansi logam Pb^{2+} menggunakan biosorben yang telah dimodifikasi.

3.5 Prosedur Kerja

3.5.1 Tahap Preparasi Buah Lerak (*Sapindus rarak* DC)

Tahapan awal sebelum dilakukan perlakuan, Buah Lerak (*Sapindus rarak* DC) dilakukan preparasi dengan membersihkan dari semua kotoran dan juga zat pengotor yang menempel pada sampel menggunakan air, hingga tidak ada pengotor yang menempel pada sampel. Setelah memisahkan daging pada buah dengan biji yang ada di dalamnya, sampel dikeringkan dibawah panas matahari hingga kering. Setelah sampel kering, sampel di dihaluskan hingga menjadi serbuk menggunakan penggiling. Setelah itu sampel di ekstraksi menggunakan air guna menyamakan sampel seperti limbah di masyarakat (Purwiandonoa & Haidara, 2022).

3.5.2 Aktivasi Biosorben

Adsorben yang telah dalam bentuk serbuk tersebut direndam di dalam larutan HNO_3 0,4 M dengan volume berlebih selama 2 jam dan diaduk menggunakan stirer. Campuran biomassa dan asam nitrat kemudian disaring dan diambil residunya, setelah itu residu dicuci menggunakan akuades hingga pH menjadi netral. Setelah itu biomassa yang telah diaktivasi tersebut di oven selama 4 jam dengan suhu 95°C hingga menjadi kering (I Wayan, dkk., 2012).

3.5.3 Preparasi Serbuk Buah Lerak Termodifikasi Asam Sitrat

Tahap selanjutnya setelah sampel diaktivasi, sampel di modifikasi menggunakan asam sitrat 0,5 M. Sebanyak 1 gram sampel dimodifikasi menggunakan asam sitrat 0,5 M sebanyak 10 mL. Setelah itu larutan diaduk menggunakan stirer dengan kecepatan 250 rpm dan juga dipanaskan menggunakan hot plate selama 2 jam dengan suhu 60°C . Setelah itu larutan didiamkan hingga dingin. Setelah dingin sampel dipisahkan dari larutan lalu dibilas menggunakan akuades sampai pH dari filtrat netral. Setelah dinetralkan, sampel dikeringkan di dalam oven selama 24 jam pada suhu 50°C sampai kering guna menguapkan sisa larutan yang tersisa di dalam biomassa (Surbakti, 2017)

3.5.4 Identifikasi menggunakan Spektrofotometer FTIR

Biomassa yang telah dimodifikasi dan yang belum dimodifikasi diambil sedikit dan digerus bersama KBr untuk diidentifikasi menggunakan spektrofotometer FT-IR. Sampel kemudian digerus bersama KBr dengan perbandingan sampel dan KBr sebanyak (5:95). Setelah itu sampel dibentuk

menjadi pellet dan selanjutnya sampel diidentifikasi gugus fungsi menggunakan panjang gelombang 450-4000 cm^{-1} . Setelah spektrum sampel didapatkan, maka data tersebut dibandingkan dengan literatur yang telah ada (Nguyen & Nhung, 2020).

3.5.5 Pembuatan Kurva Standar Pb^{2+}

Sebelum dilakukan pengukuran menggunakan spektrofotometer serapan atom, diperlukan sebuah kurva standar terlebih dahulu. Larutan standar diencerkan hingga didapat konsentrasi 0, 10, 20, 30, dan 40 ppm. Larutan tersebut akan digunakan sebagai penentuan kurva standar. Dari kurva tersebut akan didapatkan persamaan regresi, yang mana kurva regresi tersebut akan digunakan untuk menentukan konsentrasi dari sebuah sampel berdasarkan nilai absorbansinya (Al-ayubi, dkk., 2012)

3.5.6 Uji Adsorben

3.5.6.1 Uji Adsorben dengan Variasi Massa Serbuk Lerak.

Untuk menentukan dosis optimum dari sebuah adsorben di mana digunakan pH 3 yang mana pada pH tersebut adalah pH dari asam sitrat, dan waktu kontak yang digunakan adalah 90 menit. Larutan Pb^{2+} sebanyak 20 ml dengan konsentrasi 20 ppm dimasukkan dan dikontakkan dengan biomassa di dalam gelas beaker. Variasi dosis biomassa yang digunakan yakni 15, 30, 45, 60, dan 75 mg. setelah dicampur, larutan tersebut dishaker dengan kecepatan 150 rpm, setelah itu larutan disaring dan didestruksi menggunakan $\text{HNO}_3\text{-H}_2\text{O}_2$ dengan perbandingan (10:3) v/v hingga larutan bening dengan suhu 105°C .

Setelah itu larutan yang sudah bening diidentifikasi menggunakan spektroskopi serapan atom untuk mengukur konsentrasi Pb^{2+} (Lestari, 2010)

3.5.6.2 Uji Adsorben dengan Variasi pH

Untuk menentukan pH optimum dari sebuah adsorben digunakan dosis biomassa yang mana telah didapatkan dari perlakuan sebelumnya, dan waktu kontak yang digunakan adalah 90 menit. Larutan Pb^{2+} sebanyak 20 ml dengan konsentrasi 20 ppm dimasukkan dan dikontakkan dengan biomassa di dalam gelas beaker. Variasi pH yang digunakan yakni 2, 4, 6, 7, dan 8, pH larutan diatur menggunakan larutan HCl, setelah dicampur larutan tersebut dishaker dengan kecepatan 150 rpm, setelah itu larutan disaring dan didestruksi menggunakan $HNO_3-H_2O_2$ dengan perbandingan (10:3) v/v hingga larutan bening dengan suhu $105^\circ C$. Setelah itu larutan yang sudah bening diidentifikasi menggunakan spektroskopi serapan atom untuk mengukur konsentrasi Pb^{2+} (Oktasari, 2018)

3.5.6.3 Uji Absorben dengan Variasi Waktu Kontak

Untuk menentukan waktu kontak optimum dari sebuah adsorben digunakan kondisi pH yang telah didapatkan pada perlakuan penentuan pH optimum. Selain itu pada dosis biomassa ditambahkan juga sesuai dengan kondisi yang didapat sebelumnya. Larutan Pb^{2+} sebanyak 20 ml dengan konsentrasi 20 ppm dimasukkan dan dikontakkan dengan biomassa di dalam gelas beaker. Variasi waktu kontak yang digunakan yakni 15, 20, 25, 60, 90, dan 120, menit. setelah dicampur larutan tersebut dishaker dengan kecepatan 150 rpm, setelah itu larutan disaring dan didestruksi menggunakan $HNO_3-H_2O_2$ dengan perbandingan (10:3) v/v hingga larutan bening dengan suhu $105^\circ C$. Setelah itu larutan yang

sudah bening diidentifikasi menggunakan spektroskopi serapan atom untuk mengukur konsentrasi Pb^{2+} (Mapiliandari & Herawati, 2020)

3.5.6.4 Uji Absorben dengan Variasi Konsentrasi Pb^{2+}

Untuk menentukan isoterm digunakan kondisi pH yang telah didapatkan pada perlakuan penentuan pH optimum. Selain itu pada dosis biomassa ditambahkan juga sesuai dengan kondisi yang didapat sebelumnya. Untuk waktu kontak yang digunakan yakni berdasarkan hasil adsorpsi maksimal pada perlakuan waktu kontak optimum. Larutan Pb^{2+} sebanyak 50 ml dimasukkan dan dikontakkan dengan biomassa di dalam gelas beaker. Variasi konsentrasi Pb^{2+} yang digunakan yakni 5, 10, 15, 20, dan 25 ppm. setelah dicampur larutan tersebut dishaker dengan kecepatan 150 rpm, setelah itu larutan disaring dan didestruksi menggunakan $HNO_3-H_2O_2$ dengan perbandingan (10:3) v/v hingga larutan bening dengan suhu $105^\circ C$. Setelah itu larutan yang sudah bening diidentifikasi menggunakan spektroskopi serapan atom untuk mengukur konsentrasi Pb^{2+} (Mapiliandari & Herawati, 2020)

3.5.6.5 Uji Absorben dengan limbah laboratorium

Pada uji kali ini limbah laboratorium kimia uin malang diambil dan diukur konsentrasinya, kemudian 20 ml larutan limbah dikontakkan dengan variasi optimum yang telah didapatkan pada perlakuan sebelumnya. Sampel biomassa yang digunakan adalah sampel termodifikasi, sampel hasil demineralisasi, dan sampel murni tanpa perlakuan. Campuran tersebut dishaker dengan kecepatan 150 rpm, setelah itu larutan disaring dan didestruksi menggunakan $HNO_3-H_2O_2$ dengan perbandingan (10:3) v/v hingga larutan bening dengan suhu $105^\circ C$.

Setelah itu larutan yang sudah bening diidentifikasi menggunakan spektroskopi serapan atom untuk mengukur konsentrasi Pb^{2+} .

3.6 Analisis Data

3.6.1 Penentuan Orde Reaksi

Persamaan reaksi yang telah didapatkan pada kurva standar digunakan untuk mencari nilai K yang kemudian dimasukkan kedalam persamaan 3.1; 3.2; dan 3.3 guna mencari nilai dari C_{AO} .

$$C_A = C_{AO} - kt \dots\dots\dots(3.1)$$

$$\ln C_A = \ln C_{AO} - kt \dots\dots\dots(3.2)$$

$$1/C_A - 1/C_{AO} = kt \dots\dots\dots(3.3)$$

Setelah nilai C_{AO} didapatkan, kemudiaan dibuat kurva dari setiap orde, kurva yang memiliki nilai r^2 mendekati 1, adalah orde yang terbaik.

3.6.2 Penentuan Isoterm Adsorpsi

Hasil data yang didapatkan pada perlakuan penentuan isoterm adsorpsi dan kapasitas adsorpsi kemudian dihitung dan ditentukan menggunakan persamaan freundlich dan juga langmuir. Persamaan Freundlich ditunjukkan sebagai berikut:

(Al-ayubi dkk., 2012)

$$Q_e = K_f C_e^{\frac{1}{n}} \quad (3.4)$$

Dimana

Q_e : Banyaknya timbal yang terserap per satuan berat biomassa (mol/g)

C_e : Konsentrasi timbal pada saat kesetimbangan (mol/L)

n : kapasitas adsorpsi maksimum (mol/g)

K_f : Konstanta Freundlich (L/mol)

Sedangkan persamaan Langmuir ditunjukkan sebagai berikut:

$$Q_e = \frac{X_m K C_e}{(1 + K C_e)} \quad (3.5)$$

Dimana

Q_e : Banyaknya timbal yang terserap per satuan berat biomassa (mol/g)

C_e : Konsentrasi timbal pada saat kesetimbangan (mol/L)

X_m : Kapasitas adsorpsi maksimum (mol/g)

K : Konstanta Langmuir (L/mol)

3.6.3 Uji *One Way* ANOVA

Nilai absorbansi yang telah didapatkan dari spektroskopi serapan atom di masukkan kedalam persamaan yang telah didapatkan dari kurva standar, dimana menggunakan persamaan regresi yang telah didapatkan guna menentukan konsentrasi dari nilai serapannya. Data konsentrasi yang didapatkan tersebut dilakukan pengujian menggunakan *one way* Anova guna mengetahui apakah variasi-variasi yang dilakukan pada perlakuan diatas memiliki pengaruh dalam proses adsorpsi logam timbal.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Proses Pemurnian Sampel

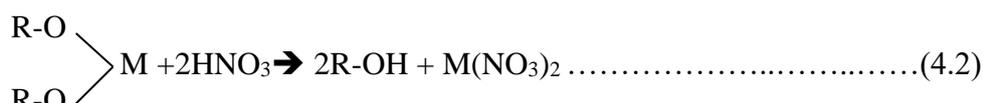
Pada tahap preparasi sampel dibersihkan menggunakan air hingga tidak ada lagi kotoran yang menempel pada sampel sehingga tidak ada pengotor yang mengganggu pada proses perlakuan sampel biosorben. Setelah dibersihkan menggunakan air hingga bersih sampel kemudian dipisahkan antara biji dan juga kulit, sehingga didapatkan hanya kulit dari buah. Kemudian setelah dipisahkan sampel dikeringkan dibawah sinar matahari hingga kering guna menghentikan reaksi enzimatik yang terjadi pada sampel dan juga berguna untuk mempermudah pada saat proses penyerbukan sampel, selain itu pengeringan ini juga berfungsi untuk mencegah tumbuhnya bakteri pada sampel (Sari & Listiani, 2022). Setelah itu sampel diserbukkan berguna untuk mempermudah proses ekstraksi sampel menggunakan air, tujuan dari proses ekstraksi ini adalah untuk menyamakan kondisi sampel dengan kondisi limbah yang ada di masyarakat, pada tahap ini di ambil residu sisa hasil ekstraksi yang berupa serbuk dimana kandungan metabolit sekunder sudah terminimalisir. Dari hasil preparasi didapatkan berat sampel kering sebanyak 1,3 Kg dari 3 Kg sampel basah sebelum dipreparasi.



Gambar 4.1 Sampel Hasil Preparasi

4.2 Aktivasi Situs Aktif Biosorben

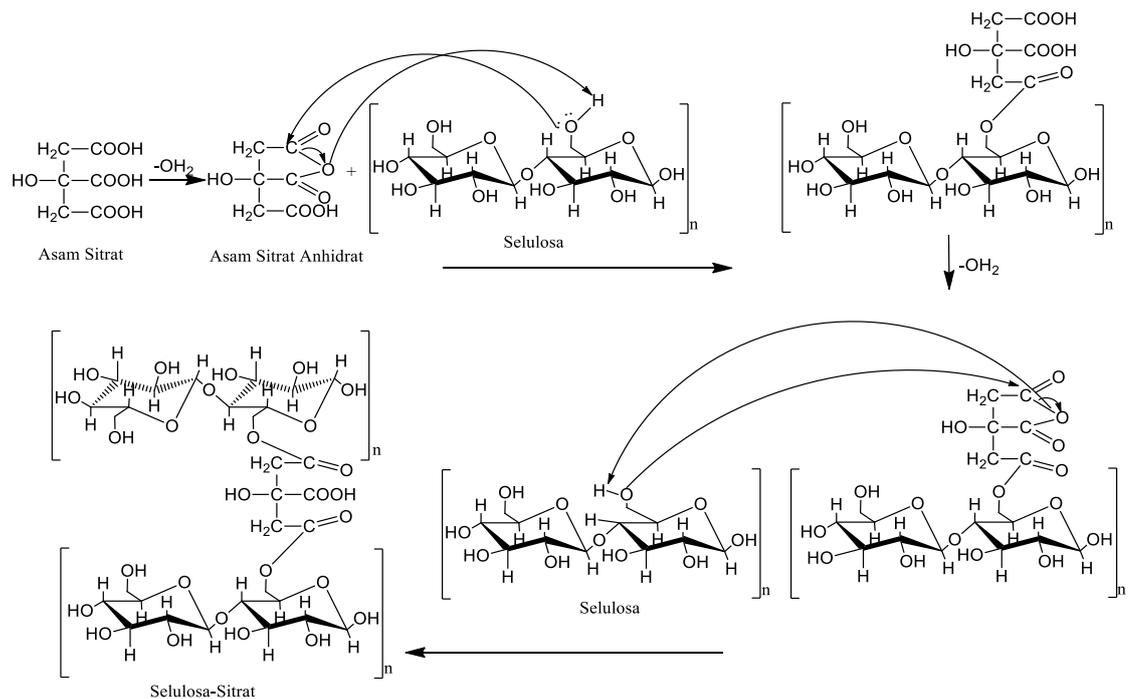
Residu berbentuk serbuk dari proses ekstraksi tadi selanjutnya diaktivasi menggunakan larutan HNO_3 , pada proses ini bertujuan untuk melarutkan seluruh pengotor logam yang terikat pada sisi aktif dari sampel, sehingga memperluas sisi aktif yang ada pada sampel, selain itu penggunaan HNO_3 pada proses aktivasi ini memiliki keunggulan, dimana aktivasi menggunakan HNO_3 dapat meningkatkan kemampuan adsorpsi dari sampel, karena HNO_3 lebih baik dalam melarutkan unsur-unsur logam dibandingkan senyawa asam lainnya Nurhadi dkk., (2019). Hasil dari proses aktivasi ini didapatkan bahwa bobot dari sampel berkurang sebesar 15,7% dari massa awal sebelum diaktivasi. Hasil tersebut mengindikasikan bahwasanya unsur-unsur logam (M) yang terikat pada biomassa telah larut dalam senyawa HNO_3 dan juga meningkatnya gugus aktif -OH dan -COOH yang ada pada biomassa. Dugaan pengikatan logam oleh senyawa aktivator yakni HNO_3 adalah sebagai berikut:



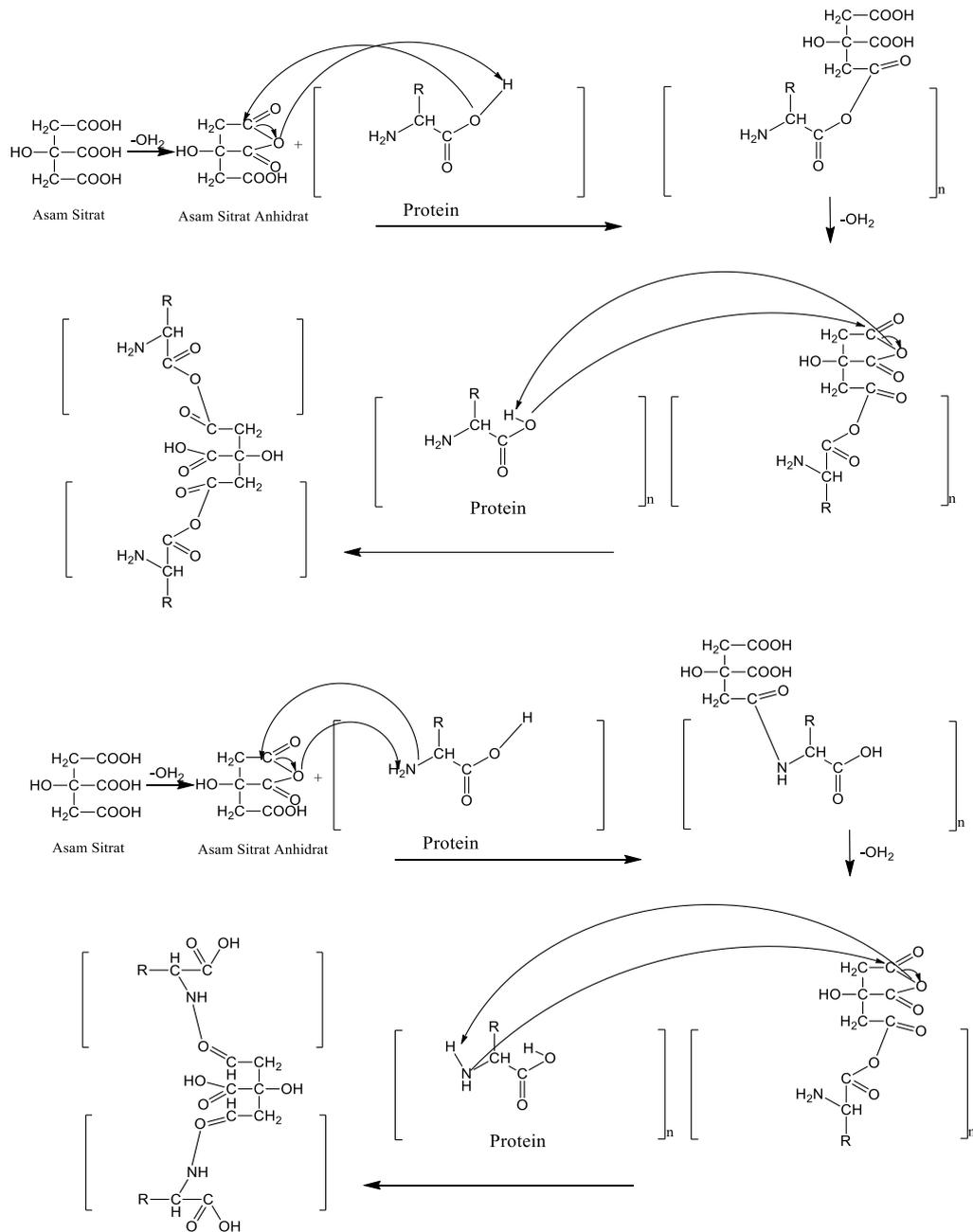
Gambar 4.2 Sampel Hasil Aktivasi

4.3 Modifikasi Situs Aktif Biosorben Menggunakan Asam Sitrat

Pada modifikasi sampel biomassa yang mana digunakan senyawa asam sebagai senyawa yang akan memodifikasi selulosa pada sampel biomassa, diharapkan dengan proses modifikasi ini kemampuan untuk mengadsorpsi limbah logam dapat meningkat. Peningkatan kemampuan adsorpsi dari biomassa tersebut diharapkan dari penambahan gugus karboksil pada proses modifikasi selulosa menggunakan asam sitrat (Surbakti, 2017). Mekanisme reaksi esterifikasi yang terjadi antara senyawa asam sitrat dengan selulosa dijelaskan pada Gambar 4.3 dan Gambar 4.4.



Gambar 4.3 Dugaan Reaksi Esterifikasi antara Asam Sitrat dengan Selulosa (Nguyen & Nhung, 2020)



Gambar 4.4 Dugaan Reaksi Modifikasi antara Asam Sitrat dengan Protein

Reaksi modifikasi ini terjadi dikarenakan keberadaan atom C-6 selulosa dan juga atom C pada gugus karboksil yang ada pada protein yang mana keduanya memiliki sifat parsial positif, hal tersebut dikarenakan keberadaan atom O yang bersifat parsial negatif dan terikat pada atom C-6 dan atom C pada gugus karboksil protein. Hal tersebut menjadikan atom O tersebut memiliki sifat

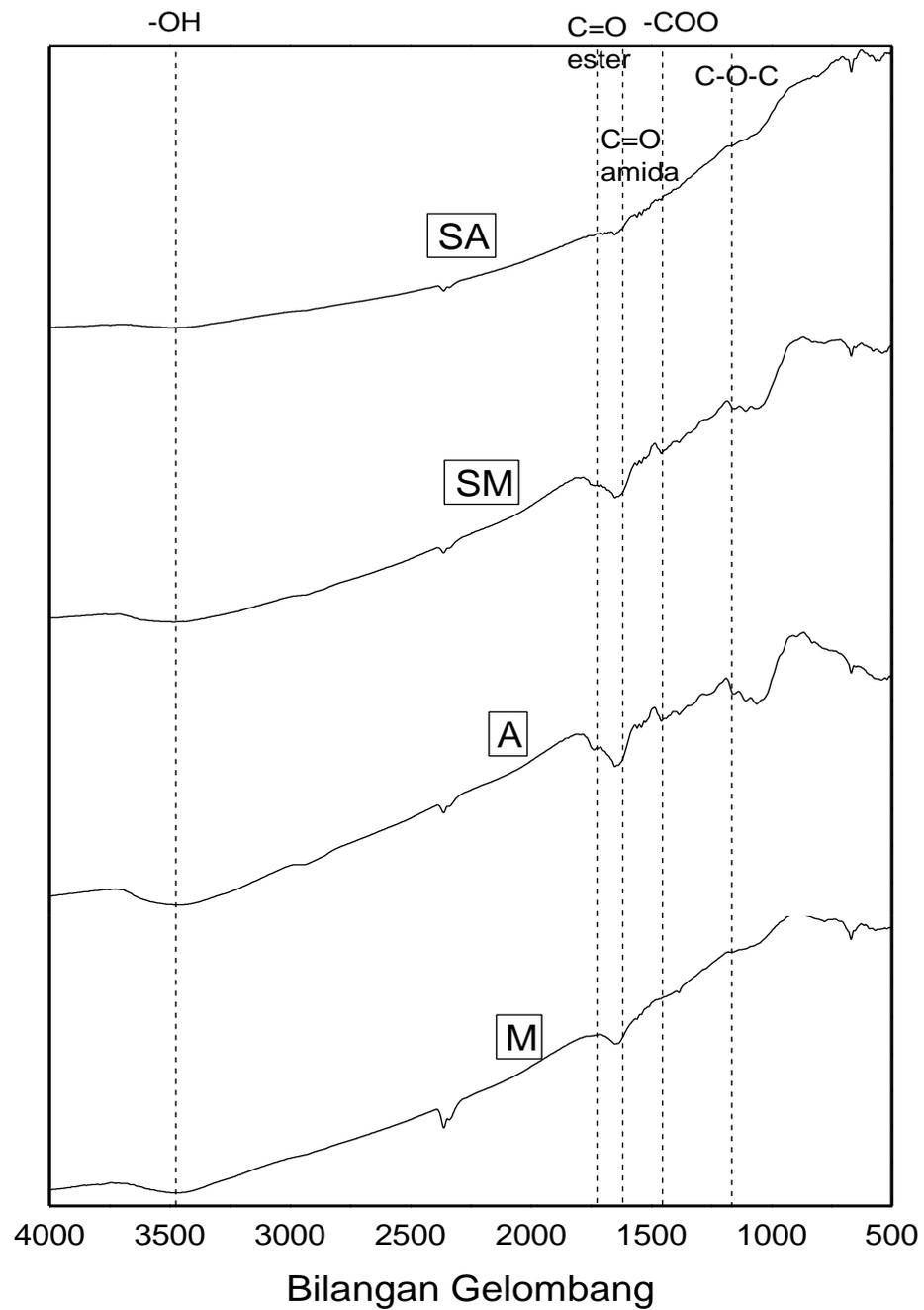
nukleofil yang baik dan kemudian menyerang atom C karbonil dari asam sitrat anhidrat yang mana atom C tersebut memiliki sifat elektrofil sehingga terbentuklah produk yakni selulosa sitrat dan protein sitrat (Surbakti, 2017)



Gambar 4.5 Sampel Hasil Modifikasi

4.4 Identifikasi Biomassa Termodifikasi Asam Sitrat Menggunakan FTIR

Pada identifikasi menggunakan FTIR disini digunakan untuk mengidentifikasi berbagai gugus fungsi yang ada pada biosorben. Panjang gelombang yang digunakan pada proses identifikasi yakni $500-4000\text{ cm}^{-1}$. Hasil dari identifikasi FTIR ini berupa puncak-puncak yang mana puncak tersebut menunjukkan gugus fungsi yang terdapat pada biosorben. Dimana sumbu x adalah panjang gelombang dan sumbu y adalah persen transmittan. Grafik hasil identifikasi FTIR biomassa ditunjukkan pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Tabel Serapan FTIR Biomassa Sebelum Aktivasi (M), Setelah Aktivasi (A), Setelah Modifikasi (SM), dan Setelah Adsorpsi (SA).

Tabel 4.1 Interpretasi Gugus Fungsi Biomassa Murni (M), Aktivasi (A), Setelah Modifikasi (SM), dan Setelah Adsorpsi (SA).

No	M (cm ⁻¹)	A (cm ⁻¹)	SM (cm ⁻¹)	SA (cm ⁻¹)	Jenis Vibrasi	Panjang Gelombang (cm ⁻¹)
1	3416,99	3486,37	3462,12	3441,15	-OH	3200-3600 ^a
2	2976,16	2980,01	2978,10	2985,80	-CH ₃ Asimetris	2970-2990 ^a
3	2935,80	2944,79	2943,86	2935,65	-CH ₃ Simetris	2850-2970 ^a
4	-	1734,45	1736,95	1749,43	C=O ester	1750-1740 ^a
5	1640,08	1649,94	1650,26	1653,17	C=O amida	1680-1620 ^a
6	1386,25	1383,82	1384,03	1398,11	-COO	1300-1400 ^a
7	1262,36	1267,42	1268,42	1269,16	C-O-C	1028-1034, ^a 1280-1240
8	1130,28	1111,00	1101,35	1107,13	C-OH(2°)	1120-1080 ^a
9	1047,21	1065,99	1061,89	1064,70	C-OH(1°)	1060-1025 ^a

Keterangan: a) Lambert, 1987.

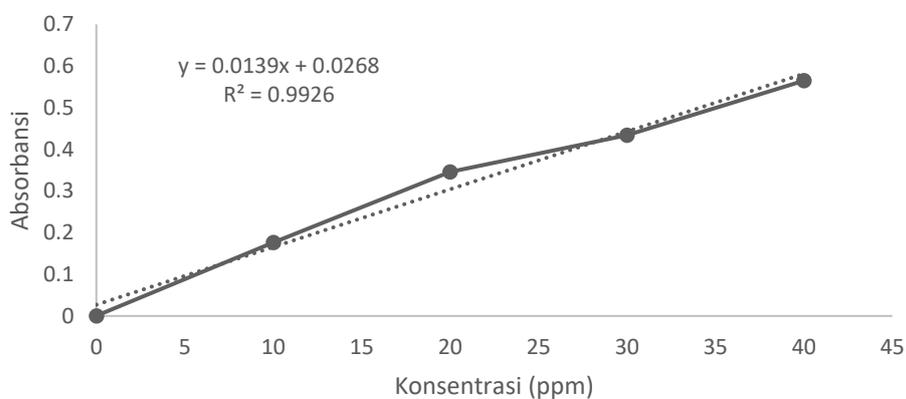
Hasil dari Gambar 4.6 menunjukkan bahwasanya hampir seluruh kondisi biosorben memiliki gugus yang sama, semua biosorben memiliki serapan pada gugus hidroksil -OH, pada bilangan gelombang 3416,99 cm⁻¹ untuk biosorben murni, 3486,37 cm⁻¹ untuk biosorben hasil aktivasi, 3462,12 cm⁻¹ untuk biosorben setelah modifikasi, dan 3441,15 cm⁻¹ untuk biosorben setelah adsorpsi. Selain itu terdapat juga gugus -CH₃ baik simetris dan asimetris dimana pada bilangan gelombang 2976,16 cm⁻¹ dan 2935,80 cm⁻¹ untuk serapan asimetris dan simetris pada biosorben murni, kemudian pada bilangan gelombang 2980,01 cm⁻¹ dan 2944,79 cm⁻¹ untuk serapan asimetris dan simetris pada biosorben hasil aktivasi, kemudian pada bilangan gelombang 2978,10 cm⁻¹ dan 2985,10 cm⁻¹ untuk serapan asimetris dan simetris pada biosorben hasil modifikasi, dan untuk biosorben setelah adsorpsi terdapat pada bilangan gelombang 2985,80 cm⁻¹ dan 2935,65 cm⁻¹ untuk serapan asimetris dan simetris. Selain itu terdapat juga gugus fungsi C=O ester yang ada pada biosorben hasil setelah aktivasi, modifikasi, dan setelah adsorpsi, untuk biosorben hasil aktivasi ditunjukkan pada bilangan gelombang 1734,45 cm⁻¹, untuk biosorben hasil modifikasi ditunjukkan pada bilangan

gelombang $1736,95\text{ cm}^{-1}$ dan untuk biosorben hasil modifikasi pada bilangan gelombang $1749,43\text{ cm}^{-1}$. Selain gugus C=O ester terdapat juga gugus fungsi C=O pada amida yang terdapat pada semua kondisi biosorben, pada biosorben murni terdapat serapan pada panjang gelombang $1640,08\text{ cm}^{-1}$, untuk biosorben hasil aktivasi terdapat pada bilangan gelombang $1649,94\text{ cm}^{-1}$, untuk biosorben hasil modifikasi terdapat pada bilangan gelombang $1650,26\text{ cm}^{-1}$, dan untuk biosorben setelah adsorpsi terdapat pada bilangan gelombang $1653,17\text{ cm}^{-1}$. Kemudian terdapat juga serapan gugus -COO dan juga C-O-C pada semua biosorben, dimana pada biosorben murni berturut-turut terdapat pada bilangan gelombang $1386,25\text{ cm}^{-1}$ dan $1262,36\text{ cm}^{-1}$, pada biosorben hasil aktivasi berturut-turut terdapat pada serapan $1383,82\text{ cm}^{-1}$ dan $1267,42\text{ cm}^{-1}$, pada biosorben hasil modifikasi berturut-turut terdapat pada serapan $1384,03\text{ cm}^{-1}$ dan $1268,42\text{ cm}^{-1}$, dan pada biosorben setelah adsorpsi berturut-turut terdapat pada serapan $1398,11\text{ cm}^{-1}$ dan $1269,16\text{ cm}^{-1}$. Selain itu juga terdapat serapan alkohol primer dan sekunder pada tiap biosorben, dimana pada biosorben murni berturut-turut pada bilangan gelombang $1047,21\text{ cm}^{-1}$ dan $1130,28\text{ cm}^{-1}$, sedangkan pada biosorben hasil aktivasi terdapat pada bilangan gelombang $1065,99\text{ cm}^{-1}$ dan $1111,00\text{ cm}^{-1}$, kemudian pada biosorben hasil modifikasi terdapat pada bilangan gelombang $1061,89\text{ cm}^{-1}$ dan $1101,35\text{ cm}^{-1}$, dan terakhir pada biosorben setelah adsorpsi terdapat pada bilangan gelombang $1064,70\text{ cm}^{-1}$ dan $1107,13\text{ cm}^{-1}$. Hasil modifikasi dengan asam sitrat dapat diketahui dari adanya gugus C=O ester yang terdapat pada serapan hasil modifikasi, dimana hasil modifikasi memiliki intensitas yang lebih kuat dibandingkan sebelum modifikasi, hasil yang didapat tersebut sejalan dengan hasil penelitian dari Leyva-Ramos dkk., (2012). Selain gugus C=O ester yang

merupakan situs aktif pengikat logam timbal terdapat juga gugus fungsi C=O pada amida yang terdapat pada semua kondisi biosorben, pada biosorben murni terdapat serapan pada panjang gelombang $1640,08 \text{ cm}^{-1}$, untuk biosorben hasil aktivasi terdapat pada bilangan gelombang $1649,94 \text{ cm}^{-1}$, untuk biosorben hasil modifikasi terdapat pada bilangan gelombang $1650,26 \text{ cm}^{-1}$, dan untuk biosorben setelah adsorpsi terdapat pada bilangan gelombang $1653,17 \text{ cm}^{-1}$, serapan ini menunjukkan keberadaan senyawa amida yang mana senyawa amida juga mampu mengikat logam timbal.

4.5 Pembuatan Kurva Standar Pb^{2+}

Tujuan dari pembuatan kurva standar timbal sebelum dilakukan analisa lebih lanjut adalah untuk mengetahui hubungan antara nilai absorbansi dan juga nilai konsentrasi dari sebuah larutan, sehingga nilai konsentrasi dari larutan dapat diketahui ketika nilai absorbansinya diketahui. Dalam pembuatan kurva standar mengikuti persamaan Lambert-Beer yaitu $A = a \cdot b \cdot c$ dimana A menunjukkan nilai absorbansi dari sebuah larutan, a menunjukkan absortivitas, b menunjukkan tebal nyala, dan c menunjukkan konsentrasi sebuah larutan.



Gambar 4.7 Kurva Standar Larutan Timbal (Pb^{2+})

Dari Gambar 4.7 dapat diketahui bahwasanya nilai absorbansi dari sebuah larutan akan berbanding lurus dengan nilai konsentrasi dari sebuah larutan. Dimana semakin tinggi nilai absorbansi maka nilai konsentrasi akan semakin tinggi juga. Dari grafik tersebut didapatkan persamaan yakni $y=ax+b$ dan nilai $R^2=$ sebesar 0,9926. Persamaan kurva standar yang telah didapatkan tersebut digunakan sebagai acuan dalam menentukan konsentrasi akhir sebuah larutan setelah didapatkan nilai absorbansinya.

4.6 Uji Adsorben

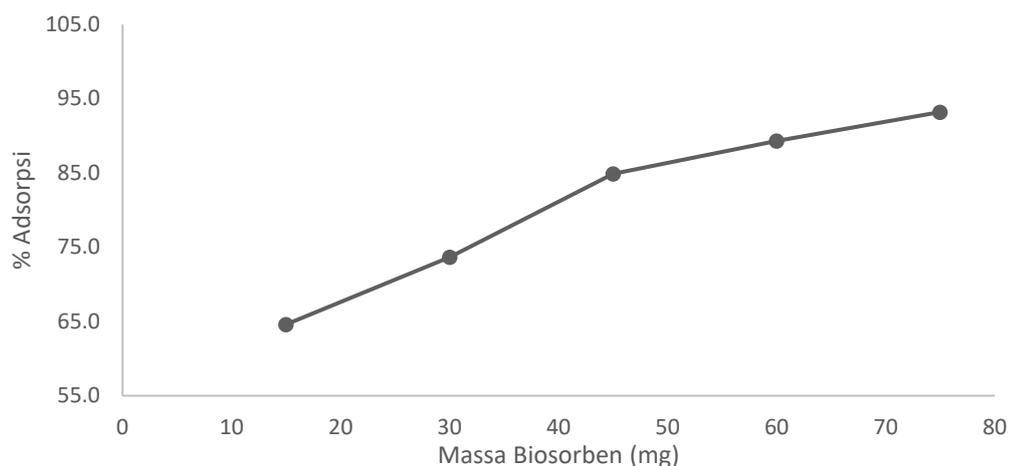
4.6.1 Uji Adsorben dengan Variasi Massa Adsorben

Pada percobaan dengan variasi massa biosorben dilakukan untuk mengetahui massa optimal yang tepat untuk menyerap logam timbal yang terdapat pada larutan dengan lama pengontakan selama 15 menit dan pH 3. Hasil dari percobaan variasi massa ditunjukkan oleh Gambar 4.8 dan Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Data Percobaan Variasi Massa Adsorben

Massa (mg)	Konsentrasi awal Pb^{2+} (ppm)	Konsentrasi Akhir Pb^{2+} (ppm)	Persen Adsorpsi
15	20	7,08	64,6 ^a
30	20	5,27	73,7 ^b
45	20	3,02	84,9 ^c
60	20	2,14	89,3 ^d
75	20	1,36	93,2 ^e

Keterangan notasi BNT : Huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata



Gambar 4.8 Grafik Persentase Serapan Logam Timbal dengan Variasi Massa

Dari grafik pada Gambar 4.8 menunjukkan bahwasanya dengan adanya kenaikan massa yang ditambahkan terhadap larutan timbal akan berpengaruh pada daya adsorpsi dari biomassa. Penambahan biomassa terhadap larutan akan berbanding lurus dengan daya adsorpsi dari sebuah biomassa, semakin besar massa yang ditambahkan akan semakin besar juga kemampuan absorben dalam menyerap logam timbal, hal tersebut dikarenakan dengan bertambahnya massa yang ada akan meningkatkan situs aktif yang ada pada biosorben sehingga logam timbal akan terikat pada situs aktif biosorben. Hasil tersebut sesuai dengan hasil dari penelitian Sedyanto (2018) yang menunjukkan bahwasanya kenaikan dari massa biosorben akan menaikkan penyerapannya. Dari grafik 4.3 dapat diketahui massa optimal untuk mengadsorpsi logam timbal adalah sebesar 75 mg dengan persen adsorpsi sebesar 93,2%.

4.6.2 Uji Adsorben dengan Variasi pH

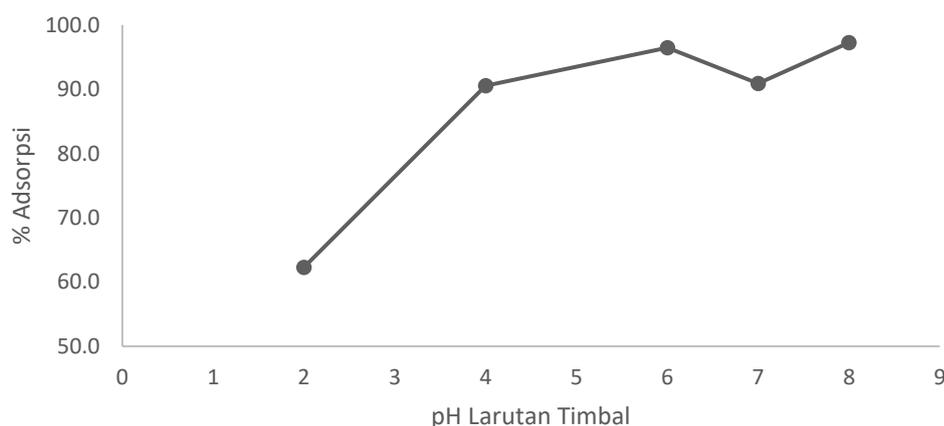
Pada percobaan dengan variasi pH dilakukan untuk mengetahui pH optimal yang tepat untuk menyerap logam timbal yang terdapat pada larutan. Keadaan pH dari sebuah larutan dalam proses adsorpsi akan sangat mempengaruhi kemampuan

sebuah biosorben dalam menyerap timbal. Keberadaan ion H^+ maupun OH^- akan sangat mempengaruhi kemampuan adsorpsi karena akan terjadi persaingan dalam pengikatan oleh biosorben ataupun pengendapan logam timbal. Massa yang digunakan adalah massa optimum yakni 75 mg dengan waktu kontak 15 menit. Hasil dari percobaan variasi pH ditunjukkan oleh Gambar 4.9 dan Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Data Percobaan Variasi pH

pH	Konsentrasi Awal (ppm)	Konsentrasi Akhir (ppm)	Persen Adsorpsi	Terbentuk Endapan
2	20	7,54	62,3 ^a	-
4	20	1,89	90,5 ^b	-
6	20	0,70	96,5 ^c	-
7	20	1,82	90,9 ^b	-
8	20	0,55	97,3 ^c	+

Keterangan notasi BNT : Huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata



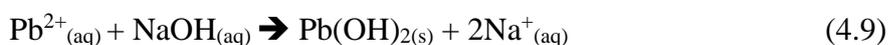
Gambar 4.9 Grafik Persentase Serapan Timbal dengan Variasi pH

Dari grafik hasil percobaan pada Gambar 4.9 dapat diketahui bahwasanya biosorben dapat bekerja pada rentang pH asam, namun pada keadaan yang terlalu asam kemampuan adsorpsi dari biosorben akan menurun, hal tersebut disebabkan oleh banyaknya keberadaan ion H^+ yang mana akan mengganggu proses adsorpsi timbal dikarenakan akan terjadi kompetisi antara ion H^+ dan juga logam timbal terhadap situs aktif dari biosorben, sehingga dari hasil percobaan yang telah dilakukan dapat diketahui bahwasannya pH optimal untuk terjadinya adsorpsi

adalah pada pH 6 dengan persen adsorpsi sebesar 96,5%. Menurut Zhu dkk., (2008) proses adsorpsi pada media air akan menghidrolisis gugus -COOH dan juga -OH pada selulosa sitrat dan menjadikannya lebih reaktif terhadap ion logam.



Sedangkan pada pH terlalu basa (pH 8) logam timbal yang ada pada larutan akan terendapkan menjadi larutan $\text{Pb}(\text{OH})_2$ sehingga tidak akan terserap oleh biomassa. Hasil percobaan yang didapatkan ini sesuai dengan hasil penelitian dari Miningsih dkk., (2016) dimana didapatkan pH optimum dari proses adsorpsi logam timbal adalah pada pH 6 dan pada kondisi pH basa logam timbal yang ada pada larutan akan terendapkan menjadi $\text{Pb}(\text{OH})_2$.



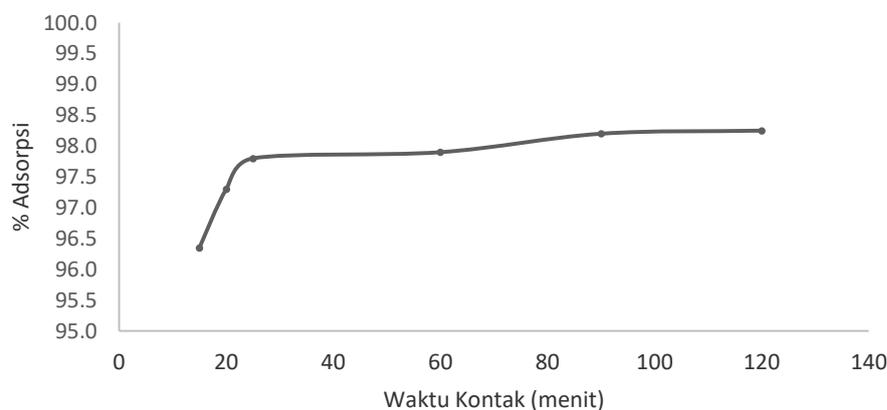
4.6.3 Uji Adsorben dengan Variasi Waktu Kontak dan Penentuan Orde Reaksi

Pada percobaan dengan variasi waktu kontak dilakukan untuk mengetahui waktu kontak optimal yang tepat untuk menyerap logam timbal yang terdapat pada larutan. Selain itu dalam percobaan ini juga dilakukan penentuan orde reaksi yang terjadi karena kinetika reaksi merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi, karena kinetika reaksi yang didapat akan menunjukkan kecepatan penyerapan sebuah biosorben terhadap sebuah adsorbat. Massa yang digunakan adalah massa optimum yakni 75 mg dengan pH optimum yakni pH 6. Hasil dari percobaan variasi waktu kontak ditunjukkan oleh Gambar 4.10 dan Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Data Percobaan Variasi Waktu Kontak

Waktu	Konsentrasi awal (ppm)	Konsentrasi Akhir (ppm)	Persen adsorpsi
15	20	0,73	96,4 ^c
20	20	0,54	97,3 ^d
25	20	0,44	97,8 ^a
60	20	0,42	97,9 ^a
90	20	0,36	98,2 ^e
120	20	0,35	98,25 ^e

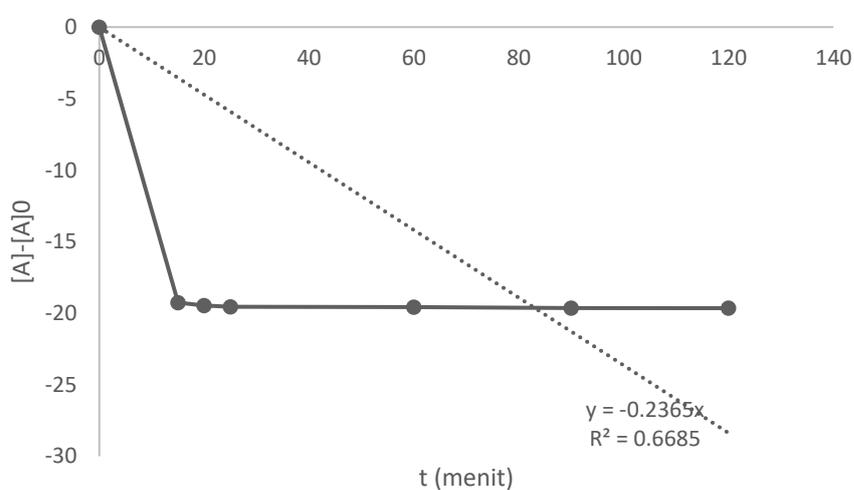
Keterangan notasi BNT : Huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata



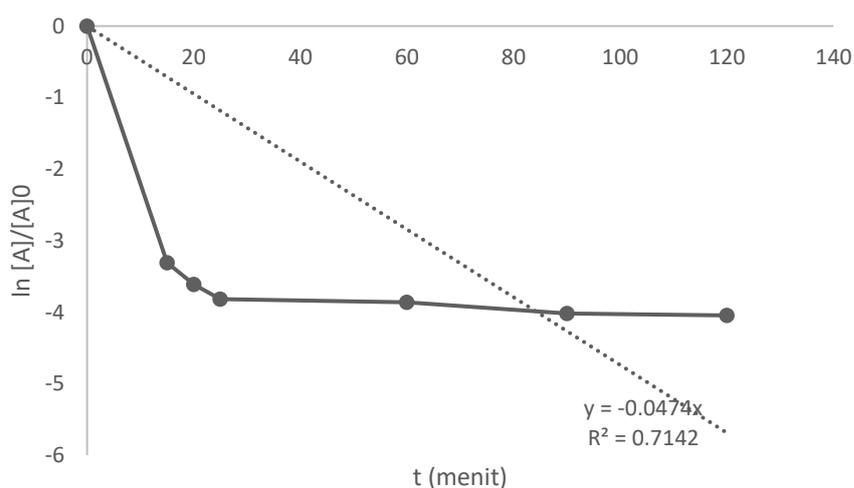
Gambar 4.10 Grafik Serapan Logam Timbal dengan Variasi Waktu Kontak

Dari Gambar 4.10 diketahui pada menit ke 15 didapatkan persen adsorpsi yang cukup tinggi yakni sebesar 96,4% dan terus naik hingga 20 menit, dan grafik yang didapatkan mulai landai hingga menit 120, kemampuan optimum untuk adsorpsi dari sebuah biomassa terdapat pada waktu 90 menit dimana terjadi kesetimbangan antara adsorban dan juga adsorben, dan pada waktu 90 menit sebanyak 98,2% logam timbal teradsorpsi. Hal tersebut menunjukkan bahwasanya semakin lama waktu kontak yang diberikan pada biosorben maka jumlah penyerapan logam timbal akan meningkat. Konstannya dari grafik yang didapat dikarenakan terjadi kejenuhan pada biosorben dalam proses penyerapan logam timbal. Hasil yang didapat tersebut sejalan dengan hasil penelitian dari Miningsih dkk., (2016) yang mana ada pada saatnya biosorben akan jenuh sehingga

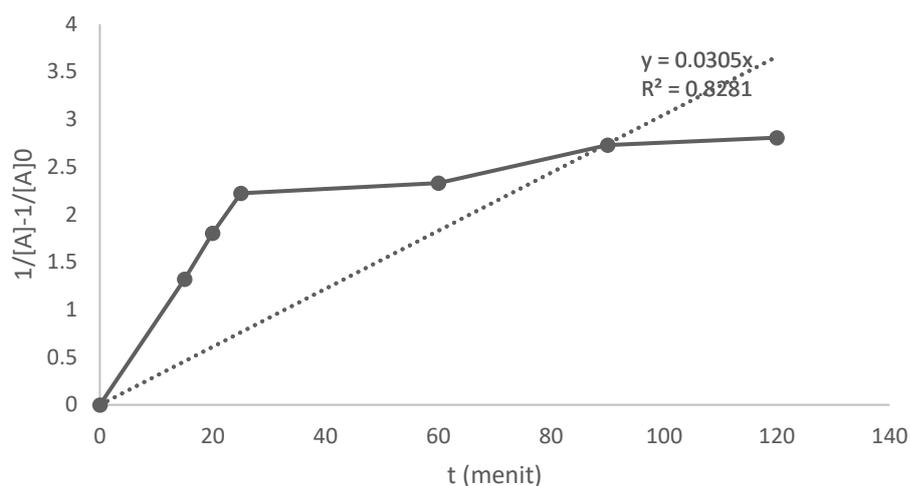
mengurangi penyerapan dari logam timbal. Setelah didapatkan waktu optimum selanjutnya dilihat orde reaksi yang terjadi antara biosorben dengan logam timbal. Kemudian data yang telah didapatkan dilakukan perhitungan menggunakan persamaan 3.1-3.3 guna mengetahui nilai dari regresi tiap grafik. Nilai regresi dari grafik yang mendekati nilai 1 menunjukkan bahwasanya adsorpsi yang terjadi mengikuti orde tersebut. Hasil plotting data yang didapat dengan grafik orde reaksi ditunjukkan oleh Gambar 4.11-4.13.



Gambar 4.11 Grafik Orde Reaksi nol



Gambar 4.12 Grafik Orde Reaksi 1



Gambar 4.13 Grafik Orde Reaksi 2

Berdasarkan nilai R^2 yang telah didapatkan dari grafik yang telah dibuat diketahui bahwasanya grafik pada orde reaksi 2 memiliki nilai R^2 yang lebih mendekati nilai 1 yakni $R^2 = 0,8281$ jika dibandingkan dengan grafik pada orde nol maupun orde 1. Dari hal tersebut dapat diketahui bahwasanya adsorpsi yang terjadi berlangsung pada orde 2, dan dapat diketahui juga bahwasanya konsentrasi dari biosorben dan juga adsorbat akan mempengaruhi proses adsorpsi, sehingga keberadaan biosorben akan berbanding lurus dengan kapasitas adsorpsi sebuah biomassa (Oktasari, 2018).

4.6.4 Uji Adsorben dengan Variasi Konsentrasi Pb^{2+} dan Penentuan Isoterm

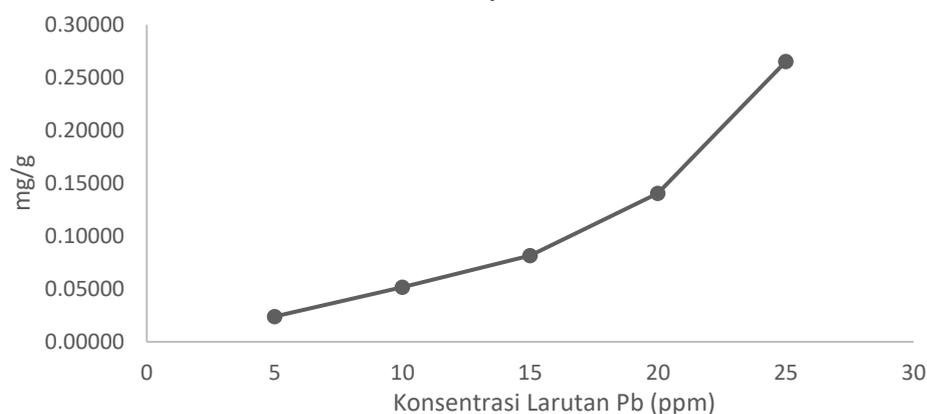
Pada percobaan dengan variasi konsentrasi Pb^{2+} dilakukan untuk mengetahui penyerapan maksimum dari sebuah biosorben guna menyerap logam timbal dalam larutan. Selain itu dalam percobaan ini juga dilakukan penentuan kesetimbangan isoterm reaksi untuk mengetahui model isoterm langmuir atau freundlich yang terjadi pada proses adsorpsi berlangsung. Massa yang digunakan

adalah massa optimum yakni 75 mg dengan pH 6 dan waktu kontak 90 menit. Hasil dari percobaan variasi konsentrasi Pb^{2+} ditunjukkan oleh Gambar 4.14 dan Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Data Percobaan Variasi Konsentrasi Pb^{2+}

Variasi Konsentrasi	Konsentrasi awal	Konsentrasi Akhir	Qe (mg/g)	Persen adsorpsi
5	5	0,36	0.0241	92,8 ^a
10	10	0,77	0.0517	92,3 ^b
15	15	1,22	0.0813	91,9 ^c
20	20	2,11	0.1408	89,4 ^d
25	25	3,98	0.2654	84,1 ^e

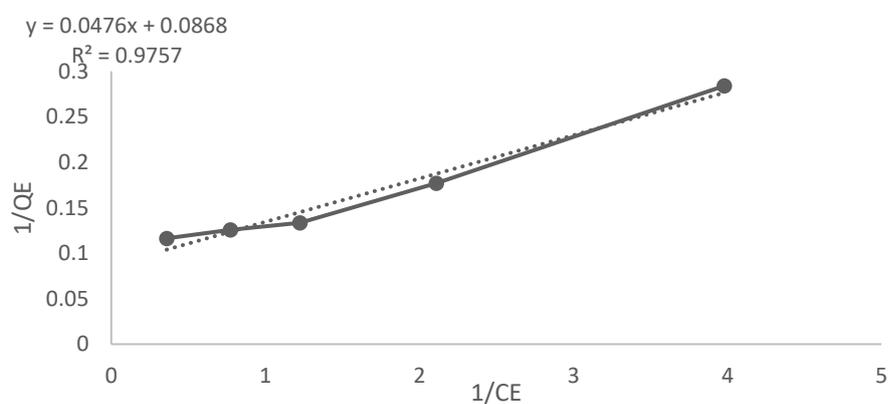
Keterangan notasi BNT : Huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata



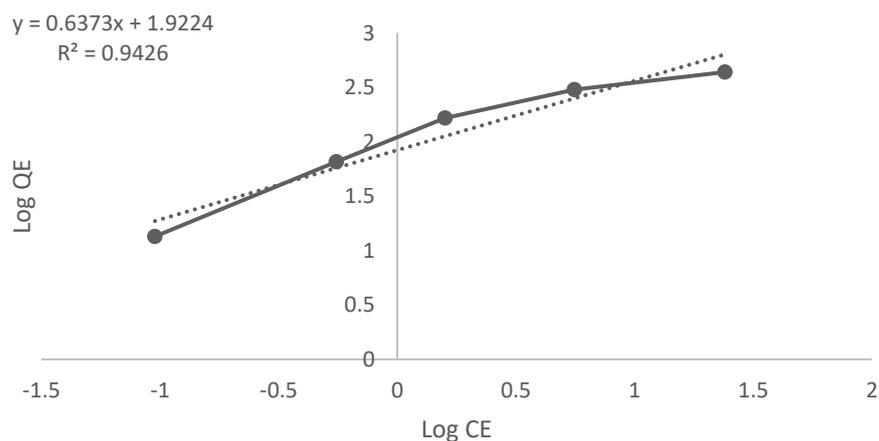
Gambar 4.14 Grafik Persentasi Serapan Logam Timbal dengan Variasi Konsentrasi Pb^{2+}

Dari grafik yang disajikan pada Gambar 4.14 dapat diketahui bahwasanya semakin besar konsentrasi larutan Pb^{2+} yang dikontakkan dengan biosorben maka semakin kecil nilai persen adsorpsi yang didapatkan. Persentase terbesar yang didapatkan terdapat pada larutan Pb^{2+} dengan konsentrasi 5 ppm dengan nilai persen adsorpsi sebesar 96%. Penurunan yang terjadi pada biosorben disini disebabkan bertambahnya konsentrasi dari larutan timbal sedangkan situs aktif yang ada pada biomassa tetap sehingga menjadikan adsorbat yang terserap oleh biomassa menjadi lebih banyak dan menjadikan biomassa cenderung jenuh sehingga menurunkan kemampuan adsorpsinya (Sedyanto, 2018). Kemudian data

yang didapatkan dilakukan plotting dalam penentuan isoterm reaksi dimana isoterm reaksi merupakan metode yang dapat menunjukkan reaksi yang terjadi antara biosorben dengan adsorbat. Data yang telah didapatkan tersebut dilakukan perhitungan mengikuti persamaan 3.4 dan 3.5 guna mengetahui nilai regresi tiap grafik yang didapatkan. Nilai regresi dari grafik yang mendekati nilai 1 menunjukkan bahwasannya adsorpsi yang terjadi mengikuti isoterm tersebut. Hasil plotting data yang didapat dengan grafik isoterm reaksi langmuir maupun freundlich ditunjukkan oleh Gambar 4.15 dan 4.16.



Gambar 4.15 Grafik Isotermis Langmuir



Gambar 4.16 Grafik Isotermis Freundlich

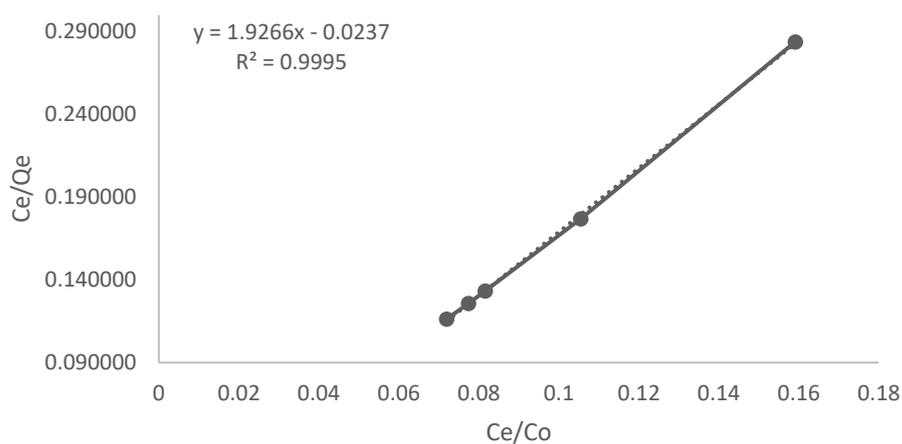
Hasil perbandingan grafik dari Gambar 4.15 dan 4.16 dapat diketahui bahwasannya grafik persamaan isotermis langmuir memiliki nilai R^2 yang lebih

mendekati nilai 1 dengan nilai sebesar 0,9757 sedangkan pada grafik persamaan isothermis freundlich memiliki nilai R^2 sebesar 0,9426. Hal tersebut dapat diasumsikan bahwasanya isothermis adsorpsi yang terjadi pada penyerapan logam timbal mengikuti persamaan isothermis langmuir. Isothermis langmuir menunjukkan bahwasanya interaksi antara biomassa dengan logam timbal terjadi secara satu lapisan. Dimana interaksi antara biosorben dan juga logam timbal terjadi secara kuat atau dalam kata lain terjadi ikatan kemisorpsi antara biosorben dan juga logam timbal. Meskipun isothermis yang lebih diikuti adalah persamaan Langmuir namun tidak menutup kemungkinan terjadi interaksi lain di dalam proses adsorpsi, hal tersebut dikarenakan situs aktif yang ada pada biomassa yang beragam sehingga menjadikan interaksi di dalamnya juga ikut beragam.

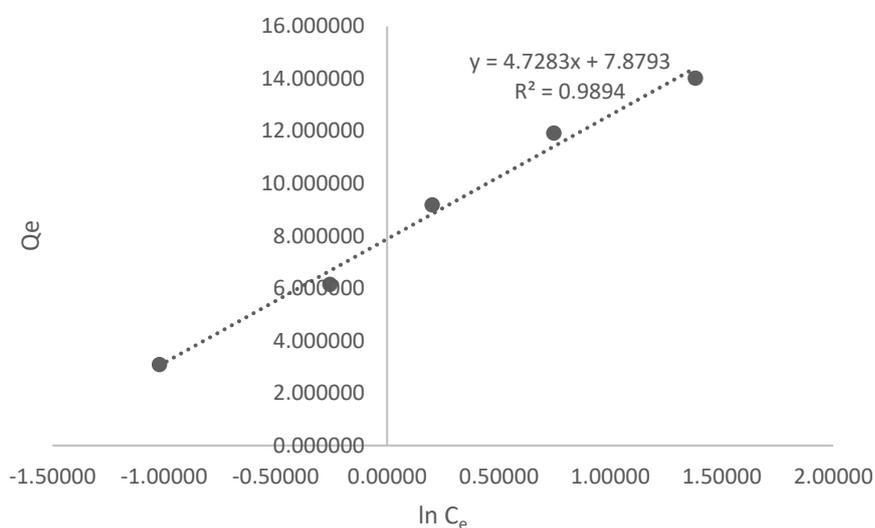
Tabel 4.6 Hasil Perbandingan Isothermis Langmuir dan Freundlich

Isothermis Langmuir		isothermis Freundlich				
Q_0	b	R^2	K_f	n	1/n	R^2
21,008	0,004	0,976	6,837	1,569	1,224	0,943

Persamaan isothermis Langmuir pada proses adsorpsi menunjukkan beberapa nilai yang disajikan Tabel 4.6. Beberapa diantaranya adalah kapasitas maksimal pada konstanta Langmuir Q_0 sebesar 21,00840336 mg/g dan nilai b sebesar 0,004132 L/mg. Sedangkan pada konstanta Freundlich didapatkan nilai K_f sebesar 6,83734843 mg/g dan nilai n sebesar 1,56912 yang mana kedua nilai tersebut menunjukkan intensitas adsorpsi.



Gambar 4.17 Grafik Isotermis BET



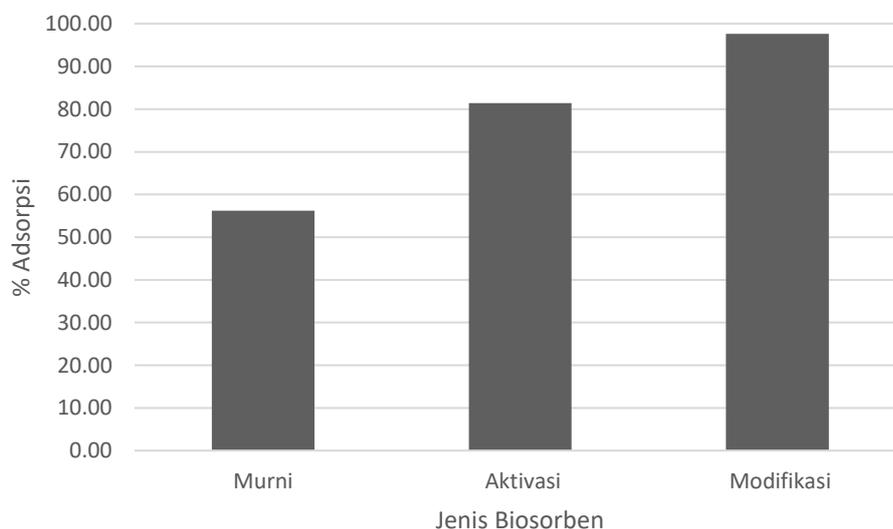
Gambar 4.18 Grafik Isotermis Temkin

Pada hasil grafik Isotermis Freundlich dan juga Langmuir menunjukkan nilai regresi keduanya hampir sama. Namun ketika dilakukan plotting terhadap persamaan isotermis lain yakni isotermis BET dan juga Temkin didapatkan bahwasanya nilai regresi dari grafik isotermis BET didapatkan lebih baik jika dibandingkan dengan nilai R^2 dari persamaan isotermis lain. Hal ini didasari pada hasil plotting pada Gambar 4.17 yang menunjukkan Grafik Isotermis BET dimana didapatkan nilai R^2 sebesar 0,9995 yang mana nilai tersebut hampir mendekati 1. Model persamaan isotermis BET ini memiliki asumsi yang sama dengan model

langmuir, dimana pada persamaan isoterms BET permukaan adsorben homogen dan membentuk lapisan yang monolayer yang selanjutnya membentuk lapisan multilayer dimana energi ikatan lapis pertama akan berbeda dengan lapisan selanjutnya (Aini dan Supraktikno, 2018)

4.6.5 Uji Adsorben dengan Limbah Timbal

Kondisi yang telah didapatkan pada perlakuan sebelumnya digunakan untuk mengadsorpsi limbah logam Pb^{2+} yang telah dibuang sebelumnya, dimana sebelum dilakukan pengontakan dengan limbah terlebih dahulu sampel di destruksi dan dilakukan pengukuran menggunakan AAS, dan didapatkan konsentrasi dari limbah Pb^{2+} yang telah dikumpulkan sebesar 18,85 ppm. Setelah larutan timbal dikontakkan dengan biosorben pada kondisi optimum yang telah didapatkan sebelumnya dan di dapatkan hasil yang ditunjukkan pada Gambar 4.18.



Gambar 4.19 Hasil Adsorpsi Limbah Pb^{2+} Menggunakan Biosorben dengan Kondisi Optimum.

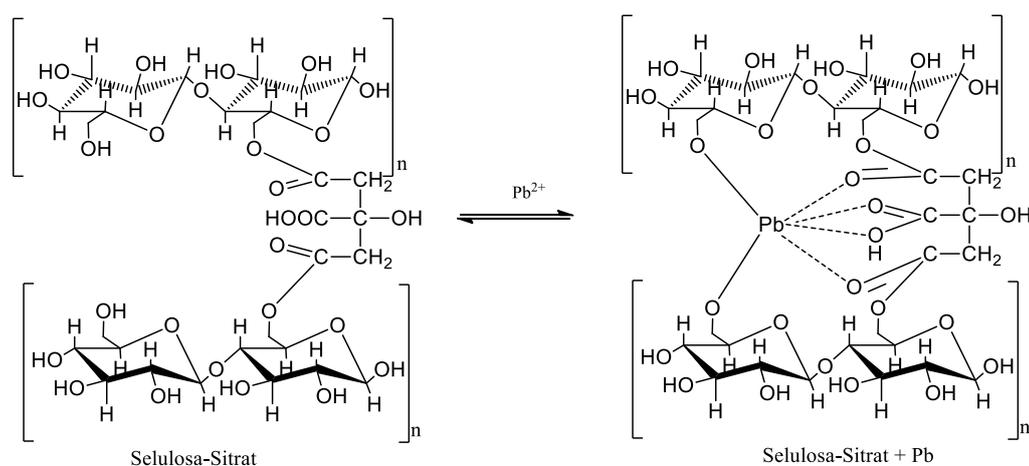
Hasil dari percobaan didapatkan bahwasanya biosorben hasil modifikasi menunjukkan persen adsorpsi yang cukup tinggi dibandingkan dengan biosorben hasil aktivasi dan juga biosorben murni, persen adsorpsi dari ketiga biosorben berturut-turut ditunjukkan oleh Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Data Hasil Adsorpsi Limbah Menggunakan Biosorben Lerak

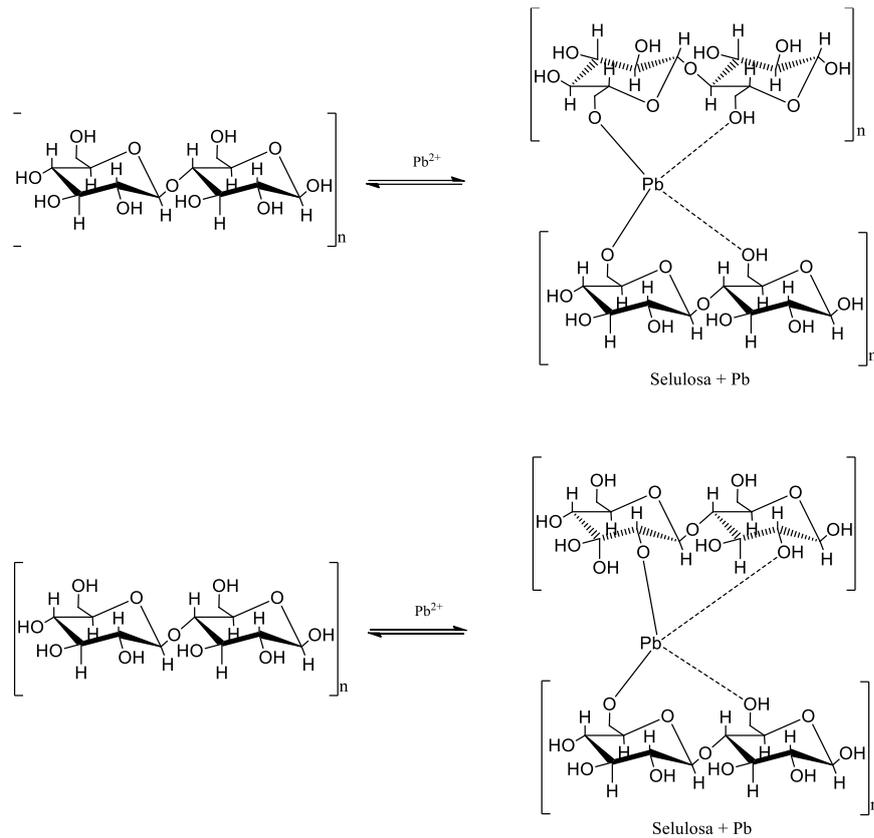
Biosorben	Konsentrasi Limbah Awal (ppm)	Konsentrasi Limbah Akhir (ppm)	% Adsorpsi
Murni	18,85	8,25	56,23 ^a
Aktivasi	18,85	3,51	81,38 ^b
Modifikasi	18,85	0,45	97,61 ^c

Keterangan notasi BNT : Huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata

Hasil Penelitian menunjukkan bahwasanya biosorben yang paling baik dalam menyerap logam Pb^{2+} adalah biosorben hasil modifikasi yang mana ditunjukkan dengan hasil persen adsorpsi yang tinggi yakni sebesar 97,61 %. Hal tersebut dikarenakan keberadaan situs aktif yang ada pada biosorben hasil modifikasi yang mampu mengikat logam Pb^{2+} lebih kuat. Dugaan pengikatan yang terjadi pada biosorben digambarkan sebagai berikut pada Gambar 4.20 dan 4.21.



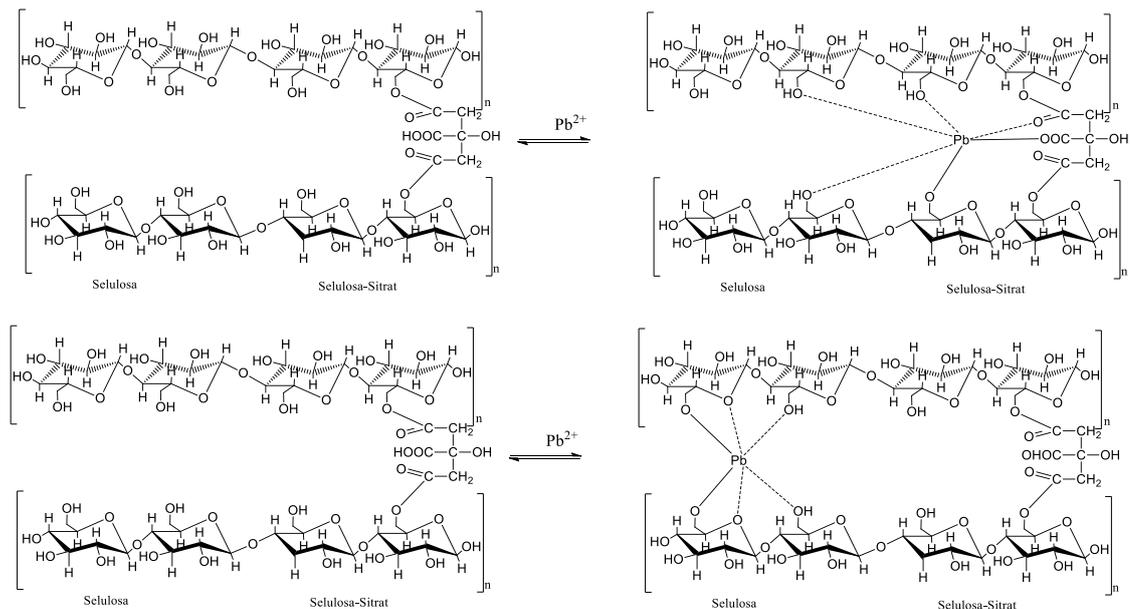
Gambar 4.20 Dugaan Pengikatan Logam Pb^{2+} pada Biosorben Hasil Modifikasi (Surbakti, 2017).



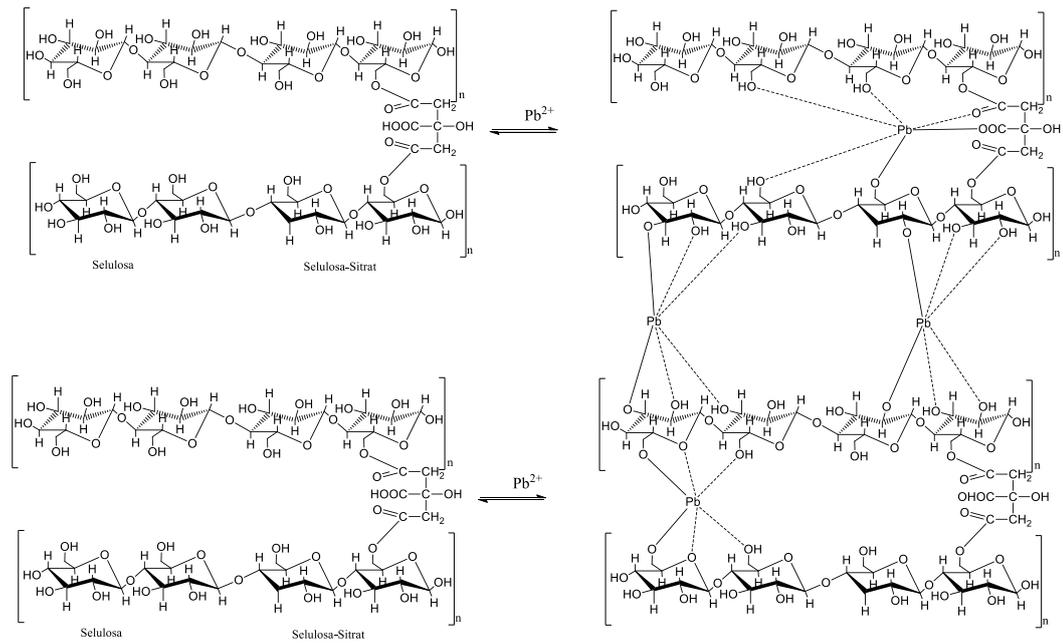
Gambar 4.21 Dugaan Pengikatan Logam Pb^{2+} pada Selulosa Biosorben (Surbakti, 2017).

Mekanisme pengikatan logam timbal oleh biosorben diduga terjadi secara kemisorptis, hal tersebut didasarkan pada hasil perhitungan pada penentuan isothermis yang terjadi dimana didapatkan isothermis yang terjadi pada penelitian kali ini adalah isothermis langmuir. Berdasarkan hal tersebut dapat diduga bahwasanya pengikatan logam Pb^{2+} oleh biosorben dapat melalui pembentukan senyawa kompleks dimana atom O gugus -OH pada biosorben berperan sebagai ligan yang menyumbangkan pasangan elektron bebas pada orbital d yang dimiliki oleh atom Pb^{2+} , pasangan elektron tersebut menempati orbital kosong sehingga membentuk hibridisasi sp^3d^2 dengan bentuk oktahedral terdistorsi (Lestari, 2010). Dengan adanya modifikasi menggunakan asam sitrat, dimana didalamnya akan

muncul gugus baru yakni C=O yang mana keberadaan gugus tersebut dapat menjadi ligan dan akan memperkuat pengikatan. (Surbakti, 2017). Beberapa dugaan yang telah dijabarkan diatas masih diduga lagi terdapat pula dugaan dari ikatan dari pengikatan oleh biosorben terhadap buah lerak. Hal tersebut dikarenakan modifikasi yang dilakukan belum sepenuhnya mampu masuk kedalam rantai ikatan yang ada pada senyawa selulosa, masih dimungkinkan juga terdapat rantai selulosa yang masih belum termodifikasi secara sempurna. Hasil pengikatan kompleks yang terjadi antara biomassa dan juga logam timbal diduga membentuk senyawa kompleks dengan bentuk trigonal prismatic.

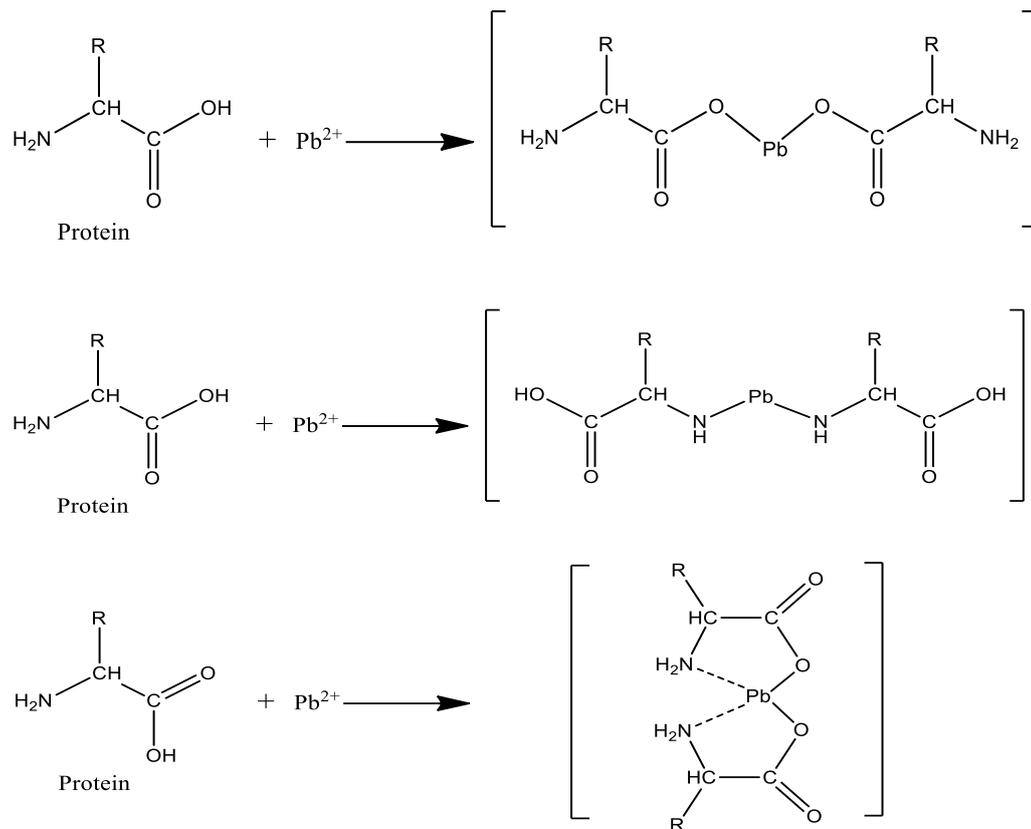


Gambar 4.22 Dugaan Pengikatan Logam Timbal oleh Selulosa yang Belum Termodifikasi Sempurna (Surbakti, 2017).



Gambar 4.23 Dugaan Pengikatan Bertingkat Logam Timbal oleh Selulosa (Surbakti, 2017).

Selain keberadaan utama selulosa yang dapat mengikat logam timbal, terdapat juga dugaan bahwa protein yang ada pada biosorben dapat mengikat logam timbal juga, hal ini di dasari terdapatnya serapan $C=O$ amida pada hasil karakterisasi FTIR dimana dalam gugus amida terdapat beberapa gugus $-OH$ yang mampu juga mengadsorpsi logam timbal sehingga berdasarkan temuan yang ditemukan pada hasil spektra FTIR dapat diduga terjadi pengikatan yang ditunjukkan oleh Gambar 4.22 dan Gambar 4.23.

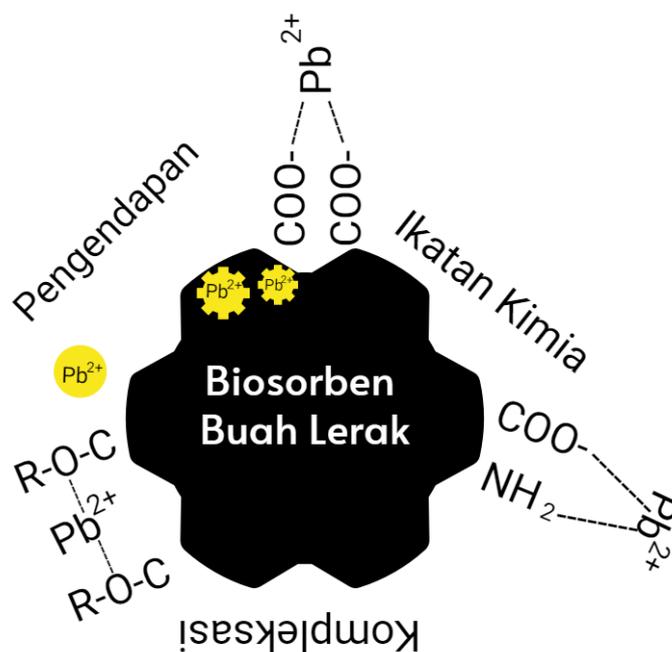


Gambar 4.24 Dugaan Pengikatan Logam Pb^{2+} Oleh Protein dengan Pembentukan Ikatan Kompleks antara Biomassa dan Logam Berat (Wang dkk, 2022)

Dugaan pengikatan dengan pembentukan ikatan kompleks dan biomassa terjadi karena keberadaan gugus $-OH$ pada struktur protein dapat juga mengikat logam Pb^{2+} , selain itu keberadaan atom O pada gugus $C=O$ dapat juga meningkatkan kemampuan sebuah biomassa untuk mengikat logam Pb^{2+} menjadi ikatan kompleks. Gugus karboksilat yang ada pada protein terdeprotonasi sehingga gugus karboksilat yang ada protein menjadi bermuatan negatif (COO^-) hal tersebut menjadikan gugus karboksilat menjadi sangat reaktif dan dapat mengikat logam Pb^{2+} .

Semua dugaan yang telah dijelaskan diatas dapat dirangkum menjadi satu dimana gugus hidroksil, amina, dan eter dapat berkolaborasi dalam mengikat

logam timbal. Mekanisme yang terjadi dapat berupa pengikatan secara kimia berupa kompleksasi, ataupun pertukaran ion, namun pengikatan yang paling disukai dalam proses pengikatan logam timbal adalah dengan gugus hidroksil.



Gambar 4.25 Penjelasan Mekanisme Antara Biosorben Buah Lerak dengan Logam Timbal (Wang dkk, 2022)

4.7 Integrasi Penelitian dalam Perspektif Islam

Penelitian yang telah dilakukan mendapatkan hasil bahwa biosorbent dari buah lerak mampu dimanfaatkan untuk menyerap limbah logam timbal dalam air limbah. Hasil dari penelitian yang telah dilakukan diketahui bahwasanya biosorben dari buah lerak memiliki kapasitas adsorpsi pada logam timbal sebesar 21,008 mg/g. Kita sebagai manusia sebagai satu-satunya makhluk yang dianugerahkan akal budi dan merupakan makhluk paling mulia diantara makhluk ciptaan yang lainnya tentu memegang tanggung jawab atas besar sebagai *khalifah fil ardh*. Dalam surat al-A'raf ayat 56 Allah berfirman:

الْمُحْسِنِينَ مِنَ قَرِيبٍ اللَّهُ رَحِيمٌ إِنَّ وَطَمَعًا خَوْفًا وَادْعُوهُ إِصْلَاحِهَا بَعْدَ الْأَرْضِ فِي تَفْسِدُوا وَلَا

“dan janganlah kamu berbuat kerusakan di bumi setelah (diciptakan) dengan baik. Berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut dan penuh harap. Sesungguhnya rahmat Allah sangat dekat kepada orang yang berbuat kebaikan.”

Firman Allah pada lafadh وَلَا تَفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ إِصْلَاحِهَا بَعْدَ الْأَرْضِ “Dan janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi, sesudah (Allah) memperbaikinya” Allah Ta’ala melarang dari perbuatan perusakandan hal-hal yang membahayakannya, setelah dilakukan perbaikan atasnya. Karena jika berbagai macam urusan sudah berjalan dengan baik dan setelah itu terjadi perusakan, maka yang demikian itu lebih berbahaya bagi umat manusia (Ghoffer, 2001).

Dalam tafsir ibnu katsir dijelaskan bahwasanya Allah Swt melarang kita manusia untuk berbuat kerusakan terhadap bumi, baik kerusakan terhadap lingkungan, jasmani, ataupun rohani orang lain. Karena sesungguhnya apabila semua berjalan dengan kelestariannya kemudian terjadi perusakan hal tersebut akan membahayakan hamba Allah yang lain. Sudah seharusnya kita sebagai *khalifah fil ardh* harus menjaga bumi yang kita tempati demi keberlangsungan hidup bagi umat manusia dan juga senan tiasa meminta pertolongan serta ridha Allah Swt agar dijauhkan dari siksa-Nya dan juga diberikan pahala yang berlimpah.

Kemuliaan yang diberikan Allah membuat manusia mampu melaksanakan kebijaksanaan serta keunggulan dalam intelektual. Salah satu cara menyelamatkan kelestarian lingkungan adalah dengan mengurangi limbah, memanfaatkan ciptaan tuhan yaitu buah lerak yang mampu menyerap limbah berupa logam timbal dalam air sehingga dapat mengurangi keberadaannya yang membawa pengaruh buruk terhadap lingkungan. Hal ini membuktikan bahwa banyak diantara manfaat tanaman-tanaman yang belum kita ketahui sebelumnya dan tentu manusia sebagai makhluk Allah yang diberikan akal harus terus menggali rahasia besar Allah swt dari banyaknya penciptaannya khususnya dari sisi flora mengingat bagaimana

Indonesia sangat kaya akan kekayaan tersebut. Allah berfirman dalam QS. asy Syu'ara ayat 7:

أَوَلَمْ يَرَوْا إِلَى الْأَرْضِ كَمْ أَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ زَوْجٍ كَرِيمٍ (٧)

“Apakah mereka tidak memperhatikan bumi, betapa banyak Kami telah menumbuhkan disana segala jenis (tanaman) yang tumbuh baik?(7).” (QS. Asy Syu'ara:7)

Dalam ayat ini Allah berfirman *أَوَلَمْ يَرَوْا إِلَى الْأَرْضِ كَمْ أَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ زَوْجٍ كَرِيمٍ* ”apakah mereka tidak memperhatikan bumi, betapa banyak kami telah menumbuhkan disana segala jenis (tanaman) yang tumbuh baik?” Kemudian Allah Taala mengingatkan kebesaran kekuasaan-Nya dan keagungan kemampuan-Nya serta keadaan para pembangkang yang menyelisihi Rasul-Nya dan mendustakan kitab-Nya. Dialah yang Mahaperkasa, Mahaagung lagi Mahakuasa yang telah menciptakan bumi dan menumbuhkan di dalamnya tumbuh-tumbuhan yang baik berupa tanam-tanaman, buah-buahan, dan hewan (Ghoffar, 2001).

Dalam tafsir Ibnu Katsir dijelaskan bahwa orang-orang kafir akan terus mempertahankan kekufuran dan pendustaan, serta tidak merenungi dan mengamati sebagian ciptaan Allah di bumi ini. Apabila mereka bersedia merenungi dan mengamati hal itu, niscaya mereka akan mendapatkan petunjuk. Kamilah (Allah) yang mengeluarkan dari bumi ini beraneka ragam tumbuh-tumbuhan yang mendatangkan manfaat, dan itu semua hanya dapat dilakukan oleh Tuhan yang Maha Esa dan Maha Kuasa

Ayat ini memberi hikmah bahwa kita sebagai hamba Allah yang diberi akal, hendaknya kita mengkaji tumbuhan yang telah diciptakan Allah dengan banyak manfaat di dalamnya. Terbukti biosorben buah lerak dengan modifikasi asam sitrat mampu menyerap sampai 98,25% logam Pb²⁺ pada pH 6, Waktu penyerapan 90 menit dan massa adsorben 75 mg. Pada hasil penelitian didapatkan bahwasanya kapasitas adsorpsi maksimal sebesar 21.008 mg/g dengan mengikuti

model isothermis langmuir. Hasil penelitian tersebut lebih baik jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yang menggunakan eceng gondok termodifikasi asam sitrat dimana pada penelitian sebelumnya didapatkan kapasitas adsorpsi maksimum dari eceng gondok termodifikasi asam sitrat sebesar 5,771 mg/g (Rahmawati, 2020). Berdasarkan hasil yang telah didapatkan penggunaan limbah buah lerak sebagai biosorben dapat diterapkan sebagai salah satu solusi dalam pengolahan limbah logam timbal dan pengurangan pencemaran lingkungan.

Sudah sepantasnya kita sebagai hamba Allah Swt yang telah diberikan kelebihan berupa akal dan juga kecerdasan untuk senantiasa selalu merenungkan kebesaran dan juga keajaiban penciptaan Allah Swt. Selain itu kita juga harus senan tiasa menjaga kelestarian alam yang telah diciptakan Allah Swt karena dengan menjaga dan memperbaiki suatu hal menjadi lebih baik merupakan suatu perbuatan amal shaleh yang sangat dianjurkan dalam agama Islam.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Kondisi optimum yang paling baik dalam mengadsorpsi logam Pb^{2+} dengan biosorben buah lerak termodifikasi asam sitrat adalah dengan massa 75 mg, pH 6, waktu kontak 90 menit. Hal tersebut didasarkan pada hasil persen adsorpsi pada tiap variasi yang telah dilakukan, dimana pada variasi massa dengan 75 mg didapatkan persen adsorpsi sebesar 93,2 %. Dan pada variasi pH didapatkan pada pH 6 sebesar 96,5 %. Dan pada waktu kontak di dapatkan persen adsorpsi sebesar 98,2 dengan waktu kontak 90 menit.
2. Hasil karakterisasi pada biosorben sebelum dan sesudah modifikasi adalah dengan terdapatnya puncak baru dengan intensitas yang lebih kuat pada sampel setelah modifikasi, pada serapan panjang gelombang $1736,96\text{ cm}^{-1}$ yang diduga sebagai gugus C=O.
3. Hasil adsorpsi buah lerak murni, teraktivasi, dan termodifikasi pada limbah laboratorium didapatkan bahwasanya biosorben hasil modifikasi memiliki kemampuan yang paling baik dibandingkan dengan biosorben lain hal tersebut dibuktikan dengan hasil persen adsorpsi sebesar 97,61%.

5.2 Saran

Saran untuk penelitian kali ini untuk dilakukan penentuan situs aktif dari biosorben sebelum dilakukan uji adsorpsi terhadap logam berat.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M. (2007). *Tafsir Ibnu Katsir Jilid 5*. Pustaka Imam Asy-Syafi'i.
- Aini, Syarifah & Supratikno. (2018). Penerapan Lima Model Keseimbangan Adsorpsi Isoterm pada Adsorpsi Ion Logam Chrom VI Oleh Zeolit. *Jurnal Eksergi*. Jurusan Teknik Sipil, Universitas Widya Dharma Klaten
- Al-ayubi, M. C., Barroroh, H., & Dewi, D. C. (2012). Studi Keseimbangan Adsorpsi Merkuri(Ii) Pada Biomassa Daun Enceng Gondok (*Eichhornia crassipes*). *Jurnal Alchemy*, 1(2), 83–91.
- Anshori, J. A. (2005). *Spektroskopi Serapan Atom*. Bandung : Universitas Padjajaran.
- Asy-Syaukani, I. (2012). *Tafsir Fathul Qadir*. Jakarta : Pusaka Azzam.
- Atkins, P. W. (1997). *Kimia Fisika*. Jakarta : Erlangga.
- Budiastuti, P., Mursid, R., & Nikie, A. Y. D. (2013). Analisis Pencemaran Logam Berat Timbal Di Badan Sungai Babon Kecamatan Genuk Semarang Putri. *Jurnal Kesehatan Masyarakat (e-Journal)*, 4(5), 119–125.
- Gandjar, I. ., & Rohman, A. (2012). *Analisis Obat Secara Spektrofotometri dan Kromatografi* (1 ed.). Yogyakarta : Pustaka Pelajar.
- Ghoffar, M. A. (2001). *Tafsir Ibnu Katsir*. Jakarta : Pustaka Imam Asy-Syafi'i.
- Ghozali, I. (2009). *Aplikasi Analisis Multivariate Dengan Program SPSS* (Edisi Keem). Semarang : Universitas Diponegoro.
- Harmita. (2006). *Buku Ajar Analisis Fisikokimia*. Depok : (Departemen. Farmasi. FMIPA. Universitas Indonesia
- Hartanto, S., F. dan S. N. (2014). Studi Etnobotani Famili *Zingiberaceae* dalam Kehidupan Masyarakat Lokal di Kecamatan Pangean Kabupaten Kuantan Singingi, Riau. *Jurnal Biosaintifika*, 6(2), 98–108.
- I Wayan, S., Ni Putu, D., & Dwi Ariani, Y. (2012). Biosorpsi Cr (III) pada Biosorbent Serat Sabut kelapa hijau Teraktivasi Asam Nitrat. *Jurnal Chemistry Progress*, 5(1).
- Khopkar, S. M. (1984). *Konsep Dasar Kimia Analitik (terjemahan)*. Bombay : Analytical Laboratory Departemen Of Chemistry Indian Institute of Technology.

- Kurniawan, H., Garchia, C. H., Ayucitra, A., & Antaresti. (2017). Pemanfaatan Kulit Buah Matoa Sebagai Kertas Serat Campuran Melalui Proses Pretreatment Dengan Bantuan Gelombang Mikro dan Ultrasonik. *Jurnal Ilmiah widya teknik*, 16(1), 26–31.
- Lestari, S. (2010). Pengaruh berat dan waktu kontak untuk adsorpsi Timbal(II) oleh adsorben dari kulit batang jambu biji (*Psidium guava L.*). *Jurnal Kimia Mulawarman*, 8(1), 7–10.
- Leyva-Ramos, R., Landin-Rodriguez, L. E., Leyva-Ramos, S., & Medellin-Castillo, N. A. (2012). Modification of corncob with citric acid to enhance its capacity for adsorbing cadmium(II) from water solution. *Journal Chemical Engineering Journal*, 180, 113–120.
- Lubis, B., Rosdiana, N., Nafi, S., Rasyianti, O., Panjaitan, F. M., Lubis, B., Rosdiana, N., Nafi, S., Rasyianti, O., Mindo, & Defi, I. (2013). Hubungan Keracunan Timbal dengan Anemia Defisiensi Besi pada Anak. *Journal CDK-200*, 40(1), 17–21.
- Mahbubah, A. (2016). Karakterisasi Gugus Aktif Jagung (*Zea mays L.*) Menggunakan Asam Sitrat Sebagai Bahan Pengaktivasi. (Skripsi). Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Mapiliandari, I., & Herawati. (2020). Potensi Daun Rambutan Binjai (*Nephelium lappaceum*) Sebagai Biosorben Logam Pb Dalam Limbah Cair. *Jurnal Warta Akab*, 44(283), 38–42.
- McSweeny, J. D., Rowell, R. M., & Min, S. H. (2006). Effect of citric acid modification of aspen wood on sorption of copper ion. *Journal of Natural Fibers*, 3(1), 43–58.
- Meila Anggriani, U., Hasan, A., Purnamasari, I. (2021). Kinetika Adsorpsi Karbon Aktif Dalam Penurunan Konsentrasi Logam Tembaga (Cu) Dan Timbal (Pb). *Jurnal Kinetika*, 12(02), 29–37.
- Miningsih, N. A., Hidayatin, D. I., Wijareni, A., Isdiyanti, S. I., & Kurniasari, L. (2016). Adsorpsi Timbal (Pb) Dalam Larutan Menggunakan Adsorben Radix Alang-Alang (*Imperata Cylindrica*) Termodifikasi Asam Sitrat. *Prosiding SNST ke-7*, 23–27.
- Moenandar, S., Widodo, L. U., & Donoriyanto, D. S. (2021). Peluang Usaha Sabun Ramah Lingkungan Dari Buah Lerak. *Jurnal Abiyasa*, 1(1), 37–42.
- Mukono, H. J. (2002). *Pencemaran Udara Dan Pengaruhnya Terhadap Gangguan Saluran Pernafasan*. Surabaya : Unair Press

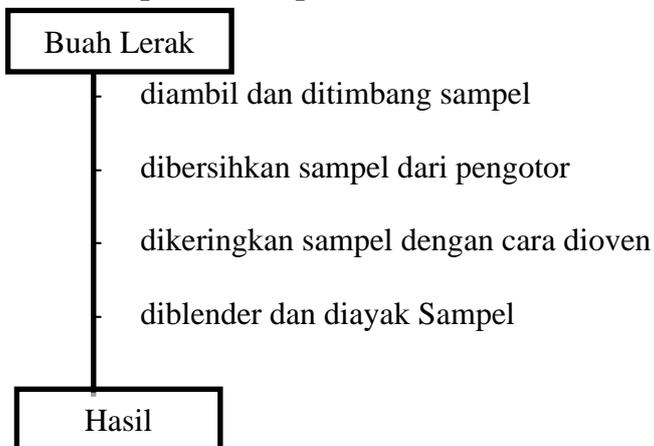
- Nabilah, Q. L. (2021). Modifikasi Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*) Menggunakan Asam Sitrat Sebagai Adsorben Ion Tembaga (Cu) Pada Limbah Cair Laboratorium Kimia. (*Skripsi*). Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Nafie, N. La, Taba, P., Nafie, Y. A. La, Rochman, N., & Hasanuddin, U. (2009). Penggunaan Biomassa Daun Lamun *Thalassiah emprichii* Yang Terdapat Di Pulau Barrang Lompo Sebagai Biosorben Ion Ni (II) Dan Co (II). *Sains MIPA*, 15(3), 196–202.
- Nguyen, T. D., & Nhung, H. L. (2020). Cellulose Modified With Citric Acid And Its Absorption Of Pb²⁺ And Cd²⁺ Ions. *international elektronik conferencen on synthetic organic chemistry, November 2009*.
- Nurhadi, M., Oktaviani, G. A., Kusumawati, H., & Hidayah, N. (2019). Pengaruh Aktivasi Dan Massa Pada Karbon Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipe*) Terhadap Kemampuan Degradasi Methylene Blue. *Pros. Semnas KPK 2*,
- Oktasari, A. (2018). Kulit Kacang Tanah (*Arachis hypogaea L.*) sebagai Adsorben Ion Pb(II). *ALKIMIA : Jurnal Ilmu Kimia dan Terapan*, 2(1), 17–27.
- Palar, H. (1994). *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta : Rineka Cipta.
- Purwiandono, G., & Haidara, A. S. (2022). Adsorption Study of Pb (II) Metals Using Rambutan's Peel Activated by HNO₃ and NaOH. *Indonesian Journal of Chemical Research*, 7(1), 8–16.
- Quattrocchi, U. (2017). *CRC world dictionary of plant names: common names, scientific names, eponyms, synonyms, and etymology*. Prancis : Routledge.
- Rahmah, W., Hamzah, H., Hajar, S., Ressaydy, S. S., & Putri, E. M. (2021). Potential of Matoa Fruit Extract (*Pometia Pinnata*) As Antioxidant Source. *Jurnal Farmasi Sains dan Praktis*, 7(1), 59–66.
- Rahmawati, A. (2020). Adsorpsi Logam Timbal (Pb) Menggunakan Adsorben Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*) Termodifikasi Asam Sitrat. (*Skripsi*). Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Rajesh Kannan, R., Rajasimman, M., Rajamohan, N., & Sivaprakash, B. (2010). Equilibrium and kinetic studies on sorption of malachite green using *Hydrilla Verticillata* biomass. *International Journal of Environmental Research*, 4(4), 817–824.
- Rizkiana, L., Karina, S., & Nurfadillah. (2017). Analisis Timbal (Pb) Pada Sedimen Dan Air Laut Di Kawasan Pelabuhan Nelayan Gampong Deah Glumpang Kota Banda Aceh. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan dan Perikanan Unsyiah*, 2(1), 89–96.

- Safrianti, I., Wahyuni, N., & Zaharah, T. A. (2012). Adsorpsi Timbal (II) Oleh Selulosa Limbah Jerami Padi Teraktivasi Asam Nitrat: Pengaruh Ph Dan Waktu Kontak. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 1(6), 313–320.
- Sanjaya, A. S., & Agustine, R. P. (2015). Studi Kinetika Adsorpsi Pb Menggunakan Arang Aktif Dari Kulit Pisang. *Jurnal Konversi*, 4(1), 17.
- Sari, D. R. A. P., & Listiani, P. A. R. (2022). Perbandingan Kadar Flavonoid Total Ekstrak Etanol Daun Ungu. *Jurnal Media Farmasi*, 18(1), 1–6.
- Sedyanto, A. P. (2018). Adsorben Terenkapsulasi Na-Alginat Penyerap Logam Berat Pb (II) Dalam Air. *Journal UII, Ii*, 1–17.
- Shukla, S. R., & Pai, R. S. (2005). Adsorption of Cu(II), Ni(II) and Zn(II) on modified jute fibres. *Bioresour Technol.*, 96(13), 1430–1438.
- Supriyanto, C., Samin, & Kamal, Z. (2007). Analisis Cemaran Logam Berat Pb , Cu , Dan Cd Pada Ikan Air Tawar Dengan Metode Spektrometri Nyala Serapan Atom (SSA). *Seminar Nasional III SDM Teknologi Nuklir, November*, 147–152.
- Surbakti, S. R. (2017). Sintesis Selulosa Sitrat dari Selulosa Daun Nenas (*Ananas comosus (L) Merr*) Melalui Reaksi Esterifikasi dengan Asam Sitrat Sebagai Pengadsorpsi Ion Kadmium (Cd^{2+}). (*Skripsi*). Universitas Sumatra Utara.
- Syahroni, Y., & Prijono, D. (2013). Aktivitas insektisida ekstrak buah Piper aduncum L. (Piperaceae) dan Sapindus rarak DC. (Sapindaceae) serta campurannya terhadap larva *Crocidolomia pavonana* (F.) (Lepidoptera: Crambidae). *Jurnal Entomologi Indonesia*, 10(1), 39–50.
- Tangio, J. S. (2013). Adsorpsi logam timbal (Pb) dengan menggunakan biomassa enceng gondok (*Eichhornia crassipes*). *Jurnal Entropi*, 8(1), 500–506.
- Wang, Qian, Yunlong Wang, Junjie Tang, Zi yang, Li Zhang, Xiaowei Huang. 2022. New insights into the interactions between Pb(II) and fruit waste biosorbent. *Journal Chemosphere* 303
- Wijayanti, F., Sari, M., Suprayitno, R., & Aminin, D. (2020). The Gel Soap with Raw Materials of Lerak Fruit (*Sapindus rarak DC*). *Stannum : Jurnal Sains dan Terapan Kimia*, 2(1), 1–6. <https://doi.org/10.33019/jstk.v2i1.1618>
- Zhu, B., Fan, T., & Zhang, D. (2008). Adsorption of copper ions from aqueous solution by citric acid modified soybean straw. *Journal of Hazardous Material*, 153(1), 300–308.

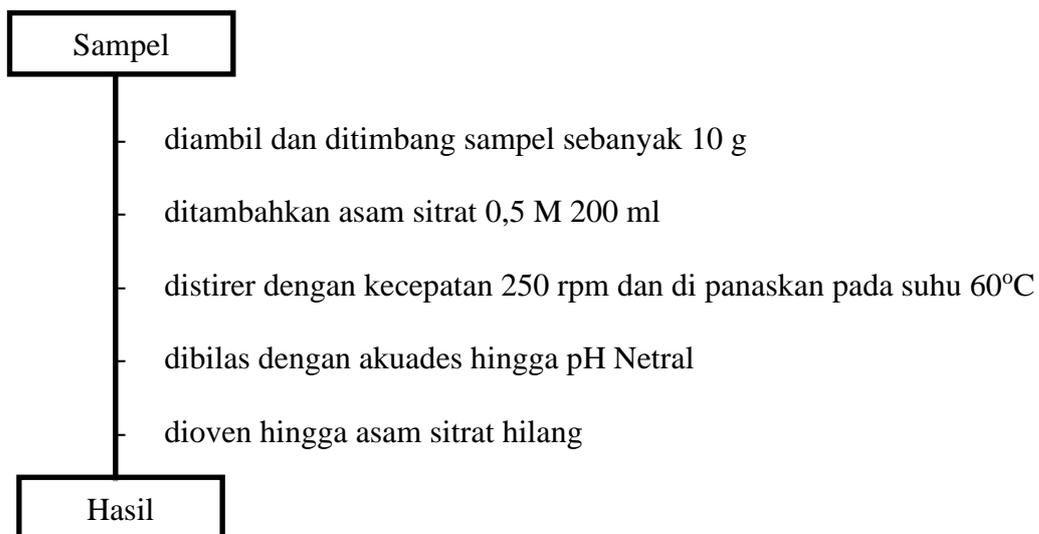
LAMPIRAN

Lampiran 1. Diagram alir

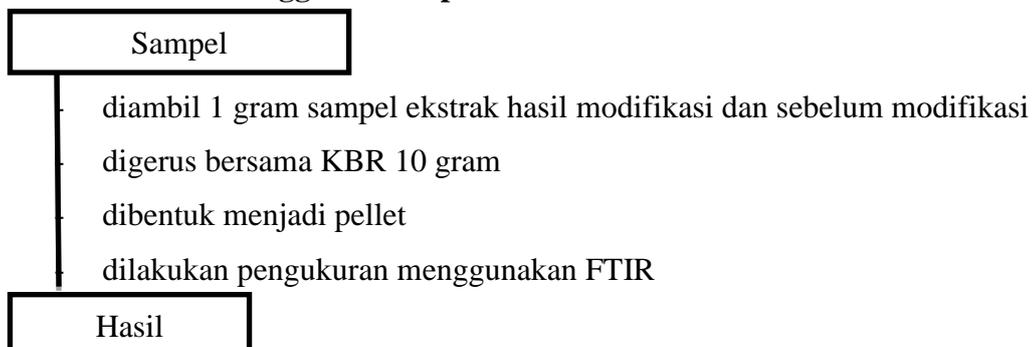
1.1 Preparasi Sampel



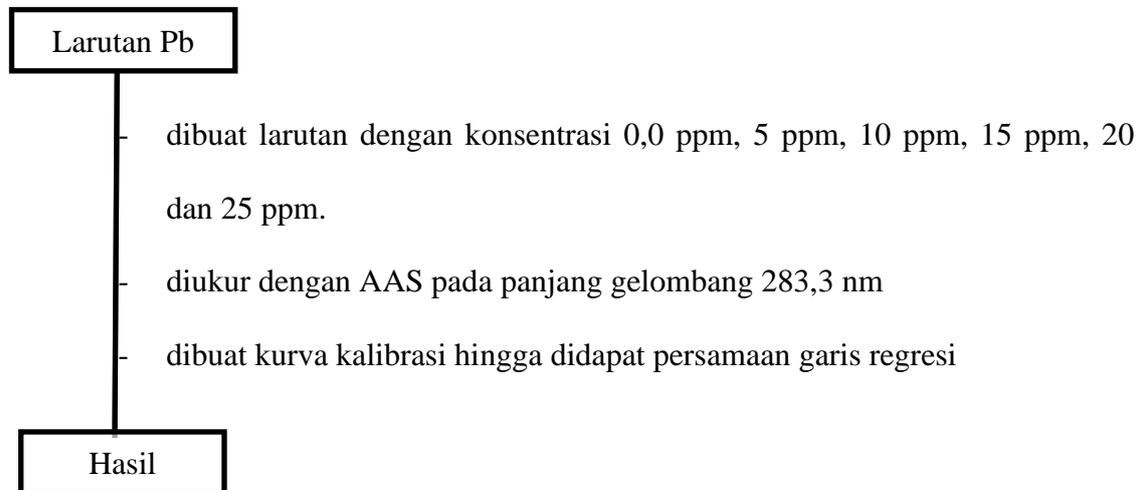
1.2 Modifikasi Biosorben Menggunakan Asam Sitrat



1.3 Identifikasi menggunakan Spektrofotometer FTIR

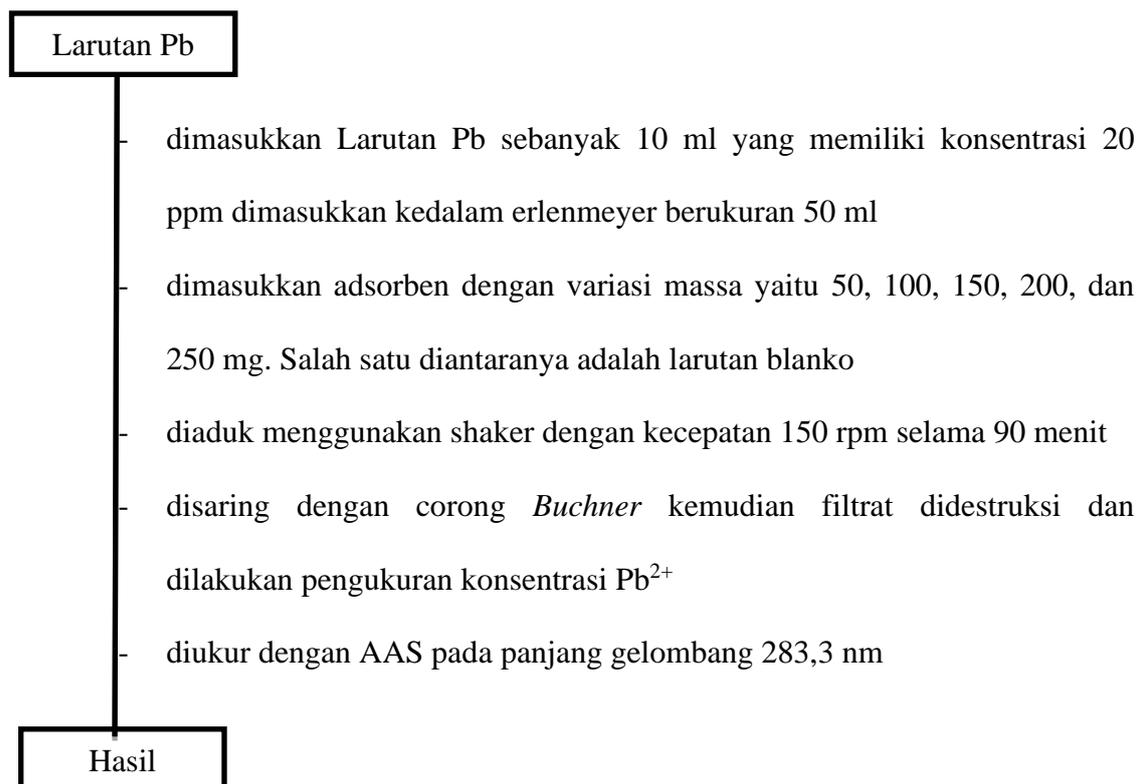


1.4 Pembuatan Kurva Standar Pb

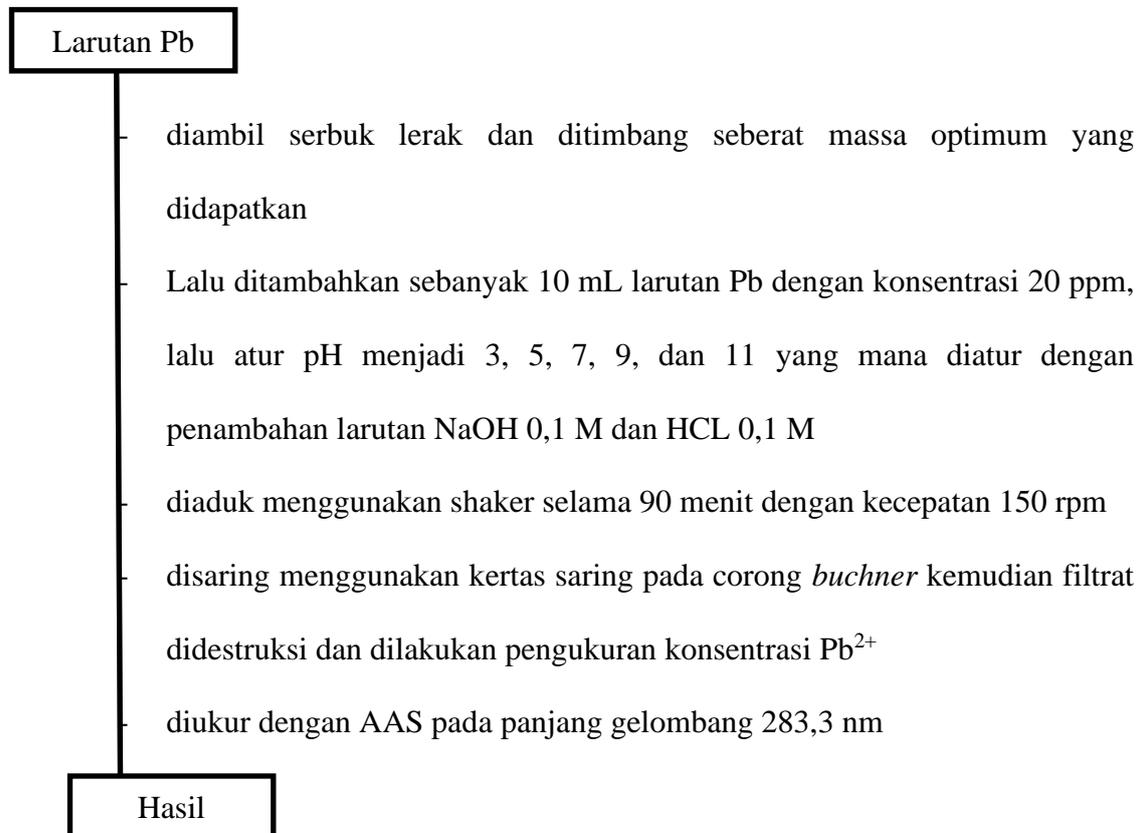


1.5 Uji Absorben

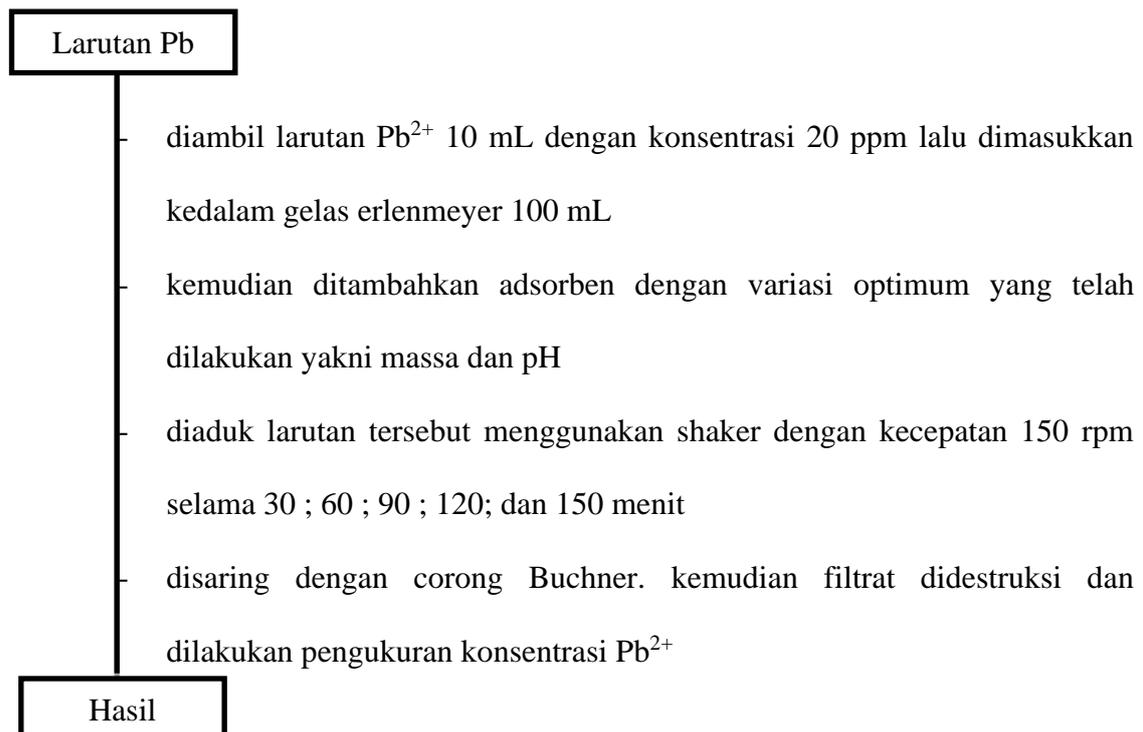
1.5.1 Uji Adsorben dengan Variasi Massa Serbuk Lerak.



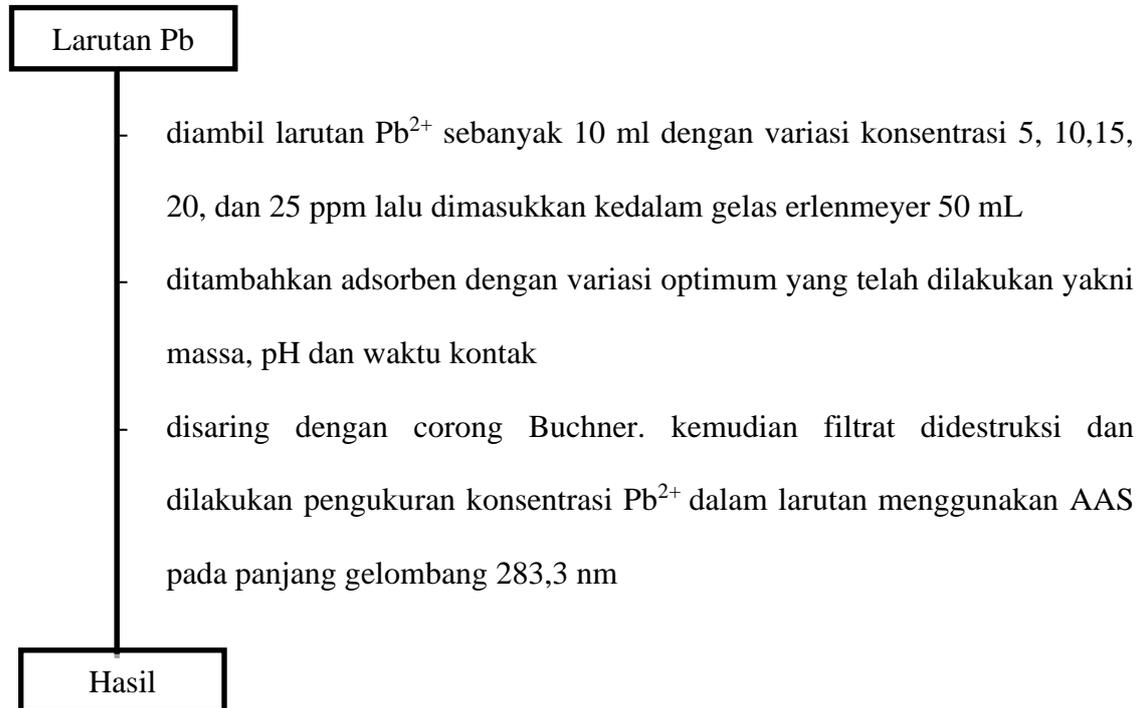
1.5.2 Uji Adsorben dengan Variasi pH



1.5.3 Uji Absorben dengan Variasi Waktu Kontak



1.5.4 Uji Adsorben dengan Variasi Konsentrasi Pb^{2+} dan penentuan Isoterm



Lampiran 2. Perhitungan

2.1 Pembuatan larutan Asam Sitrat 0,5M

Berat Molekul Asam Sitrat	= 192,124 gr/mol
Volume larutan	= 200 ml
Mol	= $M \times V$ = (0,5 mmol/mL) \times 200mL = 100 mmol = 0,1 mol
Massa Asam Sitrat	= mol \times BM Asam Sitrat = 0,1 mol \times 192,124 gr/mol = 19, 2125 gram

Jadi untuk membuat larutan Asam Sitrat 0,5 M dapat dengan cara menimbang 19,2125 gram Asam Sitrat dan dilarutkan dalam 200 ml air.

2.2 Pengenceran Larutan Stok Pb 1000 ppm

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

$$1000\text{ppm} \times V1 = 50\text{ppm} \times 50 \text{ ml}$$

$$V1 = 250/100$$

$$V1 = 2.5 \text{ ml}$$

Jadi untuk mengencerkan larutan stok Pb 1000 ppm menjadi 50 ppm sebanyak 50 ml dengan cara memipet 2,5 ml larutan stok 1000 ppm dan diencerkan kedalam labu ukur 50 ml.

2.3 Pembuatan Larutan Standar 5; 10; 15; 20; 25 ppm dari stok Pb 1000 ppm

Larutan Pb 5 ppm

$$\begin{aligned} M1 & \quad \quad \quad \times V1 & = & M2 & \quad \quad \quad \times V2 \\ 1000 \text{ ppm} & \times V1 & = & 5 \text{ ppm} & \times 100 \text{ mL} \\ & & & V1 & = 0,5 \text{ mL} \end{aligned}$$

Larutan Pb 10 ppm

$$\begin{aligned} M1 & \quad \quad \quad \times V1 & = & M2 & \quad \quad \quad \times V2 \\ 1000 \text{ ppm} & \times V1 & = & 10 \text{ ppm} & \times 100 \text{ mL} \\ & & & V1 & = 1 \text{ mL} \end{aligned}$$

Larutan Pb 15 ppm

$$\begin{aligned}
 M1 & \quad \quad \quad \times V1 & = M2 & \quad \quad \quad \times V2 \\
 1000 \text{ ppm} & \times V1 & = 15 \text{ ppm} & \times 100 \text{ mL} \\
 & & V1 & = 1,5 \text{ mL}
 \end{aligned}$$

Larutan Pb 20 ppm

$$\begin{aligned}
 M1 & \quad \quad \quad \times V1 & = M2 & \quad \quad \quad \times V2 \\
 1000 \text{ ppm} & \times V1 & = 20 \text{ ppm} & \times 100 \text{ mL} \\
 & & V1 & = 2 \text{ mL}
 \end{aligned}$$

Larutan Pb 25 ppm

$$\begin{aligned}
 M1 & \quad \quad \quad \times V1 & = M2 & \quad \quad \quad \times V2 \\
 1000 \text{ ppm} & \times V1 & = 25 \text{ ppm} & \times 100 \text{ mL} \\
 & & V1 & = 2,5 \text{ mL}
 \end{aligned}$$

Lampiran 3. Hasil Uji *One Way* ANOVA**3.1 Uji *One Way* ANOVA Variasi Massa****Variasi Massa**

		Subset for alpha = 0.05					
	Variasi	N	1	2	3	4	5
Tukey HSD ^a	75 mg	3	1.3600				
	60 mg	3		2.1367			
	45 mg	3			3.0167		
	30 mg	3				5.2633	
	15 mg	3					7.0800
	Sig.			1.000	1.000	1.000	1.000
Duncan ^a	75 mg	3	1.3600				
	60 mg	3		2.1367			
	45 mg	3			3.0167		
	30 mg	3				5.2633	
	15 mg	3					7.0800
	Sig.			1.000	1.000	1.000	1.000

3.2 Uji *One Way* ANOVA Variasi pH

Variasi pH

		N	Subset for alpha = 0.05		
Variasi			1	2	3
Tukey HSD ^a	pH 8	3	.5500		
	pH 6	3	.7033		
	pH 7	3		1.8167	
	pH 4	3		1.8933	
	pH 2	3			7.5400
	Sig.			.962	.997
Duncan ^a	pH 8	3	.5500		
	pH 6	3	.7033		
	pH 7	3		1.8167	
	pH 4	3		1.8933	
	pH 2	3			7.5400
	Sig.			.528	.751

3.3 Uji *One Way* ANOVA Variasi Waktu Kontak

Variasi Waktu Kontak

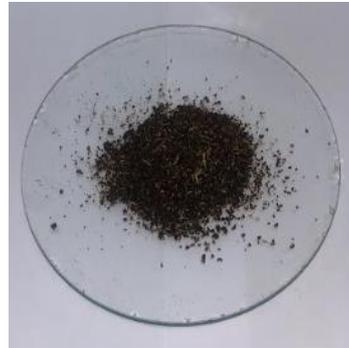
		N	Subset for alpha = 0.05				
Waktu			1	2	3	4	5
Tukey HSD ^a	120	3	.3533				
	90	3	.3633	.3633			
	60	3	.4200	.4200			
	25	3		.4400			
	20	3			.5400		
	15	3				.7300	
	Sig.			.199	.062	.062	1.000
Duncan ^a	120	3	.3533				
	90	3	.3633				
	60	3		.4200			
	25	3		.4400			
	20	3			.5400		
	15	3					.7300
	Sig.			.693	.325	1.000	1.000

Lampiran 4. Dokumentasi

4.1 Preparasi Sampel



4.2 Modifikasi Sampel



4.3 Penetralan Sampel



4.4 Pengontakan Sampel



4.5 Penyaringan Sampel



4.6 Proses Destruksi

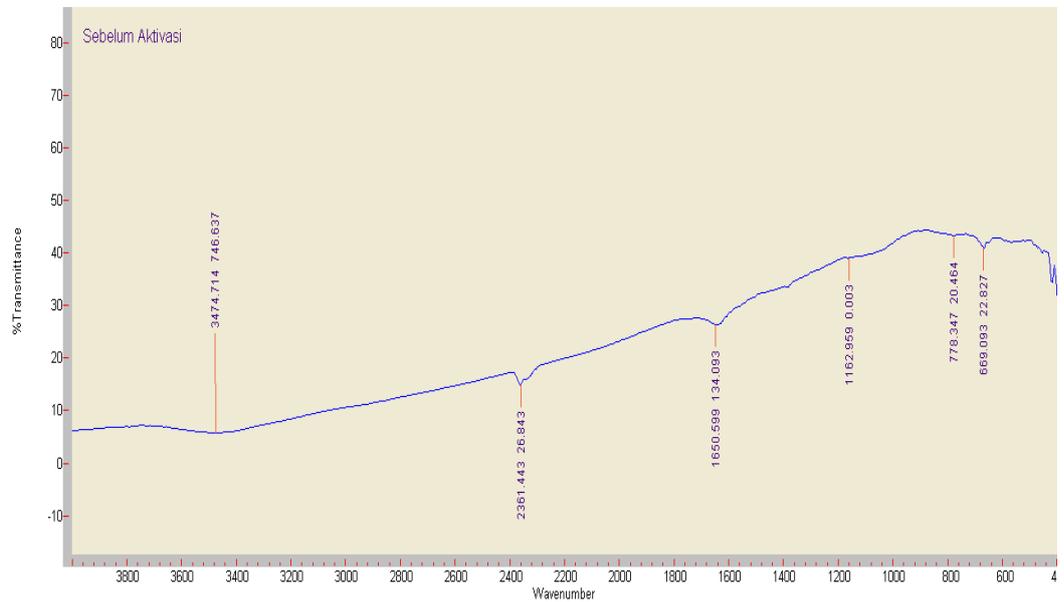


4.7 Larutan Siap Analisa

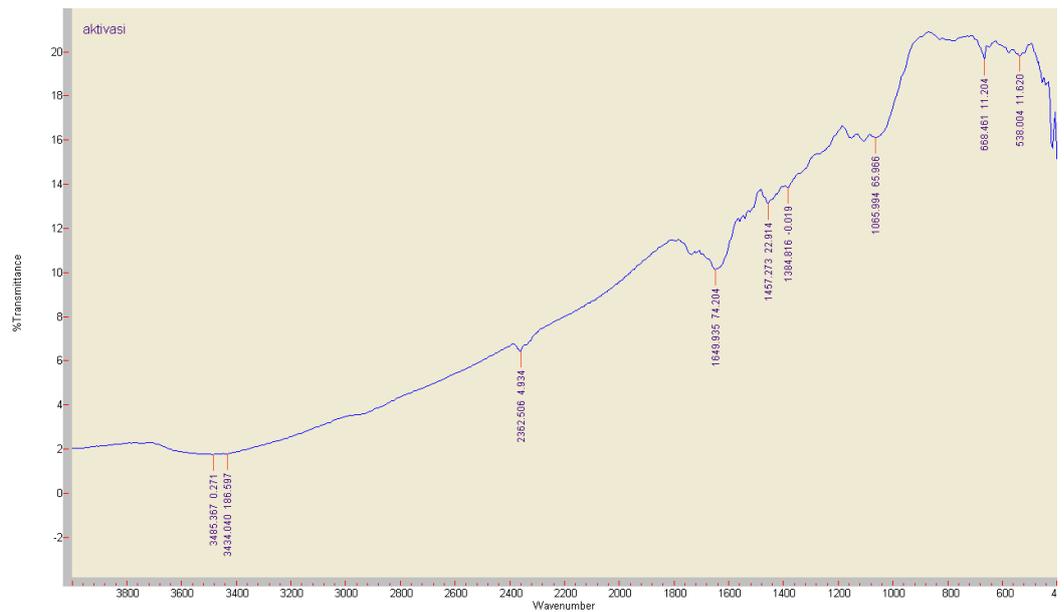


Lampiran 5 Hasil Spektra FTIR

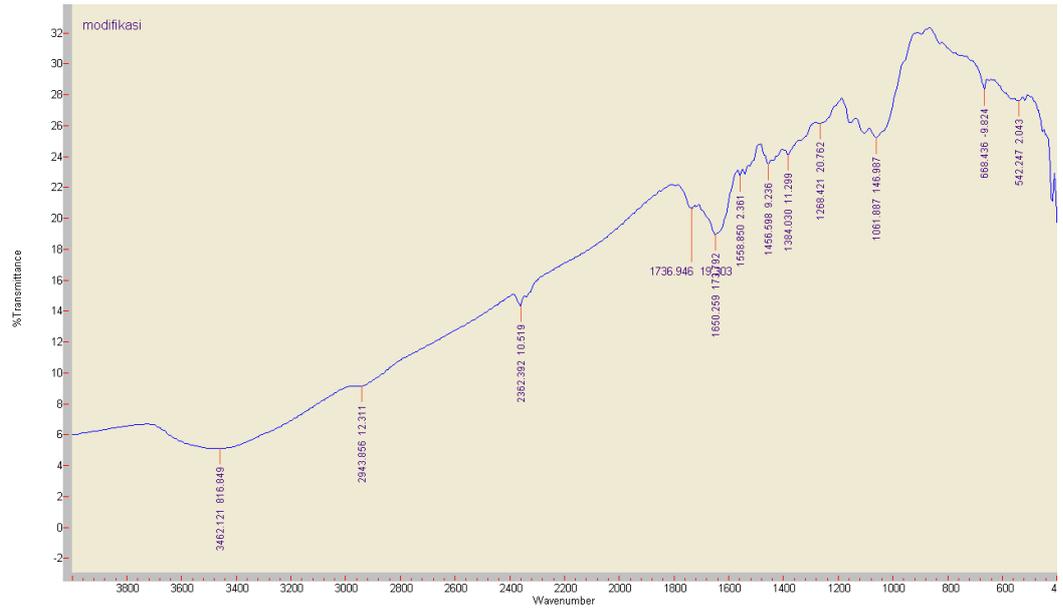
5.1 Hasil Spektra FTIR Buah Lerak Murni



5.2 Hasil Spektra FTIR Buah Lerak Setelah Aktivasi



5.3 Hasil Spektra FTIR Buah Lerak Setelah Modifikasi



5.4 Hasil Spektra FTIR Buah Lerak Setelah Pengotakan

