

TUGAS AKHIR

PENGOLAHAN AIR LINDI MENGGUNAKAN ADSORBEN LIMBAH BIJI SALAK DENGAN PARAMETER MANGAN (Mn)

**Diajukan Kepada Universitas Islam Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1)
Teknik Lingkungan**



**Disusun Oleh:
Denny Febrianto
19513173**

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

TUGAS AKHIR

PENGOLAHAN AIR LINDI MENGGUNAKAN ADSORBEN LIMBAH BIJI SALAK DENGAN PARAMETER MANGAN (Mn)

**Diajukan Kepada Universitas Islam Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1)
Teknik Lingkungan**



**Disusun Oleh:
Denny Febrianto
19513173**

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

TUGAS AKHIR


PENGOLAHAN AIR LINDI MENGGUNAKAN ADSORBEN LIMBAH BIJI SALAK DENGAN PARAMETER MANGAN (Mn)


Diajukan Kepada Universitas Islam Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1)
Teknik Lingkungan



Disusun Oleh:
Denny Febrianto
19513173

Disetujui,
Dosen Pembimbing


Dr. Hijrah Purnama Putra, S.T., M.Eng.
Tanggal: 23/11/2023


Puji Lestari, S.Si., M.Sc., Ph.D.
Tanggal: 23/11/2023


Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII

Any Juliani, S.T., M.Sc. (Res.Eng.), Ph.D.
Tanggal: 27/11/2023

HALAMAN PENGESAHAN

**PENGOLAHAN AIR LINDI MENGGUNAKAN
ADSORBEN LIMBAH BIJI SALAK DENGAN
PARAMETER MANGAN (Mn)**

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari:

Tanggal:

Disusun Oleh:

Denny Febrianto

19513173

Tim Penguji:

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

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

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

(*[Signature]*)
(*[Signature]*)
(*[Signature]*)


PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan:

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

Yogyakarta, 11 Agustus 2023

Yang membuat pernyataan



Denny Febrianto
NIM: 19513173

PENGANTAR

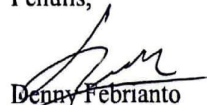
Puji dan syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya kepada kita semua, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“Pengolahan Air Lindi Menggunakan Adsorben Limbah Biji Salak Dengan Parameter Mangan (Mn)”**, sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Sarjana (S1) Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Penulis juga sadar bahwa Tugas Akhir ini tidak mungkin dapat terselesaikan dengan baik tanpa adanya dukungan dan bimbingan dari berbagai pihak selama penyusunan Tugas Akhir ini. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada yang terhormat:

1. Bapak Dr. Hijrah Purnama Putra, S.T.,M.Eng. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan bimbingan, arahan, saran, dan kritik kepada penulis sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.
2. Ibu Puji Lestari, S.Si., M.Sc., Ph.D. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan saran terhadap penelitian laboratorium kepada penulis sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.
3. Bapak Eko Siswoyo S.T.,M.Sc.Es.,Ph.D. selaku penguji yang telah memberikan saran dan kritik dalam Laporan Tugas Akhir.
4. Kedua orang tua, keluarga, teman-teman yang telah memberikan doa, semangat, dan motivasi untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Penulisan Tugas Akhir ini semoga dapat perbaiki lebih baik lagi, diharapkan saran dan kritik dapat menyempurnakan penulisan tugas akhir ini serta dapat memberikan manfaat untuk semua orang.

Yogyakarta, 11 Agustus 2023

Penulis,



Denny Febrianto

ABSTRACT

Leachate water is one of the factors of pollution and has a very complex heavy metal content and has a negative impact on the environment. The research conducted aims to identify the ability of salak seed waste in adsorbing heavy metals Manganese (Mn) with activation time, contact time, and pH in adsorbing heavy metals Manganese (Mn) in leachate water. This adsorption research method uses salak seed waste adsorbent before activation and after activation using 2% NaOH with an activation time of 48 hours with contact times of 5, 10, 15, 20, 30, 60, 120, and 180 minutes used for adsorption of leachate water and destruction for data analysis. The functional groups of the salak seed adsorbent before and after activation were analyzed by Fourier Transform Infra Red (FTIR), and the surface morphological structure of the salak seed adsorbent could be identified by Scanning Electron Microscope (SEM). The concentration of Mn in leachate water before and after adsorption was measured by Atomic Adsorption Spectrophotometry (AAS). In this study, it was found that the non-activated adsorbent was able to reduce the Mn concentration in leachate water by 84.08% (mass: 2 grams; volume: 50 mL, time: 60 minutes), while the activated adsorbent was able to reduce the Mn concentration by 90.11% under the same conditions. The pH value of the solution after the adsorption process decreased, indicating the release of H⁺ ions during the adsorption process. Non-activated salak seed adsorbent and activation with 2% NaOH were able to effectively reduce the Mn content in leachate water.

Keywords: Adsorbent, Adsorption, Leachate, Manganese (Mn), Snakefruit seed.

ABSTRAK

Air lindi merupakan salah satu faktor pencemaran dan memiliki kandungan logam berat yang sangat kompleks dan berdampak buruk pada lingkungan. Penelitian yang dilakukan mempunyai tujuan untuk mengidentifikasi kemampuan limbah biji salak dalam mengadsorpsi logam berat Mangan (Mn) dengan waktu aktivasi, waktu kontak, dan pH dalam mengadsorpsi logam berat Mangan (Mn) pada air lindi. Metode penelitian adsorpsi ini menggunakan adsorben limbah biji salak sebelum aktivasi dan setelah diaktivasi menggunakan NaOH 2% dengan waktu aktivasi 48 jam dengan waktu kontak 5, 10, 15, 20, 30, 60, 120, dan 180 menit digunakan untuk adsorpsi air lindi dan dilakukan destruksi untuk dilakukn analisis data. Gugus fungsi adsorben biji salak sebelum dan setelah aktivasi dianalisis dengan *Fourier Transform Infra Red* (FTIR), dan struktur morfologi permukaan adsorben biji salak dapat diidentifikasi dengan *Scanning Electron Microscope* (SEM). Konsentrasi Mn dalam air lindi sebelum dan setelah adsorpsi diukur dengan *Atomic Adsorption Spectrofotometry* (AAS). Pada penelitian ini didapatkan bahwa adsorben non aktivasi mampu menurunkan konsentrasi Mn di dalam air lindi sebanyak 84,08% (massa: 2 gram; volume: 50 mL, waktu: 60 menit), sedangkan adsorben yang telah diaktivasi mampu menurunkan konsentrasi Mn sebesar 90,11% pada kondisi yang sama. Nilai pH larutan setelah proses adsorpsi mengalami penurunan, hal ini menandakan adanya pelepasan ion H⁺ selama proses adsorpsi. Adsorben biji salak non-aktivasi dan aktivasi dengan NaOH 2% mampu menurunkan kandungan Mn dalam air lindi secara efektif.

Kata Kunci: Adsorben, Adsorpsi, Biji Salak, Lindi, Mangan (Mn)

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN	iv
PENGANTAR	v
ABSTRACT	vi
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR NOTASI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	2
1.5 Ruang Lingkup	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 TPA (Tempat Pemrosesan Akhir)	4
2.2 Timbulan Sampah	5
2.3 Air Lindi (<i>Leachate</i>).....	5
2.4 Mangan (Mn).....	6
2.5 Salak	7
2.6 Adsorben Biji Salak	8
2.7 Zat Aktivator	9
2.8 Adsorpsi	11
2.8.1 Jenis Adsorpsi	12
2.8.2 Faktor Mempengaruhi Adsorpsi.....	14
2.9 Kinetika Adsorpsi.....	15
2.10 <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM).....	16

2.11 <i>Fourier Transform Infra Red</i> (FTIR)	17
2.12 <i>Atomic Adsorption Spectrofotometry</i> (AAS).....	17
BAB III METODE PENELITIAN	18
3.1 Waktu dan Lokasi.....	18
3.2 Alat dan Bahan	18
3.3 Prosedur dan Analisis Data	18
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS DATA.....	23
4.1 Analisis Scanning Electron Microscope (SEM).....	23
4.2 Analisis Fourier Transform Infra Red (FTIR).....	25
4.3 Analisis Atomic Adsorption Spectrofotometry (AAS)	28
4.4 Analisis Kinetika Adsorpsi.....	30
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	34
5.1 Kesimpulan.....	34
5.2 Saran.....	34
DAFTAR PUSTAKA.....	36
LAMPIRAN.....	41
RIWAYAT HIDUP	49

DAFTAR NOTASI

Q	= Kapasitas adsorpsi (mg/g)
Co	= Konsentrasi awal (mg/l)
Ce	= Konsentrasi akhir (mg/l)
V	= Volume sampel (l)
W	= Berat adsorben (gram)
x	= Jumlah zat yang teradsorpsi (gram)
m	= Berat adsorben (gram)
C	= Konsentrasi zat setelah adsorpsi (mg/l)
k	= Konstanta diperoleh dari penelitian (l/mg)
b	= Konstanta (l/mg)

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi Ilmiah Salak (<i>Salacca zalacca</i>)	8
Tabel 2.2 Penelitian Adsorben Biji Salak Dari Berbagai Sumber	9
Tabel 2.3 Penelitian Adsorben Secara Umum Dari Berbagai Sumber	10
Tabel 2.4 Perrbedaan Adsorben Kimia dan Adsorben Fisika.....	13
Tabel 3.1 Waktu Aktivasi dan Waktu Kontak Adsorben	23
Tabel 4.1 Hasil FTIR Bilangan dan Gugus Fungsi.....	28
Tabel 4.2 Hasil data Penelitian <i>Atomic Adsorption Spectrofotometry</i> (AAS)	28

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pohon Salak.....	7
Gambar 2.2 Adsorben Limbah Biji Salak.....	8
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	22
Gambar 4.1 Serbuk Biji Salak Non Aktivasi.....	23
Gambar 4.2 Serbuk Biji Salak Aktivasi.....	24
Gambar 4.3 Spektrum FTIR Serbuk Biji Salak Non Aktivasi.....	25
Gambar 4.4 Spektrum FTIR Serbuk Biji Salak Aktivasi.....	26
Gambar 4.5 Spektrum FTIR Serbuk Biji Salak Aktivasi (5 Menit)	26
Gambar 4.6 Spektrum FTIR Serbuk Biji Salak Aktivasi (60 Menit)	27
Gambar 4.7 Grafik Adsorpsi Dengan Adsorben Biji Salak.....	29
Gambar 4.8 Grafik Kinetika Adsorpsi Orde Satu (Non Aktivasi).....	31
Gambar 4.9 Grafik Kinetika Adsorpsi Orde Dua (Non Aktivasi)	31
Gambar 4.10 Grafik Kinetika Adsorpsi Orde Satu (Aktivasi)	31
Gambar 4.11 Grafik Kinetika Adsorpsi Orde Dua (Aktivasi)	32

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1** : Diskusi dan perizinan pengambilan sampel air lindi di Kantor Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Pacitan.
- Lampiran 2** : Pengambilan sampel air lindi di TPA Dadapan Pacitan.
- Lampiran 3** : Pengumpulan bahan limbah biji salak.
- Lampiran 4** : Pencacahan biji salak.
- Lampiran 5** : Proses pengeringan biji salak menggunakan oven.
- Lampiran 6** : Proses aktivasi adsorben biji salak dengan NaOH 2% dengan waktu aktivasi 48 jam.
- Lampiran 7** : Adsorben biji salak non aktivasi dan aktivasi.
- Lampiran 8** : Pengujian adsorben biji salak terhadap air lindi.
- Lampiran 9** : Proses destruksi sampel uji.
- Lampiran 10** : Hasil destruksi sampel uji non aktivasi dan aktivasi yang dihomogenkan.
- Lampiran 11** : Hasil uji *Atomic Adsorption Spectrofotometry* parameter Mangan (Mn).
- Lampiran 12** : Hasil uji *Fourier Transform Infra Red* adsorben biji salak.
- Lampiran 13** : Hasil Data Kinetika Adsorpsi Aktivasi dan Non Aktivasi.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sampah menjadi salah satu faktor penyebab masalah yang cukup serius yang dapat menimbulkan pencemaran lingkungan dan timbulan sampah yang dihasilkan mengandung bahan pencemar meliputi kandungan organik dan anorganik yang dapat terjadi proses dekomposisi secara alami. Timbulan sampah tersebut akan menghasilkan air limbah yang sering disebut dengan air lindi (Rahmi dan Edison, 2019). Air lindi merupakan suatu cairan yang dihasilkan dari proses timbunan sampah yang memiliki jangka waktu lama yang menyebabkan bau yang cukup menyengat dan mengandung bahan berbahaya dan beracun (B3). Apabila tidak dilakukan pengolahan secara khusus hal tersebut dapat menimbulkan pencemaran yang serius (Yatim, 2013).

Air lindi dihasilkan dari cairan yang meresap melalui timbulan sampah yang menumpuk yang terdapat kandungan kimia yang mulai terlarut dan tersuspensi yang dapat melalui *landfill*. Dampak yang ditimbulkan dari air lindi tersebut dapat merusak lingkungan karena air lindi mengandung banyak kandungan logam berat mencakup Cd, Hg, Ag, Cu, Ni, Pb, Sn, Zn, Cr, dan Mn (Syaripuddin, 2018). Logam berat Mangan (Mn) kandungan yang tinggi dan dapat terjadi apabila air yang melewati proses infiltrasi ke dalam timbulan sampah, mencakup dari air permukaan, air hujan, dan air tanah. Mangan juga merupakan logam berat yang bersifat beracun yang dapat terakumulasi dalam tahapan biologis. Mangan (Mn) terdapat pada lingkungan mencakup padatan dalam tanah, partikel dalam air, dan partikel debu di udara sekitar. Mangan (Mn) mengalami peningkatan konsentrasi yang dihasilkan dari timbulan sampah yang menghasilkan air lindi yang menyebabkan faktor pencemar lingkungan (Dimas dkk, 2017). Pencemaran yang ditimbulkan oleh air lindi tersebut dapat meresap kedalam tanah dapat tercampur dengan air tanah dan sebagian besar TPA (Tempat Pemrosesan Akhir) di Indonesia belum dapat mengolah *outlet* air lindi yang sesuai dengan baku mutu yang berlaku. Pada dasarnya air lindi merupakan

air limbah yang sulit untuk tahapan pengolahannya. Komposisi air lindi pada setiap TPA menghasilkan molekul organik. Pencemaran air permukaan dan air tanah yang berada disekitar timbulan sampah 2.000- 30.000 mg/L (Rezagama dkk, 2016). Adapun penelitian adsorben serbuk biji salak yang dilakukan oleh Aji dan Kurniawan (2012) dalam analisis adsorpsi yang didapatkan ukuran optimum adsorben biji salak berbanding terbalik dengan jumlah yang teradsorpsi. Semakin kecil ukuran adsorben, semakin besar luas permukaan untuk adsorpsi. Ukuran optimum serbuk biji salak 125 μm dengan presentase adsorpsi sebesar 45,2%. Kondisi optimum adsorpsi diperoleh pada waktu kontak 60 menit dengan ukuran partikel 125 μm , dan konsentrasi ion logam 100 mg/L. Kapasitas penyerapan optimum serbuk biji salak adalah 0,59 mg/g. Laju alir optimum adsorpsi dengan adsorben serbuk biji salak sebesar 1 mL/menit dengan presentase teradsorpsi sebesar 49,5%. Semakin lambat laju alir, semakin besar tingkat adsorpsi.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini:

- a) Apakah limbah biji salak dapat digunakan untuk mengadsorben logam berat Mangan (Mn)?
- b) Bagaimana pengaruh waktu aktivasi, konsentrasi adsorbat, waktu kontak, dan pH untuk mengadsorpsi logam berat Mangan (Mn) pada air lindi menggunakan limbah biji salak?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini:

- a) Mengidentifikasi kemampuan limbah biji salak dalam mengadsorpsi logam berat Mangan (Mn).
- b) Mengidentifikasi waktu aktivasi, konsentrasi adsorbat, waktu kontak, dan pH dalam mengadsorpsi logam berat Mangan (Mn) pada air lindi menggunakan limbah biji salak.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini:

- a) Memberikan data dan informasi terhadap kemampuan penurunan kadar logam berat Mangan (Mn) pada air Lindi dengan adsorben limbah biji salak.
- b) Memberikan suatu inovasi adsorben limbah biji salak dalam menurunkan kadar logam berat Mangan (Mn) pada air lindi.

1.5 Ruang Lingkup

Adapun ruang lingkup penelitian ini:

- a) Pengambilan sampel air limbah yang digunakan adalah air lindi TPA Dadapan, Kabupaten Pacitan dan penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia dalam preparasi penelitian.
- b) Media adsorben yang digunakan adalah limbah biji salak yang dijadikan serbuk.
- c) Zat kimia yang digunakan untuk pembuatan media adsorpsi adalah NaOH dengan konsentrasi 2%.
- d) Waktu sampling (adsorpsi) yaitu 5, 10, 15, 20, 30, 60, 120, dan 180 menit
- e) Parameter utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah waktu aktivasi adsorben, konsentrasi adsorbat, waktu kontak, dan pH .

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 TPA (Tempat Pemrosesan Akhir)

TPA (Tempat Pemrosesan Akhir) berdasarkan Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 merupakan tempat dimana sampah mencapai tahap terakhir dalam pengelolaannya, sampah diisolasi secara aman agar tidak menimbulkan gangguan terhadap lingkungan sekitarnya. Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia nomor 3 tahun 2013, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pembuangan sampah di TPA. TPA juga merupakan suatu tempat akhir sampah yang telah mengalami pengolahan yang selanjutnya dikembalikan menuju ke lingkungan secara aman dan pada dasarnya sampah yang telah mengalami pemrosesan akan dikembalikan ke alam (Manurung dan Santoso, 2019). Paradigma TPA yang sering dikatakan bau dan kotor dalam tahap pengelolaannya yang bertumpu pada pembuangan akhir, pada akhirnya harus segera diganti/diubah dengan pola hidup lingkungan masyarakat.

Operasional TPA apabila mengacu pada Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 dapat dilakukan dengan metode *sanitary landfill* yang sudah dilakukan sejak dulu, akan tetapi pada praktek di lapangan sampai sekarang ini di sebagian daerah masih menggunakan *controlled landfill*, dan sebagian besar di daerah juga masih menerapkan *open dumping* dikarenakan faktor biaya yang menjadi salah satu faktor utama dalam pengelolaan sampah menggunakan metode *sanitary landfill* dan juga sebagian daerah mempunyai hambatan mencakup keterbatasan lahan untuk tempat pemrosesan akhir, hal tersebut mengakibatkan sistem pengelolaan sampah di TPA dilakukan secara regional (Agung dkk., 2021). Pengolahan sampah di TPA juga melibatkan dari aspek pemerintah dan masyarakat yang secara spesifik merupakan suatu bagian yang tidak dapat terpisahkan untuk mengatasi permasalahan sampah yang semakin menumpuk yang belum dapat diatasi secara keseluruhan, hal tersebut dapat berdampak pada limbah yang dihasilkan oleh penumpukan sampah yang dapat berupa air lindi (Aziz dan Gumilang, 2018)

2.2 Timbulan Sampah

Timbulan sampah merupakan jumlah sampah yang sudah diproduksi yang berasal dari berbagai jenis sampah dari berbagai tempat yang memiliki satuan waktu. Jumlah sampah yang diproduksi pada setiap masyarakat yang telah dinyatakan volume per hari. Sampah merupakan salah satu permasalahan yang menjadi timbulan yang semakin banyak di suatu daerah. Semakin meningkat jumlah penduduk dan beranekaragam aktivitasnya, maka semakin meningkat timbulan sampah yang dihasilkan, hal tersebut menyebabkan peningkatan biaya yang cukup besar dan pemenuhan lahan untuk penanganan timbulan sampah (Maulana dkk., 2014). Timbulan sampah dapat didefinisikan sebagai jumlah sampah yang dihasilkan dalam berbagai aktivitas memiliki kurun waktu tertentu, dengan banyaknya sampah yang dihasilkan dikonversi dalam satuan berat (kilogram) atau satuan dalam volume. Perkiraan timbulan sampah yang dihasilkan dalam volume (Christiawan dan Citra, 2016). Perkiraan timbulan sampah yang dihasilkan merupakan suatu dasar untuk merencanakan, merancang, dan melakukan kajian dengan sistem pengelolaan sampah yang tepat dan satuan timbulan sampah ini dikonversikan dalam satuan skala dengan kuantitas mencakup satuan berat yaitu kg/org/hari, kemudian satuan volume yaitu l/org/hari. Timbulan sampah juga dapat diukur secara kuantitatif dari timbulan sampah yang dihasilkan, dengan kata lain timbulan sampah juga dipengaruhi oleh tingkat pendapatan dan konsumtif masyarakat yang merupakan faktor peningkatan timbulan sampah (Damanhuri dan Padmi, 2010).

2.3 Air Lindi (*Leachate*)

Air lindi (*Leachate*) merupakan limbah atau cairan yang mengandung unsur yang dapat terlarut dan mengalami suspensi. Air lindi dihasilkan dari tumpukan sampah yang mencakup sampah domestik umumnya mempunyai berbagai karakteristik yang mengandung bahan organik yang tinggi dan juga mengandung logam berat. Timbulan sampah yang mengandung zat organik, apabila hujan turun akan menghasilkan air lindi dengan kandungan mineral dan zat organik yang semakin tinggi. Kondisi aliran air lindi tersebut dapat

menyebabkan dampak buruk bagi manusia dan lingkungan sekitar (Ali, 2011). Air lindi (*Leachate*) didapatkan dari dasar *landfill* yang aliran lindi bergerak melalui lapisan bawah dan air lindi sangat bermacam-macam tergantung dari setiap proses pengelolaan sampah di *landfill* yang mencakup proses secara fisika, kimia, dan biologi.

Air lindi dapat dikategorikan senyawa yang sulit untuk didegradasi dikarenakan mengandung bahan yang mempunyai sifat polimer dan memiliki nilai rasio BOD atau COD sangat rendah sekitar <0,4. Nilai rasio tersebut menunjukkan bahwa bahan yang mengandung zat organik pada air lindi sulit dilakukan proses degradasi secara biologi. Air lindi yang dihasilkan dari timbunan sampah yang menumpuk pada dasarnya dapat diketahui dengan adanya kandungan asam lemak volatile dan BOD/COD yang tinggi, tetapi air lindi dari timbunan sampah yang mempunyai waktu yang cukup lama mempunyai kandungan BOD, COD, dan konsentrasi pencemar yang lebih rendah dikarenakan biodegradasi yang berlangsung pada proses tersebut lebih cepat yang dapat diketahui dengan peningkatan produksi asam dan penurunan pH yang terdapat pada air lindi yang menimbulkan kemampuan dalam proses pelarutan bahan pada timbunan sampah menjadi lebih tinggi (Adzillah, 2019).

2.4 Mangan (Mn)

Logam berat Mangan (Mn) merupakan golongan logam VIIB yang memiliki warna abu keperakan dan logam ini dimanfaatkan dalam campuran baja, industri, dan pertanian. Kandungan logam berat Mangan (Mn) memiliki bentuk yang cukup kompleks dengan bikarbonat, mineral, dan zat organik. Unsur logam berat Mangan (Mn) mencakup valensi bektuk organik yang kompleks yaitu MnO_2 , Mn^{2+} , dan Mn^{3+} (Awlihasanah dkk, 2021). Mangan (Mn) merupakan salah satu logam berat yang memiliki sifat yang esensial dan bersifat korosi apabila melebihi baku mutu. Mangan (Mn) mencakup bentuk *manganous* (Mn^{2+}) dan manganik (Mn^{4+}) yang memiliki bentuk senyawa mangan dioksida dan pada kondisi anaerob yang diakibatkan dari proses dekomposisi bahan organik dengan konsentrasi yang cukup tinggi. Pada pH yang memiliki nilai yang tinggi dan kondisi aerob

terbentuk Mangan (Mn) yang tidak dapat larut yaitu MnO_2 , Mn_3O_4 , dan $MnCO_3$ dengan proses oksidasi Mn^{2+} secara lambat. Kandungan senyawa logam berat Mangan (Mn) pada dasarnya merupakan padatan dalam tanah dan mempunyai ukuran partikel yang kecil dan kandungan logam berat Mangan (Mn) ini dapat menyebabkan gangguan kesehatan paru-paru, hati, pembuluh darah, penurunan tekanan darah, dan kerusakan pada saraf otak (Febrina dan Ayuna, 2014).

2.5 Salak

Salak merupakan salah satu jenis tanaman yang tumbuh di Indonesia, Filipina, Malaysia, dan Thailand. Tanaman salak ini mulai mengalami perkembangan sesuai dengan spesifikasi dari aspek lokasi dan salak tersusun atas 3 bagian utama mencakup kulit, daging, buah, dan biji (Ariviani dan Parnanto, 2013). Kulit salak tersusun dari bentuk seperti sisik dan kemudian kulit ari yang telah menyelimuti daging buah berwarna putih tipis transparan, sisik kulit salak memiliki warna coklat gelap kemerahan. Salak banyak tumbuh khususnya di daerah pulau Jawa dan memiliki bentuk buah segi tiga, juga daging buah memiliki tiga septa yang berwarna putih kekuningan. Ketebalan daging buah berukuran 0,8 - 1,5 cm dan memiliki tekstur yang cukup keras. Salak pada setiap buahnya memiliki biji 1 - 3 buah, kemudian jumlah pertandan 10 - 30 buah, ukuran buah salak sekitar 2,5 - 7,5 cm dengan berat 30 -100 gram per buah. Dapat dilihat gambar dan tabel 2.1 dibawah ini.



Gambar 2.1 Pohon Salak

Tabel 2.1 Klasifikasi Ilmiah Salak (*Salacca zalacca*)

Kingdom	<i>Plantae</i>
Divisi	<i>Spermatophyta</i>
Ordo	<i>Principes</i>
Famili	<i>Palmae</i>
Genus	<i>Salacca</i>
Spesies	<i>Salacca zalacca</i>

Sumber: Darwati, 2019

2.6 Adsorben Limbah Biji Salak

Adsorben Limbah biji salak merupakan zat padat yang dimanfaatkan untuk menyerap partikel air limbah dalam proses adsorpsi. Adsorben ini memiliki sifat yang cukup spesifik dan memiliki bahan yang berpori (Widhianingrum dkk, 2016). Adsorben limbah biji salak ini disesuaikan dengan sifat dan juga kondisi zat yang akan dilakukan proses adsorpsi. Proses pemisahan pada adsorben ini berdasarkan perbandingan serta setiap molekul dan atau perbedaan polaritas yang berdampak pada sebagian molekul zat yang dapat melekat pada bagian permukaan adsorben yang lebih dibandingkan dengan molekul yang lainnya (Pongenda dkk, 2015). Dapat dilihat gambar 2.2 adsorben limbah biji salak dibawah ini.



Gambar 2.2 Adsorben Limbah Biji Salak

Adapun mekanisme penyerapan adsorben terhadap zat terlarut:

- a) Pemindahan setiap molekul pada zat terlarut yang teradsorpsi pada lapisan yang mengelilingi adsorben.
- b) Penyebaran zat pelarut yang telah diadsorpsi melalui lapisan yang mengelilingi adsorben.
- c) Penyebaran zat terlarut teradsorpsi melalui kapiler atau pori-pori dalam adsorben.
- d) Adsorpsi pada zat terlarut pada dinding pori atau permukaan adsorben

2.7 Zat Aktivator

Zat aktivator merupakan salah satu senyawa kimia yang dimanfaatkan untuk *reagen* aktif dan juga untuk mengaktifkan setiap atom pada adsorben yang daya serapnya menjadi lebih baik lagi. Memiliki kemampuan untuk mengikat zat cair yang menimbulkan air yang terikat dengan kuat pada setiap pori yang tidak hilang ketika adsorben lepas dari permukaan (Pujiasih dkk, 2019). Zat aktivator yang Bahan kimia yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengaktif adsorben yaitu CaCl_2 , $\text{Ca}(\text{OH})_2$, MgCl_2 , HNO_3 , HCL , dan NaOH . Dapat dilihat tabel 2.2 dan tabel 2.3 terkait penelitian adsorben biji salak dibawah ini.

Tabel 2.2 Penelitian Adsorben Biji Salak Dari Berbagai Sumber

No	Peneliti (Tahun)	Jenis Air	Parameter	Hasil	Pretreatment	
					Adsorben	Air
1	Widhianingrum dkk, 2016	Limbah Industri	Cd (Cadmium)	79,44%	HNO_3 1 N	-
2	Al Qory dkk, 2021	Minyak Jelantah	H_2SO_4 (Asam Sulfat)	86,79%	NaOH 0,1 N	
3	Pujiasih dkk, 2019	Air Gambut	Fe (Ferrum)	95,82%	KOH 25%	Filtrasi
4	Fadlia dan Anam, 2019	Minyak Jelantah	H_2O_2 (Peroksida)	76,04%	NaOH 0,05 N	-
5	Girsang dkk, 2015	Minyak Goreng Bekas	MDA dan LDL	44,5%	-	-

Tabel 2.3 Penelitian Adsorben Secara Umum Dari Berbagai Sumber

No	Peneliti (Tahun)	Jenis Adsorben	Jenis Air	Parameter	Hasil	Pretreatment	
						Adsorben	Air
1	Widayatno dkk, 2017	Arang Bambu Aktif	Limbah Cair Industri	Pb (Timbal)	k = 0.0013 05	HNO ₃ 10 ml	-
2	Munawaroh dan Widyastuti, 2019	Cangkang Kerang Darah	Air Limbah	Fe (Ferrum)	99,79 %	CaCO ₃	
3	Herlenasari dkk, 2017	Koran Bekas	Air limbah Industri	Fe (Ferrum) dan Cu (Tembaga)	Fe = 99,60 % dan Cu = 97,18 %	NaOH 10%	-
4	Sahendra dkk, 2021	Kotoran Sapi dan Ampas Tebu	Limbah Cair Pabrik Gula	COD, TSS, BOD, dan pH	COD = 95,65 % (12 mg/L), TSS = 96,428 % (26,67 0 mg/L), BOD =36% (18,10 mg/L), pH = 6	H ₂ SO ₄ 2 N	-
5	Anggriawan dkk, 2019	Kulit Jagung	Air Limbah	Cu (Tembaga)	80%	H ₂ O ₂ dan NaOH 12 ml konsentrasi 2 mg/L	-
6	Wardalia, 2017	Limbah Sekam Padi	Air Limbah	Pb (Timbal)	92,7%	250 mL NaOH 0,1 N	-
7	Maharani dan Sa'diyah, 2021	Serbuk Gergaji Kayu	Air Limbah Industri	Ni (Nikel)	96,98 %	NaOH 1 N	-
8	Haura dkk, 2017	Kulit Manggis	Limbah Cair	Pb (Timbal) dan Cu	Pb = 36,98	NaOH 10%	-

			Industri	(Tembaga)	mg/g dan Cu = 36,12 mg/g		
9	Alifaturrahma dan Hendriyanto, 2018	Kulit Pisang Kepok	Air Limbah	Cu (Tembaga)	81,78 %	HCL 1 N	-
10	Bath dkk, 2012	Tanah Bentonit	Air Limbah	Cu (Tembaga)	99,16 %	HCL 1 M	-
11	Rahadiani, 2016	Tempurung Kelapa	Air Lindi	COD, BOD, Fe, dan Zn	COD = 63,96 %, BOD = 44,89 %, Fe = 83,33 %, dan Zn = 83,33 %	H ₃ PO ₄ 4 M	-
12	Handayani, 2010	Selulosa Daun Nanas	Air Limbah	Cd (Cadmium)	0,7123 mg/g		

2.8 Adsorpsi

Adsorpsi merupakan proses pemisahan berdasarkan perbedaan afinitas atau difusivitas suatu senyawa terhadap suatu padatan, pada dasarnya merupakan padatan berpori. Adsorpsi pada suatu padatan terbentuk karena adanya daya tarik menarik dari setiap komponen atom pada setiap penyusunnya. Interior padatan, gaya tarik diantara atom penyusun *lattice* seimbang, akan tetapi permukaan padatan kurang seimbang yang dapat menimbulkan partikel yang mendekati permukaan padatan akan tertarik sebagai akibat adanya kurang keseimbangan gaya pada permukaan padatan. Proses penyerapan gas yang dapat masuk dalam dalam cairan (Astuti, 2018). Mekanisme adsorpsi pada dasarnya terjadi gaya yang mencakup padatan yang menarik molekul antara unsur lain yang saling bergesekan dengan permukaan padatan meliputi fase gas ataupun fase larutan pada permukaan padatan dan dampak yang ditimbulkan dari proses

tersebut menjadi lebih besar dari pada dalam fase gas zat terlarut dalam larutan tersebut dan proses adsorpsi hanya terjadi pada permukaan padatan dan belum masuk kedalam fase *bulk*. Adsorpsi dibedakan menjadi adsorpsi kimia (kemisorpsi) dan adsorpsi fisika (fisiorspsi).

2.8.1 Jenis Adsorpsi

Adapun beberapa jenis adsorpsi yang sering digunakan:

a) Adsorpsi Kimia (Kemisorpsi)

Adsorpsi kimia merupakan salah satu adsorpsi yang prosesnya terjadi karena terbentuk dari suatu ikatan kimia antar molekul adsorbat dengan adsorben. Ikatan kimia tersebut dapat membentuk lapisan monolayer. Pada dasarnya adsorpsi kimia tidak memiliki sifat *reversible* dan pada umumnya terjadi pada suhu atau temperatur tinggi adsorbat dan dalam melakukan proses adsorpsi membutuhkan energi yang cukup banyak untuk memisahkan ikatan yang terjadi antara adsorben dengan adsorbat. Adsorpsi kimia mencakup suatu ikatan kimia antara permukaan padatan dan molekul, juga karakteri ikatan kimia ini terdapat pada ionik sampai kovalen yang mengakibatkan adsorpsi yang dihasilkan cukup besar dan mendekati nilai ikatan kimia. Pada saat terjadi desorpsi membutuhkan energi yang lebih banyak untuk mendapatkan ikatan yang terjadi diantara adsorben dan adsorbat. Kekuatan aktivasi pada adsorpsi kimia memiliki nilai sekitar 10 - 60 kkal/gmol.

b) Adsorpsi Fisika (Fisiorspsi)

Adsorpsi fisika merupakan gaya tarik menarik yang relatif cukup lemah antara adsorbat dengan permukaan adsorben. Adsorbat tidak selalu mengalami keterikatan kuat pada adsorben ke bagian permukaan adsorben, kemudian pada permukaan adsorbat dapat digantikan adsorbat lainnya. Adsorpsi ini juga merupakan suatu *reversible* apabila kondisi operasinya dapat berubah dan akan terbentuk suatu kesetimbangan yang baru, proses ini juga tidak memerlukan kekuatan aktivasi dan ikatan

adsorpsi tersebut dapat dipisahkan dengan mudah dengan proses pemanasan pada suhu sekitar 150 - 200 °C dengan rentang waktu 2 - 3 jam. Adsorbat yang memiliki keterikatan yang cukup rendah pada permukaan adsorben akan mengalami perpindahan dari suatu permukaan menuju permukaan lainnya. Tahapan proses ini akan menimbulkan molekul gas yang sudah terjadi adsorpsi mengalami kondensasi. Adsorpsi fisik ini memiliki kebutuhan yang sama dengan panas yang dihasilkan kondensasi dari zat gas menjadi cair yang menyebabkan gaya yang menahan adsorpsi suatu molekul yang berbentuk fluida membutuhkan energi yang sedikit. Dapat dilihat tabel 2.4 perbedaan adsorben kimia dan fisika dibawah ini.

Tabel 2.4 Perbedaan Adsorben Kimia dan Adsorben Fisika

No	Parameter	Adsorpsi Fisika	Adsorpsi Kimia
1	Adsorben	Semua jenis	Terbatas
2	Adsorbat	Semua gas	Kecuali gas mulia
3	Jenis ikatan	Fisika	Kimia
4	Panas adsorpsi	5 - 10 kkal/gmol.gas	10 -100 Kkal/gmol.gas
5	Energi aktivasi	Kurang dari 1 kkal/gmol	10 -60 kkal/gmol
6	<i>Reversibilitas</i>	<i>Reversible</i>	<i>Irreversible</i>
7	Tebal lapisan	Multilayer	Monolayer
8	Kecepatan adsorpsi	Besar	Kecil
9	Jumlah zat teradsorpsi	Sebanding dengan kenaikan tekanan	Sebanding dengan banyaknya inti aktif adsorben yang dapat bereaksi dengan adsorbat

Sumber: Darmansyah, 2015

2.8.2 Faktor Mempengaruhi Adsorpsi

Secara umum faktor yang mempengaruhi adsorpsi diantaranya (Syauqiah dkk, 2011):

a) Luas Permukaan

Semakin luas permukaan adsorben, maka semakin banyak zat yang teradsorpsi. Luas permukaan adsorben ditentukan melalui ukuran partikel dan banyaknya jumlah adsorben.

b) Konsentrasi Adsorbat

Proses adsorpsi disesuaikan dengan memisahkan bahan dengan konsentrasi dari yang rendah dengan campuran yang mengandung bahan yang lain dengan konsentrasi tinggi. Semakin tinggi konsentrasi adsorbat dalam larutan, maka akan semakin besar atau banyak jumlah substansi yang dikumpulkan pada permukaan adsorben.

c) pH

pH larutan juga mempengaruhi kelarutan didalam ion logam berat, aktivitas dari gugus fungsi pada adsorben dan ion logam dalam proses adsorpsi. pH mempunyai pengaruh dalam proses adsorpsi dan pH optimum ditetapkan pada uji laboratorium.

d) Temperatur

Adsorpsi dalam prosesnya akan berlangsung lebih cepat apabila melalui suhu tinggi dan proses pemanasan pada adsorben akan meningkatkan daya penyerapan adsorben terhadap adsorbat, tetapi apabila suhu terlalu tinggi akan menimbulkan kerusakan adsorben berdampak pada penurunan penyerapan.

e) Kecepatan Pengadukan

Penentuan kecepatan waktu kontak adsorben dan adsorbat, apabila pengadukan terlalu lambat berdampak pada proses adsorpsi

yang berlangsung akan mengalami perlambatan, akan tetapi apabila pengadukan dilakukan terlalu cepat maka akan merusak struktur dari adsorben dan proses adsorpsi tidak dapat optimal.

f) Waktu Kontak

Penentuan waktu kontak yang menghasilkan kapasitas adsorpsi dalam skala maksimum terjadi pada saat kesetimbangan. Waktu dalam mencapai proses kesetimbangan saat proses penyerapan ion logam oleh adsorben yang berkisar waktu menit sampai dengan beberapa jam.

g) Waktu Kesetimbangan

Waktu kesetimbangan mencakup dari tipe biomassa (jumlah dan jenis ruang pengikatan), ukuran dan fisiologi biomassa (aktif atau tidak aktif), ion yang ikut dalam sistem biosorpsi, dan konsentrasi ion logam.

2.9 Kinetika Adsorpsi

Kinetika adsorpsi merupakan adsorpsi yang berhubungan dengan kecepatan atau laju reaksi dan khususnya mencakup beberapa sifat yang terkandung dalam permukaan zat. Laju penyerapan pada suatu cairan atau fluida yang diterapkan melalui adsorben dalam kondisi waktu tertentu. Kinetika adsorpsi mencakup suatu zat yang dapat dianalisis dengan dilakukan pengukuran perubahan konsentrasi dengan zat yang terserap dengan menganalisis *slope*/kemiringan dan membuat plot pada grafik. Kinetika adsorpsi dapat dipengaruhi oleh kecepatan adsorpsi yang diartikan sebagai banyaknya jumlah zat yang dapat teradsorpsi dengan satuan waktu, seperti laju reaksi yang merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kecepatan dan perlambatan penyerapan adsorben. kinetika adsorpsi memiliki persamaan untuk menentukan konstanta laju dari adsorpsi yaitu *pseudo first order* dan *pseudo second order*.

- a) *Pseudo first order* merupakan analisis konsentrasi adsorbat terlebih dilakukan perbandingan jumlah sisi aktif yang tersedia pada permukaan adsorben, dengan persamaan:

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

$$\ln(q_e - q_t) = \ln q_e - k_1 t$$

Data $\ln(q_e - q_t)$ dan t dapat dibuat plot pada grafik yang akan dibuat akan mendapatkan nilai q_t dengan persamaan.

$$q_t = \frac{(c_0 - c_t)v}{m} \text{ atau } \log(q_e - q_t) = \log q_e - \frac{k_1}{2,303} \cdot t$$

- b) *Pseudo second order* merupakan kapasitas dalam daya adsorpsi secara proporsional terhadap jumlah sisi aktif dari adsorben yang digunakan, dapat dilakukan persamaan.

$$\frac{t}{q_t} = \frac{t}{\left(\frac{1}{k_2 q_e^2}\right) + \left(\frac{t}{q_e}\right)}$$

2.10 Scanning Electron Microscope (SEM)

Scanning Electron Microscope merupakan peralatan yang dimanfaatkan untuk mengkaji struktur morfologi permukaan citra pada suatu sampel dan memberikan suatu data terkait komposisi kimia. *Scanning Electron Microscope* memiliki resolusi yang tinggi 100 nm dan perbesaran maksimal untuk sampel konduktif 30.000 kali, tetapi untuk bahan organik maksimal 5.000 kali (non konduktif). Pengambilan gambar struktur mikro dapat menggunakan *detector secondary electron* yang cocok untuk dalam pengambilan struktur permukaan zat dan *back scattered electron* berfungsi sebagai kontras pada bahan sampel uji dengan analisis perbedaan fasa. Sampel uji yang dilakukan pada *Scanning Electron Microscope* berbentuk padatan kering maksimal memiliki diameter 25

mm dengan ketebalan 15 mm, juga sampel yang memiliki ukuran dimensi yang lebih besar perlu dilakukan pemotongan terlebih dahulu dan sampel dalam bentuk serbuk minimal 0,5 cc supaya dapat dianalisis.

2.11 *Fourier Transform Infra Red (FTIR)*

Fourier Transform Infra Red merupakan instrumen yang memanfaatkan prinsip spektroskopi inframerah yang sudah dilengkapi dengan berbagai transformasi yang digunakan untuk mendeteksi dan menganalisis hasil dari spektrum. Spektroskopi inframerah memiliki keutamaan untuk mengidentifikasi senyawa secara organik yang cukup kompleks dan akan dihasilkan dari penstransmisi cahaya yang akan melewati sampel uji dalam pengukuran intensitas cahaya dengan menggunakan detektor dan dibandingkan dengan setiap intensitas fungsi panjang gelombang yang dapat dilakukan plot untuk intensitas fungsi, panjang gelombang ataupun bilangan gelombang.

2.12 *Atomic Adsorption Spectrofotometry (AAS)*

Atomic Adsorption Spectrofotometry merupakan suatu metode yang menerapkan penyerapan sumber dengan energi dengan memanfaatkan sinar yang dihasilkan oleh atom netral dalam bentuk gas dan menggunakan panas. Peralatan serapan atom hanya tergantung pada perbandingan dan ini dimanfaatkan untuk menganalisis kandungan logam yang terdapat pada sampel uji yang kemudian dapat diubah menjadi aerosol dan didalamnya bagian nebulizer diubah dalam bentuk atom yang berupa garis didalam nyala. AAS ini menggunakan analisis secara kuantitatif yang memiliki berbagai unsur yang cukup luas diberbagai bidang ketikan tahapanya dilakukan secara selektif, spesifik, dan sensitivitas yang tinggi. Metode AAS memiliki tahapan adsorpsi cahaya oleh atom. Atom dapat menyerap cahaya pada panjang gelombang dengan skala tertentu dan memiliki perbandingan dan tidak bergantung pada temperatur, juga terdiri dari unit teratomisasi, sumber radiasi, dan sistem pengukur fotometerik.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi

Penelitian ini akan dilaksanakan untuk mengambil *sampling* di TPA Dadapan, yang beralamat Sawahan, Dadapan, Kecamatan Pringkuku, Pacitan, Jawa Timur. Secara geografis Kabupaten Pacitan terletak pada koordinat 110 55' - 111 25' BT dan 7 55' - 8 17' LS. Penelitian ini juga akan dilaksanakan di Laboratorium Kualitas Lingkungan Jurusan Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia.

3.2 Alat dan Bahan

Peralatan yang akan digunakan untuk *sampling* dalam penelitian ini meliputi pipet 1 mL, pipet 10 mL, balm, gelas borosilikat 500 mL, botol plastik 1 L, botol plastik 5 L, thermometer, DO meter, label, tissue/lap. Adapun peralatan untuk penelitian meliputi gelas kimia 1 L, stirer & pengaduk, *shaker*, pH meter, timbangan analitik, erlenmeyer, spatula, pipet tetes, aluminium foil, dan gelas ukur. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah biji salak yang dijadikan serbuk, NaOH konsentrasi 2%, dan akuades.

3.3 Prosedur dan Analisis Data

Adapun metode penelitian yang dilakukan diantaranya:

a) Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel ini dilakukan sesuai dengan SNI 6989:59:2008 mengenai metode pengambilan contoh air limbah dapat dilakukan dengan cara:

- Membilas botol contoh beserta tutup botol dengan contoh yang akan dilakukan analisis.
- Membuang air pembilas dan kemudian isi botol dengan sampel air limbah sampai dengan beberapa *centimeter* di bagian bawah ujung

botol supaya tersedia untuk ruang penambahan pengawet dan melakukan percampuran.

b) Preparasi dan Aktivasi Limbah Biji Salak

Limbah biji salak didapatkan dari kebun salak milik pribadi yang dikumpulkan, kemudian biji salak tersebut dikeringkan terlebih dahulu selama 2 minggu. Setelah itu dipotong dengan ukuran yang lebih kecil lagi secara manual, kemudian dioven dengan suhu 90°C selama 30 menit, kemudian dihaluskan menggunakan mortar lalu diayak dengan saringan agar mendapatkan serbuk yang maksimal, kemudian dilakukan aktivasi dengan NaOH dengan konsentrasi 2% perbandingan 2:1 atau 200 gram serbuk biji salak dan 100 gram NaOH dan waktu aktivasi dengan rentang 0 dan 24 jam, lalu dicuci dengan air bersih supaya netral. Kemudian dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 100°C, setelah kering kemudian serbuk biji salak tersebut diayak halus dan dapat digunakan sebagai adsorben. (proses awal pembuatan serbuk, pengumpulan, dan pengovenan, dan hasil akhir)

c) Pengujian *Sample*

Pengujian parameter logam berat Mangan (Mn) dengan Spektrofotometri. Spektrofotometri merupakan metode analisis kimia yang digunakan dalam mengukur konsentrasi sampel secara kuantitatif menggunakan AAS. Adapun menggunakan SEM untuk analisis struktur morfologi permukaan adsorben dan FTIR untuk mencari gugus fungsi dari adsorben biji salak.

d) Penambahan adsorben

Pemberian adsorben dilakukan dengan 2 gram kemudian dicampurkan dengan 25 mL. Larutan sampel 100 ppm dengan diatur pada pH 3 dan dimasukkan kedalam erlenmeyer 100 mL, lalu ditutup dengan ditutup dengan kertas aluminium foil dan dihomogenkan

menggunakan alat *shaker* dengan variasi waktu 5, 10, 15, 20, 30, 60, 120, dan 180 menit, kemudian didiamkan selama 24 jam. Setelah selesai kemudian dilakukan pengukuran menggunakan spektrofotometri. Waktu aktivasi dan waktu kontak terdapat pada tabel dibawah ini. Dapat dilihat pada tabel 3.1 waktu aktivasi dan waktu kontak adsorben dibawah ini.

Tabel 3.1 Waktu Aktivasi dan Waktu Kontak Adsorben

Waktu Aktivasi (Jam)	Waktu Kontak (Menit)
0	5
	10
	15
	20
	30
	60
	120
	180
48	5
	10
	15
	20
	30
	60
	120
	180

e) Destruksi Sampel Uji

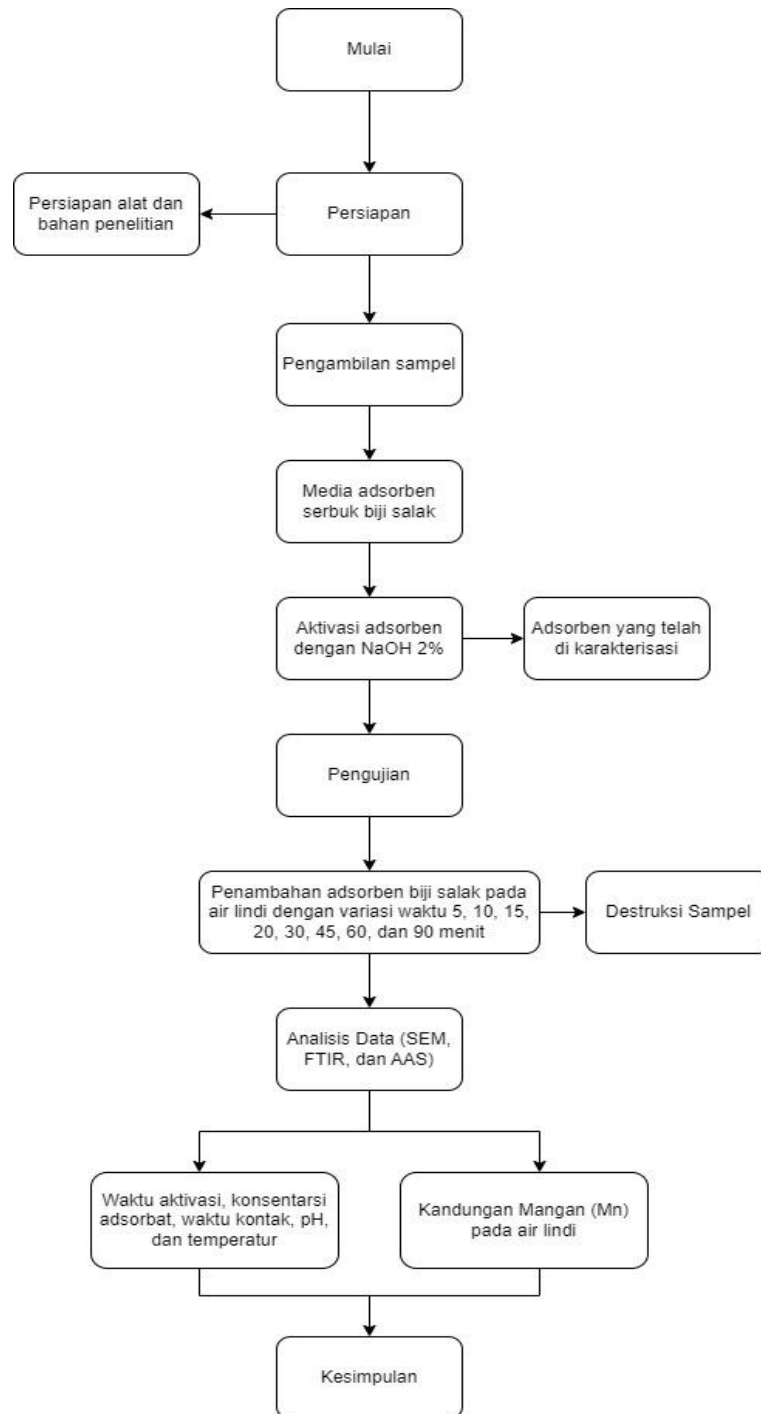
Destruksi dilakukan dengan memasukan sampel uji sebanyak 50 mL kedalam erlenmeyer 100 mL, lalu tambahkan 5 mL HNO₃ pekat kedalam erlenmyer dan tutup menggunakan corong gelas. Kemudian panaskan secara perlahan-lahan menggunakan *hot plate* sampai larutan sampel uji sampai sisa volumenya 20 mL dan apabila proses destruksi belum terlihat jernih, maka tambahkan lagi 5 mL HNO₃. Lakukan tahapan proses tersebut sampai terlihat endapan dalam sampel uji menjadi agak putih atau jernih. Sampel uji dipindahkan kedalam labu ukur 50 mL, kemudian saring menggunakan kertas *watchman* dan tambahkan akuades sampai tepat tanda tera, lalu homogenkan.

f) Analisis Data

Analisis data ini berdasarkan pengukuran dan perhitungan menggunakan SEM, FTIR, dan AAS. Pengukuran ini dilakukan terhadap sampel sebelum pemberian adsorben dan sesudah pemberian adsorben, juga dalam menentukan waktu aktivasi, konsentrasi adsorbat, waktu kontak, pH, dan temperatur dalam penurunan kadar logam berat Mangan (Mn) pada air lindi. Pengolahan data dilakukan dengan membandingkan kadar logam berat sebelum dilakukan adsorpsi dan setelah dilakukan adsorpsi, kemudian setiap sampel air lindi akan diukur nilai pH, waktu aktivasi, dan konsentrasi pada setiap sampel dan dari pengolahan tersebut digunakan untuk membandingkan efektivitas penurunan logam berat Mangan (Mn) berdasarkan pemanfaatan adsorben limbah biji salak yang telah diaktivasi.

Diagram Alir Penelitian

Adapun diagram alir penelitian yang dapat dilihat gambar 3.1 dibawah ini.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS DATA

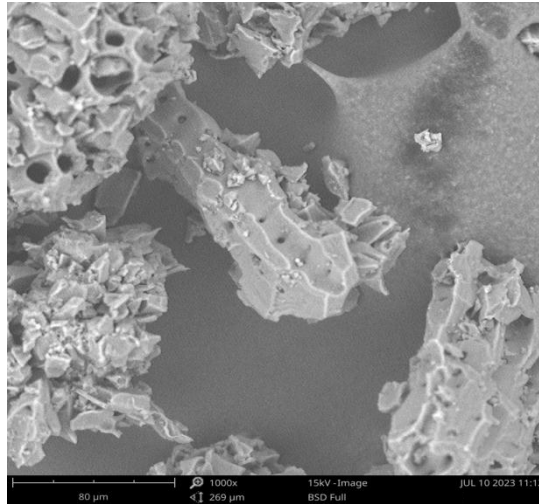
Penelitian ini dilakukan dengan memanfaatkan limbah biji salak yang digunakan untuk adsorben. Limbah biji salak dipilih sebagai adsorben karena sumber bahan baku yang cukup melimpah dan mudah didapatkan. Pada tahap awal mencakup proses pengeringan biji salak, pemotongan biji salak, pengeringan biji salak dengan oven, penghalusan biji salak, dan penyaringan serbuk biji salak. Setelah menjadi serbuk kemudian ada sebagian adsorben serbuk biji salak tidak diaktivasi dan dilakukan aktivasi dengan menggunakan larutan NaOH 2% dengan waktu aktivasi yaitu 0 dan 24 jam dengan waktu adsorpsi yaitu 5, 10, 20, 30, 60, 120, dan 280 menit. Sampel air lindi yang telah diberi adsorben sebanyak 2 gram dan diduplo dengan adsorben sebanyak 4 gram, dan dilakukan pengukuran pH sebelum dan sesudah pemberian adsorben, selanjutnya dilakukan penyaringan dengan kertas saring *whactman* untuk memisahkan ampas serbuk biji salak dan sampel uji.

Sampel uji dan ampas biji salak yang sudah dilakukan penyaringan, kemudian dilakukan analisis menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM), *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) dan *Atomic Adsorption Spectrofotometry* (AAS). Khusus untuk proses AAS, perlu adanya proses destruksi menggunakan KNO_3 sebelum di analisis. Destruksi adalah proses untuk melarutkan sampel uji dalam bentuk materi dan diukur kandungan unsur didalamnya supaya dapat dianalisis. Kemudian untuk mencari karakterisasi dan gugus fungsi kimia adsorben biji salak yaitu menggunakan SEM dan FTIR dengan ampas serbuk biji salak aktivasi.

4.1 Analisis *Scanning Electron Microscope* (SEM)

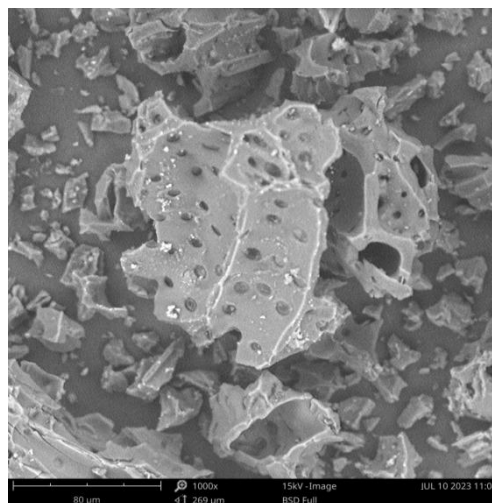
Karakterisasi adsorben serbuk biji salak menggunakan instrumen alat *Scanning Electron Microscope* (SEM) untuk mengetahui struktur dari morfologi pori-pori dan luas permukaan dari adsorben biji salak sebelum dan setelah

diaktivasi. Adapun hasil dari uji karakterisasi perbesaran 1000 kali. Dapat dilihat pada gambar 4.1 yang non aktivasi dibawah ini.



Gambar 4.1 Serbuk Biji Salak Non Aktivasi

Berdasarkan gambar diatas dapat diketahui luas permukaan pada serbuk biji salak non aktivasi masih terlihat tertutup dan hanya sedikit berongga, juga terlihat masih terdapat zat pengotor yang menyebabkan pori-pori dari serbuk biji salak masih tersumbat dan menyempit, menyebabkan kemampuan untuk adsorpsi dan daya menyerap cukup sedikit. Dapat dilihat pada gambar 4.2 untuk yang aktivasi dibawah ini.

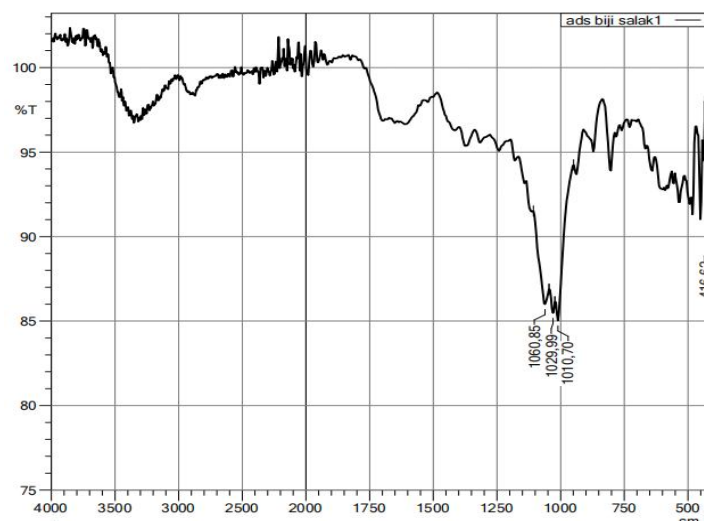


Gambar 4.2 Serbuk Biji Salak Aktivasi

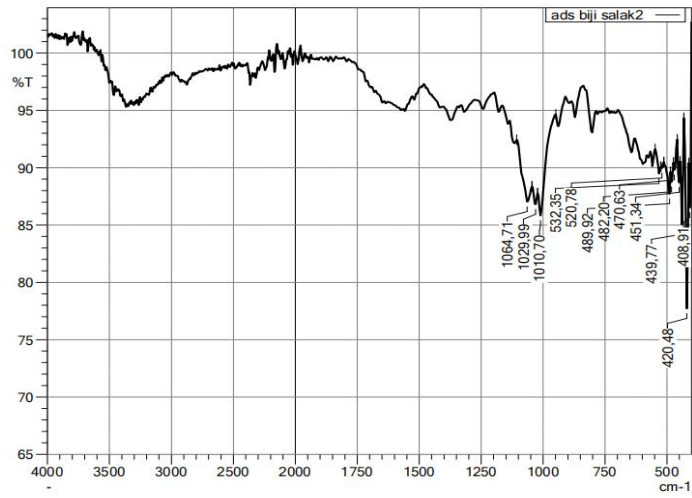
Berdasarkan gambar diatas dapat diketahui luas permukaan serbuk biji salak aktivasi sudah terbentuk pori-pori, menunjukkan bahwa proses dari aktivasi serbuk biji salak yang sudah dilakukan dapat menghilangkan zat pengotor yang dapat menyumbat pori-pori yang menyebabkan bagian serbuk yang tertutup oleh zat pengotor menjadi terbuka dan membentuk rongga pada pori-pori. Hal ini berdampak pada luas permukaan pada serbuk biji salak aktivasi menjadi terbuka dan lebih besar dikarenakan pori-pori yang cukup banyak yang dapat dimanfaatkan sebagai adsorben. Oleh karena itu, hasil uji *Scanning Electron Microscope* (SEM) dapat disimpulkan bahwa serbuk biji salak aktivasi dapat dimanfaatkan sebagai adsorben untuk adsorpsi logam Mangan (Mn) karena memiliki pori-pori pada struktur luas permukaannya.

4.2 Analisis *Fourier Transform Infra Red* (FTIR)

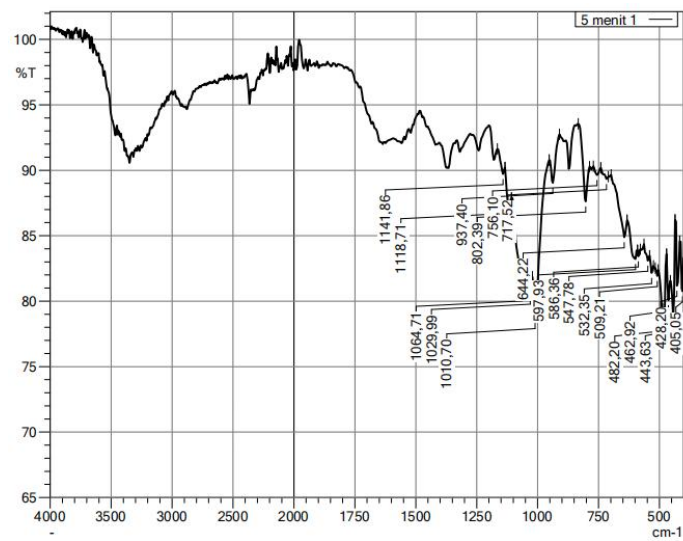
Karakterisasi adsorben serbuk biji salak dapat diidentifikasi menggunakan alat instrumen *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat dalam adsorben. Dapat dilihat pada gambar 4.3 sampai dengan 4.6 spektrum FTIR dibawah ini.



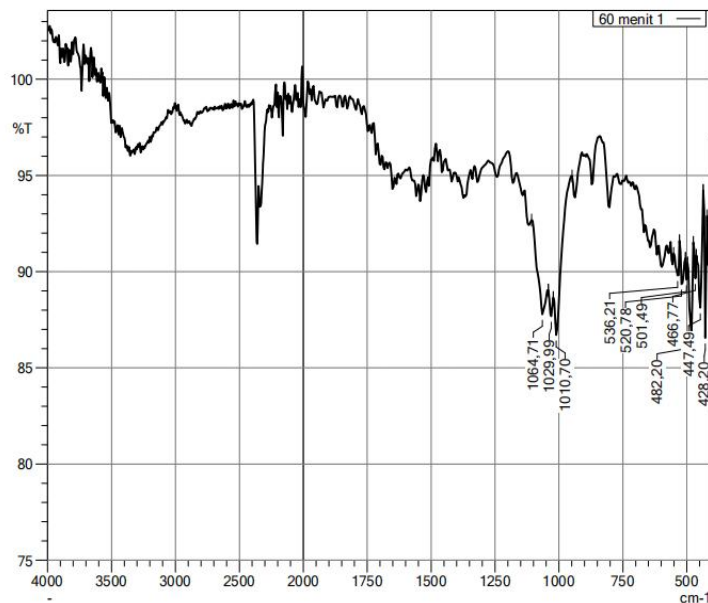
Gambar 4.3 Spektrum FTIR Serbuk Biji Salak Non Aktivasi



Gambar 4.4 Spektrum FTIR Serbuk Biji Salak Aktivasi



Gambar 4.5 Spektrum FTIR Serbuk Biji Salak Aktivasi (5 Menit)



Gambar 4.6 Spektrum FTIR Serbuk Biji Salak Aktivasi (60 Menit)

Hasil dari uji FTIR dari adsorben limbah biji salak yang sebelum dan setelah diaktivasi, dapat dilihat perbandingan spektra serbuk biji salak. Pengujian FTIR ini bertujuan untuk mengetahui dan menganalisis gugus fungsi yang terdapat pada adsorben. Pada spektra adsorben non aktivasi terdapat serapan yang menyempit dan tajam dengan bilangan gelombang sebesar $1010,70 \text{ cm}^{-1}$ serapan menunjukkan adanya vibrasi dengan gugus fungsi *Methyl Cellulose* dan belum ditemukan gugus C=C pada serbuk biji salak, juga terdapat lignin pada *Cellulose*. Adapun perbedaan utama pada ujung puncak pada bagian serapan gugus -CH adanya proses metilasi. *Methyl Cellulose* ini juga setelah dilakukan analisis terdapat puncak gelombang sebesar $1029,99 \text{ cm}^{-1}$ adalah -OH dan $1060,85 \text{ cm}^{-1}$ yang dapat ditemukan adanya gugus -CH yang memiliki nilai yang cukup signifikan.

Pada spektra aktivasi terdapat serapan yang melebar dan tajam dengan bilangan gelombang sebesar $1064,71 \text{ cm}^{-1}$ dan puncak gelombang sebesar $1118,71 \text{ cm}^{-1}$ dan $1141,86 \text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan bahwa gugus -CH terlihat lebih signifikan yang mempengaruhi luas permukaan dan penyerapan logam berat Mangan (Mn). Adapun terdapat *Microfibrillated Cellulose* terdapat puncak

dengan panjang gelombang 1010,70 cm^{-1} yang ditunjukkan adanya gugus C=C dan dapat dianalisis berdasarkan serapan gugus -OH yang muncul dengan serapan sebesar 948,98 cm^{-1} - 1022,27 cm^{-1} . Spektrum *Microfibrillated Cellulose* yang terdapat pada biji salak yang terdapat gugus -OH dengan panjang gelombang 1029,99 cm^{-1} dan diikuti puncak serapan dengan bilangan gelombang 1107,14 cm^{-1} yang mempengaruhi kinerja adsorpsi air lindi dalam penurunan logam berat Mangan (Mn). Adapun tabel 4.1 hasil FTIR *Methyl Cellulose* dan *Microfibrillated Cellulose*.

Tabel 4.1 Hasil FTIR Bilangan dan Gugus Fungsi

Bilangan Gelombang		Gugus Fungsi
Non Aktivasi	Aktivasi	
1010,70 cm^{-1}	1010,70 cm^{-1}	C=C
1029,99 cm^{-1}	1107,14 cm^{-1}	-OH
1060,85 cm^{-1}	1064,71 cm^{-1}	-CH

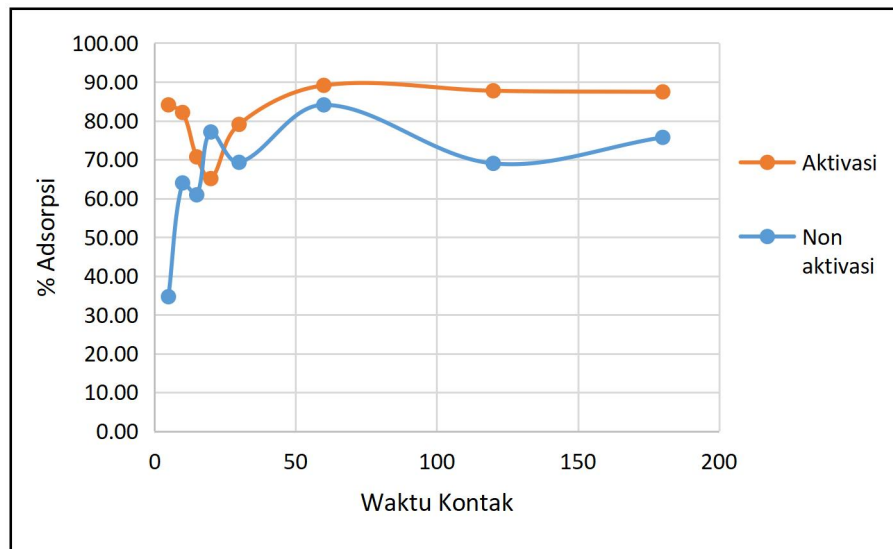
4.3 Analisis *Atomic Adsorption Spectrofotometry* (AAS)

Tahapan adsorpsi dilakukan untuk penyerapan padatan yang terdapat pada zat atau permukaan karena terjadinya penarikan atom maupun zat molekul. Hasil dari proses adsorpsi menggunakan adsorben limbah biji salak yang sebelum dan setelah diaktivasi dalam penurunan logam berat Mangan (Mn) dilakukan pengujian menggunakan *Atomic Adsorption Spectrofotometry* (AAS). Adapun tabel 4.2 dan gambar grafik 4.7 yang menunjukkan hasil data tersebut.

Tabel 4.2 Hasil Data Penelitian *Atomic Adsorption Spectrofotometry* (AAS)

Adsorben	Waktu Kontak (Menit)	Konsetrasi awal Mn dalam lindi (mg/L)	Konsentrasi setelah adsorpsi (mg/L)	(%) Adsorpsi	pH
Non Aktivasi	5	0,358	0,234	34,64	9
	10	0,358	0,129	63,97	9

	15	0,358	0,14	60,89	9
	20	0,358	0,082	77,09	8
	30	0,358	0,11	69,27	8
	60	0,358	0,057	84,08	6
	120	0,358	0,111	68,99	6
	180	0,358	0,087	75,70	6
Aktivasi	5	0,358	0,057	84,08	9
	10	0,358	0,064	82,12	8
	15	0,358	0,105	70,67	8
	20	0,358	0,125	65,08	8
	30	0,358	0,075	79,05	8
	60	0,358	0,035	90,22	5
	120	0,358	0,044	87,71	5
	180	0,358	0,045	87,43	5

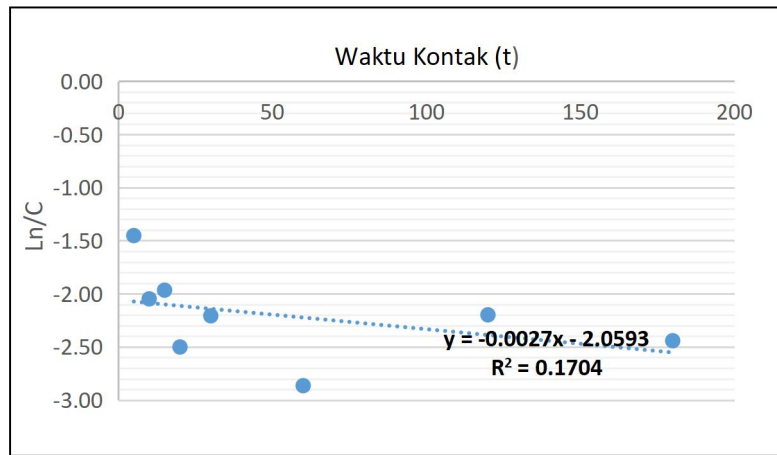


Gambar 4.7 Grafik Adsorpsi Dengan Adsorben Biji Salak

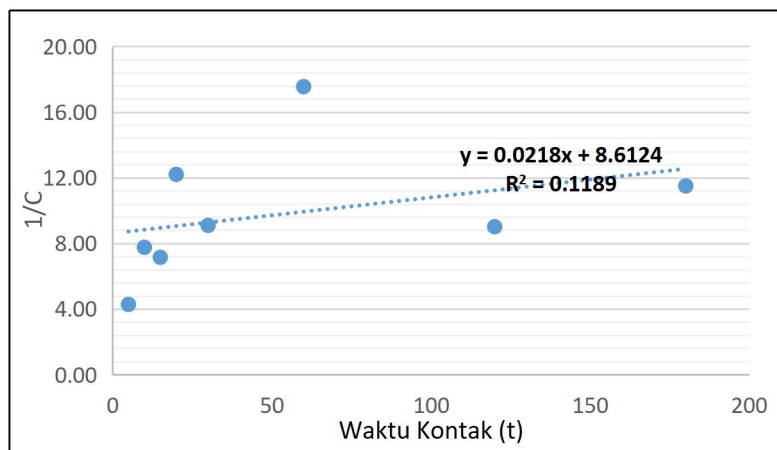
Berdasarkan data penelitian pada tabel dan grafik diatas didapatkan bahwa pada maka komposisi dari adsorben biji salak yang paling optimum dalam adsorpsi logam berat Mangan (Mn) sebesar 90,22% memanfaatkan adsorben biji salak yang sudah diaktivasi. Penentuan adsorben yang paling optimum juga dipengaruhi oleh massa adsorben yang digunakan sebanyak 2 gram, volume adsorbat 10 mL waktu kontak yang ditentukan dan konsentrasi logam Mangan (Mn) yang optimum pada waktu kontak 60 menit adalah 0,035 mg/L dengan logam berat Mangan (Mn) yang teradsorpsi sebesar 90,22% dengan pH sebesar 5 dalam pengujian. Maka dapat disimpulkan bahwa variasi waktu kontak dan variasi adsorben (non aktivasi dan aktivasi), dan pH mempengaruhi penurunan konsentarsi logam berat Mangan (Mn). Nilai pH larutan setelah proses adsorpsi mengalami penurunan, hal ini menunjukkan adanya pelepasan ion H^+ selama proses adsorpsi. Adsorben biji salak non-aktivasi dan aktivasi dengan NaOH 2% mampu menurunkan kandungan Mn dalam air lindi . Adsorben biji salak yang diaktivasi dengan larutan NaOH 2% dengan massa 2 gram pada waktu kontak 60 menit dapat menurunkan konsentrasi logam berat Mangan (Mn) dibandingkan dengan adsorben yang non aktivasi. Adsorben biji salak dengan massa adsorben yang lebih besar akan meningkatkan dan bertambah jumlah partikel dan luas permukaan pada serbuk biji salak yang berdampak pada sisi aktif dalam penyerapan logam berat Mangan (Mn) secara signifikan dan semakin besar massa adsorben yang digunakan maka semakin besar penyerapan atau adsorspsinya.

4.4 Analisis Kinetika Adsorpsi

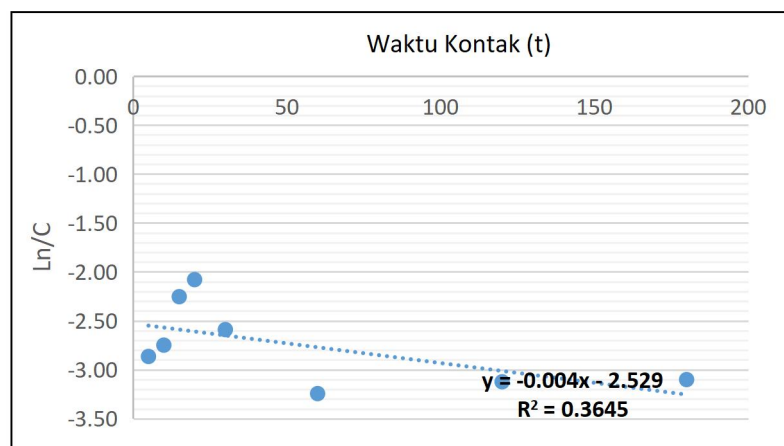
Kinetika adsorpsi dalam menganalisis logam berat Mangan (Mn) menggunakan adsorben limbah biji salak sebelum dan setelah diaktivasi dapat diketahui dengan cara membuat grafik. Grafik kinetika adsorpsi tersebut mencakup orde satu yaitu grafik yang dibuat dengan membuat plot antar $\ln C$ dengan beberapa variasi waktu kontak (menit) dan orde dua juga dibuat kedalam plot antara $1/C$ dengan variasi waktu kontak (menit). Dapat dilihat pada gambar 4.8 sampai dengan 4.11 grafik kinetika adsorpsi di bawah ini.



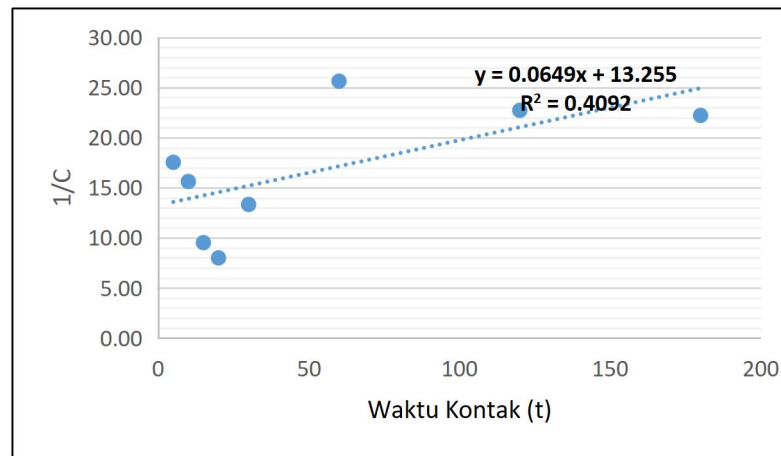
Gambar 4.8 Grafik Kinetika Adsorpsi Orde Satu (Non Aktivasi)



Gambar 4.9 Grafik Kinetika Adsorpsi Orde Dua (Non Aktivasi)



Gambar 4.10 Grafik Kinetika Adsorpsi Orde Satu (Aktivasi)



Gambar 4.11 Grafik Kinetika Adsorpsi Orde Dua (Aktivasi)

Berdasarkan plot grafik diatas dapat dijelaskan bahwa kinetika adsorpsi pada logam berat Mangan (Mn) menggunakan adsorben biji salak sebelum dan sesudah diaktivasi dilakukan evaluasi dengan persamaan *pseudo* orde satu dan *pseudo* orde dua dengan variasi waktu kontak 5, 10, 15, 20, 30, 60, 120, dan 180 menit. Kinetika adsorpsi orde satu dan orde dua (non aktivasi) didapatkan untuk persamaan garis linier pada orde satu dengan nilai $y = -0.0027x - 2.0593$, dengan nilai $R^2 = 0.1704$, kemudian diketahui nilai slope = $-0,0027$, juga dengan nilai intersep = $-2,059$. Persamaan garis pada grafik tersebut diketahui nilai $k_1 = 0,00631 \text{ m}^{-1}$ dan nilai persamaan $q_e = 0,0087 \text{ mg/g}$. Sedangkan untuk orde dua didapatkan nilai $y = 0,0218x + 8,6124$, dengan nilai $R^2 = 0,1189$. Kemudian diketahui nilai slope = $0,0218$, intersep = $8,612$. Diketahui persamaan garis grafik dengan nilai $k_2 = 5,529 \text{ m}^{-1}$ dan nilai persamaan $q_e = 45,82 \text{ mg/g}$.

Adapun hasil analisis grafik kinetika adsorpsi orde satu dan orde dua (aktivasi) didapatkan persamaan garis linier pada orde satu dengan nilai $y = -0,004x - 2,529 = 0,3645$ dengan nilai $R^2 = 0,3645$, diketahui nilai slope = $-0,00403$, intersep = $-2,529$. Persamaan garis grafik dengan nilai $k_1 = 0,0093 \text{ m}^{-1}$ dengan nilai persamaan $q_e = 0,00296 \text{ mg/g}$. Kemudian untuk persamaan garis linier orde dua dengan nilai $y = 0,0649 + 13,255$ dengan nilai $R^2 = 0,4092$, diketahui nilai slope = $0,0649$, intersep = $13,255$, dan untuk persamaan grafik dengan nilai $k_2 = 0,00032 \text{ m}^{-1}$ dengan nilai persamaan $q_e = 15,398 \text{ mg/g}$. Hasil

analisis pada plot grafik kinetika adsorpsi orde satu dan orde dua, diperoleh nilai R^2 memiliki nilai yang lebih besar dan pada grafik orde dua (aktivasi) paling mendekati hasil percobaan, maka pada penelitian ini menunjukkan penggunaan adsorben biji salak untuk adsorpsi ion Mangan (Mn) mengikuti kinetika adsorpsi orde dua (aktivasi) yang berperan dalam proses penyerapan adsorben biji salak terhadap logam berat Mangan (Mn) dalam satuan waktu (t) yang berbanding lurus dengan penurunan konsentrasi adsorbat ($1/C$) yang berdampak pada kecepatan penyerapan adsorben pada proses adsorpsi yang mengalami suatu kesetimbangan berdampak pada logam berat Mangan (Mn) mengalami penurunan. Pada nilai k_2 orde dua (aktivasi) menunjukkan bahwa semakin kecil nilai k, maka semakin cepat proses adsorpsi yang terjadi dan menyebabkan penurunan parameter Mangan (Mn) yang terdapat pada sampel air lindi.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

1.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian yang sudah dilakukan ini dapat diambil beberapa kesimpulan:

1. Kemampuan limbah biji salak dalam mengadsorpsi logam berat Mangan (Mn) dilakukan dengan membuat adsorben sebelum aktivasi dan sesudah aktivasi dengan NaOH 2%. Didapatkan penggunaan adsorben limbah biji salak mempercepat proses adsorpsi dalam penurunan parameter logam berat Mangan (Mn).
2. Penelitian adsorben limbah biji salak untuk adsorpsi logam berat Mangan (Mn) dengan waktu aktivasi adsorben 0 dan 48 jam dengan massa adsorben 2 gram, didapatkan pada adsorben non aktivasi konsentrasi adsorbat 0,057% pada waktu kontak optimum 60 menit dan adsorben non aktivasi mempunyai nilai adsorpsi sebesar 84,08% dengan nilai pH sebesar 6, Sedangkan konsentrasi adsorbat 0,035% pada waktu kontak optimum adalah 60 menit dan adsorben aktivasi mempunyai nilai adsorpsi sebesar 90,22% dengan nilai pH sebesar 5. Perbandingan dari kedua hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa perbandingan waktu aktivasi, konsentrasi adsorbat, waktu kontak, dan pH dalam penggunaan adsorben limbah biji salak baik itu non aktivasi dan aktivasi mempengaruhi kecepatan penyerapan dan adsorpsi logam berat Mangan (Mn) yang terdapat pada air lindi. Semakin besar massa adsorben yang digunakan maka semakin besar penyerapan dan proses adsorpsinya.

1.2 Saran

Penelitian ini sebaiknya perlu pengembangan yang lebih baik lagi dari segi persiapan, pengambilan sampel, penelitian laboratorium, dan analisis data yang secara lengkap. Diharapkan penelitian terkait dengan pengolahan air lindi

menggunakan adsorben limbah biji salak dengan parameter Mangan (Mn) dapat dilakukan pengujian secara efisien dan efektif.

DAFTAR PUSTAKA

- Adzillah, W. N. (2019). *Analisis Parameter Fisik Pemanfaatan Lindi Dari Proses Pengolahan Sampah Untuk Starter Proses Dekomposisi Sampah Organik. Jurnal Chemurgy, 03(01).*
- Al Qory, D. R., Ginting, Z., Bahri, S., & Bahri, S. (2021). Pemurnian Minyak Jelantah Menggunakan Karbon Aktif Dari Biji Salak (*Salacca Zalacca*) Sebagai Adsorben Alami Dengan Aktivator H₂SO₄. In *Jurnal Teknologi Kimia Unimal* (Vol. 10, Issue 2, p. 26).
- Alifaturrahma, P., & Hendriyanto, O. (2018). Pemanfaatan Kulit Pisang Kepok Sebagai Adsorben Untuk Menyisihkan Logam Cu. *Jurnal Envirotek, 8(2)*, 105–111.
- Agung, K., Juita, E., & Zuriyani, E. (2021). Analisis Pengelolaan Sampah di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Desa Sido Makmur Kecamatan Sipora Utara. *JPIG (Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Geografi), 6(2)*, 115–124. <https://doi.org/10.21067/jpig.v6i2.5936>
- Andika, D. P., Istirokhatun, T., & Praharyawan, S. (2017). Pemanfaatan Air Lindi Tpa Jatibarang Sebagai Media Alternatif Kultivasi Mikroalga Untuk Perolehan Lipid. *Jurnal Teknik Lingkungan, 6(1)*, 1–15.
- Anggriawan, A., Yanggi Atwanda, M., Lubis, N., & Fathoni, R. (2019). Kemampuan Adsorpsi Logam Berat Cu Dengan Menggunakan Adsorben Kulit Jagung (*Zea Mays*). *Jurnal Chemurgy, 03(2)*, 27–30.
- Ariviani, S., & Parnanto, N. H. R. (2013). *Kapasitas Antioksidan Buah Salak (Salacca edulis) Kultivar Pondoh, Nglumut, Dan Bali Sera Korelasinya Dengan Kadar Fenolik Total Dan Vitamin C. Agritech, 33(3)*, 324–333. <https://journal.ugm.ac.id/agritech/article/view/9555/7130>
- Astari, M. A., & Utami, B. (2018). Uji Daya Adsorpsi Adsorben Kombinasi Sekam Padi dan Bagasse Fly Ash untuk Menjerap Logam Cu pada Sistem Batch. *Proceeding Biology Education Conference, 15(1)*, 766–774.
- Astuti, W. (2018). *Adsorpsi Menggunakan Material Berbasis Lignoselulosa. In Unnes Press.*

- Aziz, A., Fajar, S., & Gumilang, S. (2018). Rancangan Fitur Aplikasi Pengelolaan Administrasi dan Bisnis Bank Sampah di Indonesia. Konferensi Nasional Sistem Informasi, STMIK Atma Luhur Pangkalpinang, 8 – 9 Maret 2018, 208–213.
- Damanhuri, E. (2008) “Diktat Landfilling Limbah”, Institut Teknologi Bandung, Versi 2008, 40.
- Damanhuri, E. dan Padmi, T., 2010. Diktat Kuliah TL-3104 Pengelolaan Sampah. Bandung: Teknik Lingkungan Institut Teknologi Bandung (ITB)
- Daniel S Bath, Jenal M Siregar, & M Turmuzi Lubis. (2012). Penggunaan Tanah Betonit Sebagai Adsorben Logam Cu. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 1(1), 1–4.
- Darmawati. (2019). Analisis Keragaman Salak (*Salacca zalacca*) Varietas Merah Berdasarkan Morfologi dan Anatomi di Kabupaten Enrekang. *Universitas Islam Negeri Alauddin*, 30.
- Daryat, F., Zul, D., Fibriarti, B. L., Matematika, F., Alam, P., Bina, K., & Pekanbaru, W. (2017). Analisis Kualitas Air Lindi Asal Tempat Embuangan Akhir Sampah Kota Pekanbaru Berdasarkan Parameterbiologi, Fisika Dan Kimia. *Riau Biologia*, 2(1), 68–80.
- Darmansyah. (2015). Pemodelan Adsorpsi Biogas Dengan Metode Ono-Kondo dan Langmuir Kondo Dan Langmuir Pada Material Aluminasilikat Mcm -41. In *Usulan Penelitian Dosen Junior*.
- Girsang, E., Kiswandono, A. A., Aziz, H., Chaidir, Z., & Zein, R. (2015). Biosorben Dalam Memperbaiki Kualitas Minyak. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Sains (SNPS), November*, 583–594.
- Haura, U., Razi, F., & Meilina, H. (2017). Karakterisasi Adsorben dari Kulit Manggis dan Kinerjanya Pada Adsorpsi Logam Pb (II) dan Cr (VI). *Biopropal Industri*, 8(1), 47–54
- Herlenasari, A., Sari, M. P., & Mardiah. (2017). Pembuatan Adsorben Dar Koran Bekas Untuk Mengurangi Kadar Fe Dan Cu Dalam Air Limbah. *Journal Of Chemical Process Engineering*, 2(1), 16. <https://doi.org/10.33536/jcpe.v2i1.110>

- Ihwan, F., & Anam, S. (2019). Mutu Minyak Jelantah Dengan Adsorben Biji Salak (*Salacca zalacca* (Gaertn.)Voss) menggunakan Parameter Bilangan Peroksida dan Asam Lemak Bebas. *Jurnal Farmasi Galenika (Galenika Journal of Pharmacy) (e-Journal)*, 5(2), 124–131. <https://doi.org/10.22487/j24428744.2019.v5.i2.10070>
- Indah, Uchi I. P., & M. Turmuzi Lubis. (2018). Pembuatan Karbon Aktif Dari Kulit Salak (*Salacca Zalacca*) Dengan Proses Fisika Menggunakan Uap Dengan Pemanas *Microwave*. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 6(4), 45–49. <https://doi.org/10.32734/jtk.v6i4.1598>
- Jasmal, S., & Ramlawati. (2015). Kapasitas Adsorpsi Arang Aktif IjuK Pohon Aren (*Arenga Pinnata*) Terhadap Pb^{2+} . *Jurnal Sainsmat*, 4(1), 57– 66.
- Maharani, D. F., & Sa'diyah, K. (2021). Adsorpsi Logam Nikel Menggunakan Adsorben Serbuk Gergaji Kayu. *Distilat: Jurnal Teknologi Separasi*, 7(2), 170–178. <https://doi.org/10.33795/distilat.v7i2.216>
- Maslukah, L., Zainuri, M., Wirasatriya, A., & Widiaratih, R. (2020). Studi Kinetika Adsorpsi Dan Desorpsi Ion Fosfat (PO_4^{3-}) Di Sedimen Perairan Semarang Dan Jepara. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 12(2), 385–396. <https://doi.org/10.29244/jitkt.v12i2.32392>
- Meila A., U., Hasan, A., Purnamasari, I., Teknik Kimia, J., Sriwijaya, N., Srijaya, J., Bukit, N., & Palembang, B. (2021). Kinetika Adsorpsi Karbon Aktif Dalam Penurunan Konsentrasi Logam Tembaga (Cu) Dan Timbal (Pb) Kinetic Adsorption Of Activated Carbon In Decreasing Concentrations Of Copper (Cu) And Lead (Pb) METALS. *Jurnal Kinetika*, 12(02), 29–37. <https://jurnal.polsri.ac.id/index.php/kimia/index>
- Mekar, N., Cibinong, K., Bogor, K., & Barat, J. (2023). *Pemanfaatan Biji Salak (Salacca zalacca) Sebagai Adsorben Logam Cr Dalam Air*. 2(April), 1117–1123.
- Pujiasih, D. A., Nurhasanah, N., & Nurhanisa, M. (2020). *Pengaruh Penambahan Karbon Aktif Biji Salak (Salacca edulis) pada Sistem Filtrasi Air Gambut*. *Prisma Fisika*, 7(3), 275.

- Purwiandono, G., & Ibrahim, S. (2022). Adsorpsi Logam Cu(II) Menggunakan Adsorben Kulit Buah Salak Teraktivasi HNO₃. *Indonesian Journal of Chemical Research*, 7(1), 1–7. <https://doi.org/10.20885/ijcr.vol7.iss1.art1>
- Pongenda, R.C., Napitupulu, M. & Walanda, D.K. (2015). *Biocharcoal Dari Biji Salak (Salacca edulis) Sebagai Adsorben Terhadap Kromium*. *Jurnal Akademika Kimia*. 4(2): 84-90
- Rahmi, A., & Edison, B. (2019). Identifikasi Pengaruh Air Lindi (Leachate) Terhadap Kualitas Air di Sekitar Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Tanjung Belit. *Jurnal APTEK*, 11(1), 1–6. A Rahmi, B Edison - jurnal APTEK, 2019 - journal.upp.ac.id
- Rezagama, A., Hadiwidodo, M., Purwono, P., Ramadhani, N. F., & Yustika, M. (2016). Penyisihan Limbah Organik Air Lindi TPA Jatibarang Menggunakan Koagulasi-Flokulasi Kimia. *Teknik*, 37(2), 78. <https://doi.org/10.14710/teknik.v37i2.12647>
- Sahendra, S. L., Hamsyah, R. A., & Sa'diyah, K. (2021). Pengolahan Limbah Cair Pabrik Gula Menggunakan Adsorben dari Kotoran Sapi dan Ampas Tebu. *CHEESA: Chemical Engineering Research Articles*, 4(1), 31. <https://doi.org/10.25273/cheesa.v4i1.8416.31-38>
- Setyawati, H., Rakhman, N. A., & Anggorowati, D. A. (2015). *Penerapan Penggunaan Arang Aktif Sebagai Adsorben Untuk Proses Adsorpsi Limbah Cair*. 67–78.
- Syaripuddin, M. A., Erawan, F., Sukiyah, E., & Hutabarat, J. (2018). Peran Tataguna Lahan Dan Geologi Dalam Antisipasi Potensi Pencemaran Air Lindi Di Tpa Ganet. *Geoscience Journal*, 2(1), 38–44.
- Surest, A. H., Kasih, J. A. F., & Wisanti, A. (2008). *Pengaruh Suhu, Konsentrasi Zat Aktivator Dan Waktu Aktivasi Terhadap Daya Serap Karbon Aktif Dari Tempurung Kemiri*. *Jurnal Teknik Kimia*. 15 (2). 17-22.
- Syauqiah, I., Amalia, M., & Kartini, H. A. (2011). *Analisis Variasi Waktu dan Kecepatan Pengaduk Pada Proses Adsorpsi Limbah Logam Berat Dengan Arang Aktif*. *Info Teknik*, 12(1), 11–20.

- Wardalia. (2017). Pengaruh Massa Adsorben Limbah Sekam Padi Terhadap Penyerapan Konsentrasi Timbal. *Teknika*, 13(pengaruh massa adsorben limbah sekam padi terhadap penyerapan konsentrasi timbal), 71–80.
- Widayatno, T., Yuliawati, T., Susilo, A. A., Studi, P., Kimia, T., Teknik, F., & Muhammadiyah, U. (2017). Adsorpsi Logam Berat (Pb) dari Limbah Cair dengan Adsorben Arang Bambu Aktif. *Jurnal Teknologi Bahan Alam*, 1(1), 17–23.
- Widhianingrum, W. A., Inawati, Usakinah, N. K., Andriyanti, V., & Nugraheni, B. (2016). Penurunan Ion Logam Kadmium menggunakan Biji Salak Sebagai Adsorben Pada Limbah Industri “X.” 26(15), 1120. <https://doi.org/10.1021/cen-v026n015.p1120>
- Yatim, E. M., & Mukhlis. (2013). Pengaruh Lindi (Leachate) Sampah Terhadap Air Sumur Penduduk Sekitar Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Air Dingin. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 7(2), 54–59.
- Yudiyanto, Y. E., & Tania, A. L. (2019). Pengelolaan Sampah Pengabdian Pendampingan Kota Metro. *Lembaga Penelitian Dan Pengabdian Pada Masyarakat*, 6(11), 1–80.

LAMPIRAN

Lampiran 1



(Diskusi dan perizinan pengambilan sampel air lindi di Kantor Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Pacitan)

Lampiran 2



(Pengambilan sampel air lindi di TPA Dadapan Pacitan)

Lampiran 3



(Pengumpulan bahan limbah biji salak)

Lampiran 4



(Pencacahan biji salak)

Lampiran 5



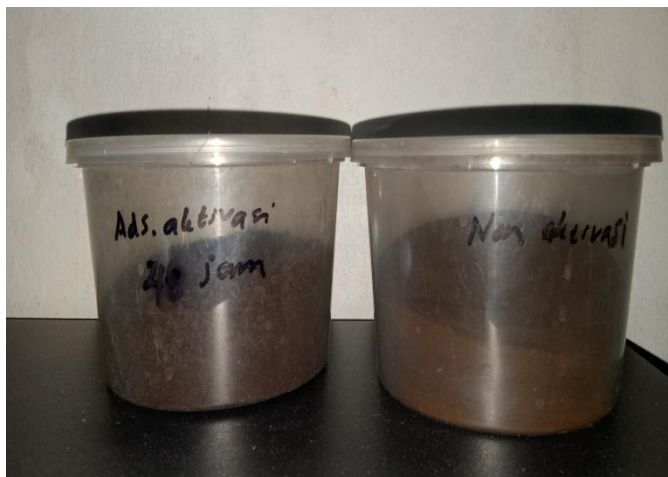
(Proses pengeringan biji salak menggunakan oven)

Lampiran 6



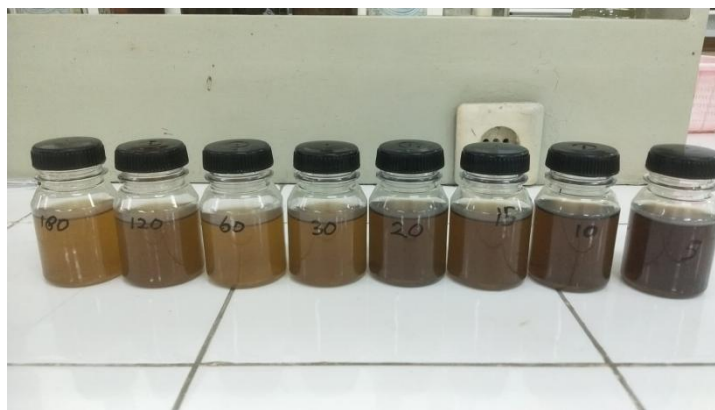
(Proses aktivasi adsorben biji salak dengan NaOH 2% selama 48 jam)

Lampiran 7



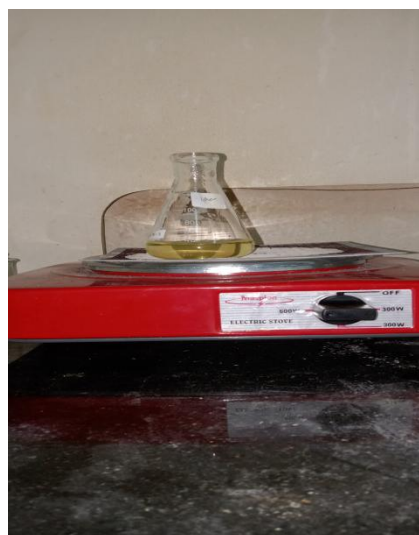
(Adsorben biji salak non aktivasi dan aktivasi)

Lampiran 8



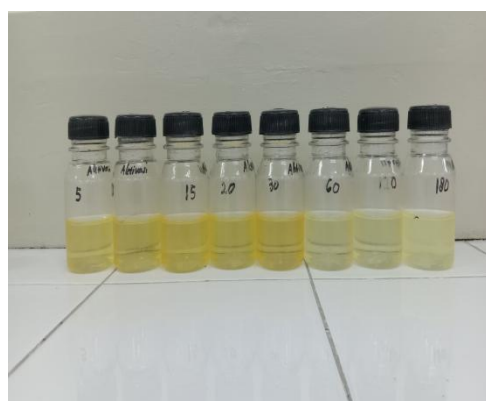
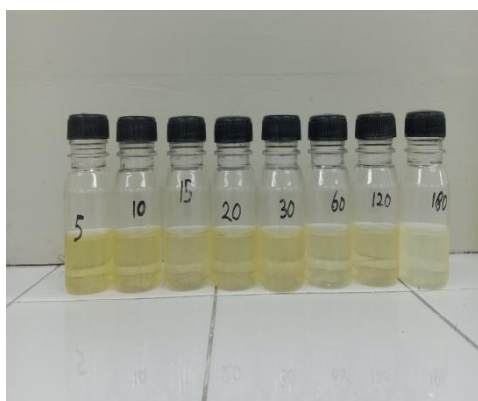
(Pengujian adsorben biji salak terhadap air lindi)

Lampiran 9



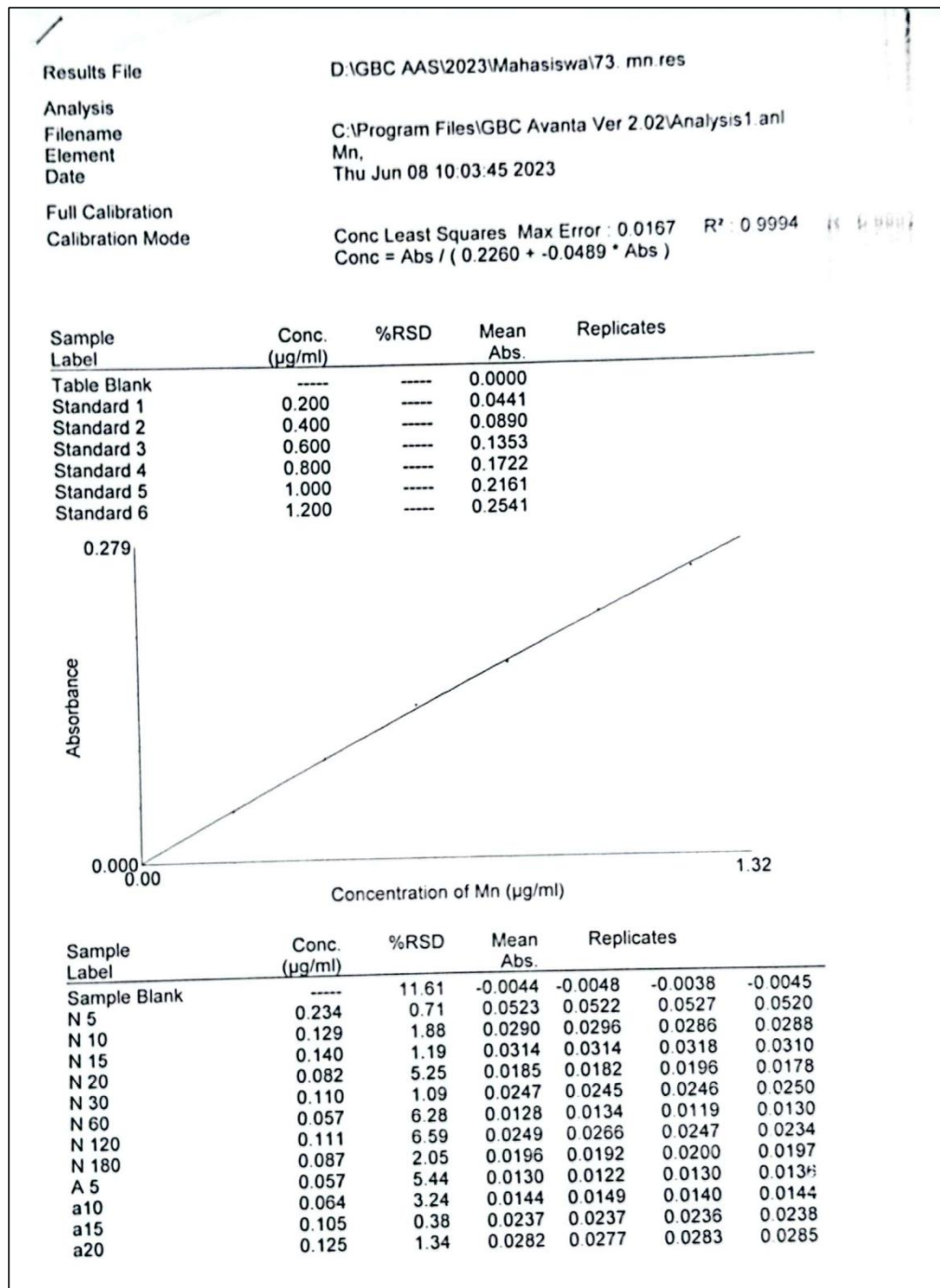
(Proses destruksi sampel uji)

Lampiran 10



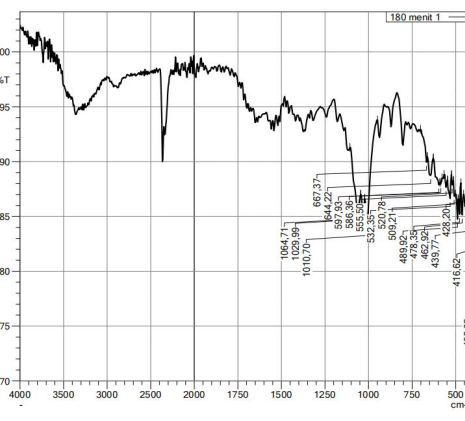
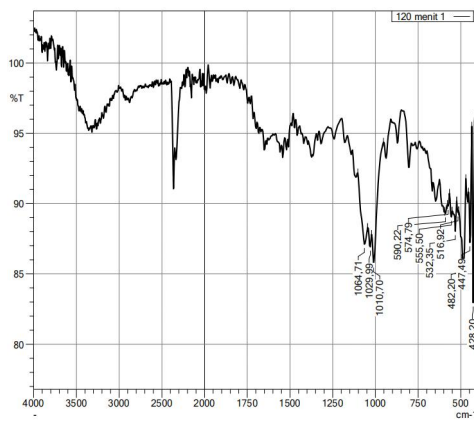
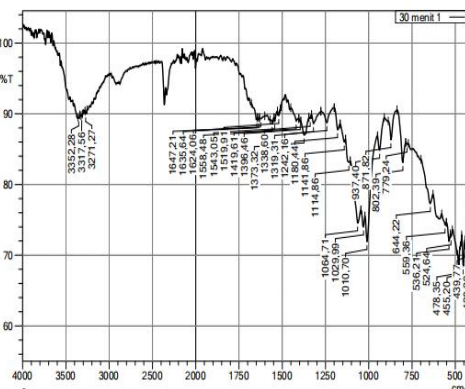
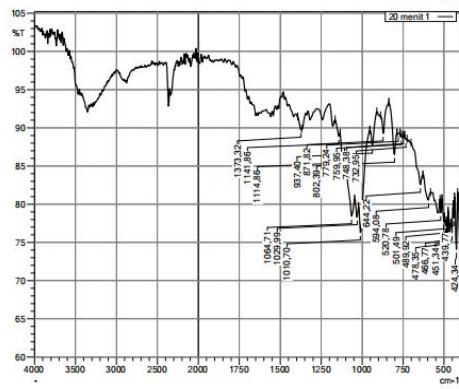
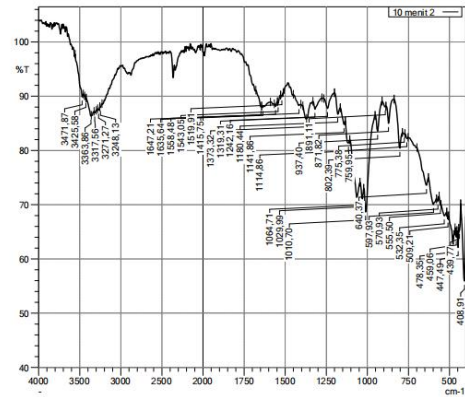
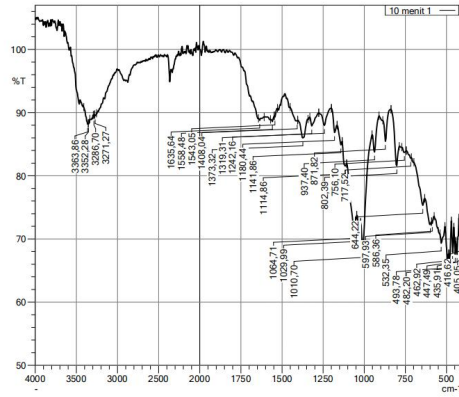
(Hasil destruksi sampel uji non aktivasi dan aktivasi yang dihomogenkan)

Lampiran 11



(Hasil uji *Atomic Adsorption Spectrofotometry* parameter Mangan (Mn))

Lampiran 12



(Hasil uji *Fourier Transform Infra Red* adsorben biji salak)

Lampiran 13

Waktu kontak (Menit)	Konsentrasi (mg/L)	Ln/C (orde 1)	1/C (Orde 2)
5	0,234	-1,45	4,27
10	0,129	-2,05	7,75
15	0,14	-1,97	7,14
20	0,082	-2,50	12,20
30	0,11	-2,21	9,09
60	0,057	-2,86	17,54
120	0,111	-2,20	9,01
180	0,087	-2,44	11,49

Waktu kontak (Menit)	Konsentrasi (mg/l)	Ln/C (orde 1)	1/C (Orde 2)
5	0,057	-2,86	17,54
10	0,064	-2,75	15,63
15	0,105	-2,25	9,52
20	0,125	-2,08	8,0
30	0,075	-2,59	13,33
60	0,035	-3,35	28,57
120	0,044	-3,12	22,73
180	0,045	-3,10	22,22

(Hasil Data Kinetika Adsorpsi Aktivasi dan Non Aktivasi)

RIWAYAT HIDUP



Denny Febrianto adalah nama penulis skripsi ini. Lahir pada tanggal 18 Februari 1999, Garongan, Kembang, Wonokerto, Turi, Kabupaten Sleman, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Penulis merupakan anak ke-2 dari 2 bersaudara, dari pasangan Harjo dan Nuryati. Penulis pertama kali masuk SD Negeri Banyuurip 2, pada tahun 2007 dan melanjutkan pendidikan SMP Negeri 1 Ngaglik pada tahun 2013. Setelah tamat dari SMP, penulis melanjutkan pendidikan SMA Negeri 2 Sleman dan menamatkan pada tahun 2018. Pada tahun berikutnya, penulis melanjutkan pendidikan ke perguruan tinggi swasta dan terdaftar sebagai Mahasiswa di Universitas Islam Indonesia, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Jurusan Teknik Lingkungan. Motivasi, semangat, dan doa untuk mencari ilmu pengetahuan. Penulis sudah menyelesaikan pengerjaan tugas akhir ini. Semoga dengan penulisan tugas akhir ini dapat memberikan kontribusi yang baik untuk semua mahasiswa dan orang sekitar. Penulis mengucapkan terimakasih dan rasa syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan kekuatan, kesabaran, dan kelancaran dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada dosen pembimbing dan teman-teman memberikan saran dan kritik dalam menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Pengolahan Air Lindi Menggunakan Adsorben Limbah Biji Salak Dengan Parameter Mangan (Mn)”.