

**EFEKTIVITAS MAHKOTA NANAS SEBAGAI
ADSORBEN MENGGUNAKAN AKTIVATOR
KOH UNTUK PENYISIHAN AIR LIMBAH
INDUSTRI KARET**

TUGAS AKHIR



SISCA AFRILIA SILALAH

1900825201019

PROGAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS BATANGHARI

JAMBI

2022

**EFEKTIVITAS MAHKOTA NANAS SEBAGAI
ADSORBEN MENGGUNAKAN AKTIVATOR
KOH UNTUK PENYISIHAN AIR LIMBAH
INDUSTRI KARET**

TUGAS AKHIR

**Disusun Untuk Memenuhi salah satu syarat
Memperoleh gelar Sarjana Teknik**



SISCA AFRILIA SILALAH

1900825201019

**PROGAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BATANGHARI
JAMBI
2022**

HALAMAN PENGESAHAN

EFEKTIVITAS MAHKOTA NANAS SEBAGAI ADSROBEN MENGUNAKAN AKTIVATOR KOH UNTUK PENYISIHAN AIR LIMBAH INDUSTRI KARET

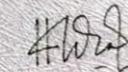
Tugas akhir ini telah dipertahankan pada Sidang Tugas Akhir Komprehensif Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Batanghari

Nama : Sisca Afrilia S
NPM : 1900825201019
Hari/Tanggal : Senin, 14 maret 2022
Tempat : Ruang Fakultas Teknik Universitas Batanghari

TIM PENGUJI TUGAS AKHIR

Ketua :

1. Hadrah, S.T., M.T
NIDN. 1020088802

()

Sekretaris :

2. Marhadi, S.T., M.Si
NIDN. 1008038002

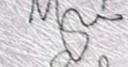
()

Anggota :

3. Angrika Riyanti, S.T., M.Si
NIDN. 1010028704

()

4. Monik Kasman, S.T., M. Eng, S.c
NIDN. 0003088001

()

5. Sarah Fiebrina Heraningsih S.T., M.T
NIDN. 196437

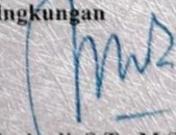
()

Disahkan Oleh :

Dekan Fakultas Teknik

Ketua Program Studi Teknik
Lingkungan


Dr. Ir. H. Fakhru Rozi Yamali, ME
NIDN. 1015126501


Marhadi, S.T., M.Si
NIDN. 1008038002

HALAMAN PERSETUJUAN

**EFEKTIVITAS MAHKOTA NANAS SEBAGAI ADSORBEN
MENGUNAKAN AKTIVATOR KOH UNTUK PENYISIHAN
AIR LIMBAH INDUSTRI KARET**

TUGAS AKHIR

Oleh :

**SISCA AFRILIA S
1900825201019**

Dengan ini Dosen Pembimbing Tugas Akhir Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Batanghari Jambi, Menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan Judul dan Penyusun sebagaimana tersebut, di atas telah disetujui sesuai dengan prosedur, ketentuan, kelaziman yang berlaku pada Program Strata Satu (S1) Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Batanghari Jambi.

Jambi, 25 Maret 2022

Pembimbing I

Pembimbing II


Angrika Rivanti, S.T., M.Si
NIDN. 1010028704


Marhadi, S.T., M.Si
NIDN. 1008038002

ABSTRAK

EFEKTIVITAS MAHKOTA NANAS SEBAGAI ADSORBEN MENGGUNAKAN AKTIVATOR KOH UNTUK PENYISIHAN AIR LIMBAH INDUSTRI KARET

Sisca Afrilia S; Dibimbing oleh Anggrika Riyanti, ST., M.Si dan Marhadi, ST., M.Si

Air limbah industri karet mengandung padatan tersuspensi dan kandungan organik yang tinggi (protein, karotenoid, garam organik dan lipid dalam lateks yang tersisa) nitrogen yang mengandung polutan (N-organik, $\text{NH}_3\text{-N}$) dan bau busuk yang mencemari udara. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menyisihkan pencemar BOD_5 , COD dan amonia dalam air limbah industri karet adalah dengan metode adsorpsi. Metode adsorpsi merupakan suatu metode analisa yang menggunakan adsorben sebagai zat penyerap untuk adsorbat yang dianggap sebagai zat pencemar dalam suatu sampel dan metode ini mampu menyerap molekul larutan dan menempel pada zat adsorben karena adanya reaksi kimia dan fisika. Mahkota nanas mengandung unsur-unsur karbon seperti selulosa sebanyak 69,5-71,5% , pentosan 17,0-17,8%, lignin 4,4-4,7%, dan abu 0,71-0,87%, protein dan lain sebagainya sehingga dapat dimanfaatkan menjadi karbon aktif melalui proses aktivasi dan karbonisasi. Aktivasi bertujuan untuk membuka atau memperbesar pori, mengurangi pembentukan pengotor dan hasil samping dengan cara merendam adsorben dalam senyawa kimia yang disebut dengan aktivator. Aktivator yang digunakan pada penelitian ini adalah basa kuat yaitu KOH. Adsorben dengan mahkota nanas memiliki tingkat efisiensi yakni pada parameter BOD dengan massa 0,5 gram kecepatan pengadukan 100 rpm memiliki efisiensi sebesar 94,35%, kemudian pada parameter COD dengan massa 0,5 gram kecepatan pengadukan 100 rpm memiliki efisiensi sebesar 95,19%, dan pada parameter amonia dengan massa 1 gram kecepatan pengadukan 97,87%.

Kata Kunci: Air Limbah Industri Karet, Adsorben Mahkota Nanas, BOD, COD, Amonia, Adsorpsi Air Limbah Karet, Mekanisme Adsorpsi

ABSTRACT

Rubber industrial wastewater contains suspended solids and high organic content (proteins, carotenoids, organic salts and lipids in the remaining latex), nitrogen containing pollutants (N-organic, NH₃-N) and foul odors that pollute the air. One method that can be used to remove BOD₅, COD and ammonia pollutants in the rubber industry wastewater is the adsorption method. Adsorption method is an analytical method that uses adsorbent as an adsorbent for adsorbate which is considered a pollutant in a sample and this method is able to absorb solution molecules and stick to the adsorbent due to chemical and physical reactions. Pineapple crown contains carbon elements such as cellulose as much as 69.5-71.5%, pentosan 17.0-17.8%, lignin 4.4-4.7%, and ash 0.71-0.87%, protein and so on so that it can be used as activated carbon through the activation and carbonization processes. Activation aims to open or enlarge pores, reduce the formation of impurities and by-products by immersing the adsorbent in chemical compounds called activators. The activator used in this study is a strong base, namely KOH. The adsorbent with pineapple crown has an efficiency level, namely the BOD parameter with a mass of 0.5 grams with a stirring speed of 100 rpm has an efficiency of 94.35%, then the COD parameter with a mass of 0.5 grams with a stirring speed of 100 rpm has an efficiency of 95.19% , and on the ammonia parameter with a mass of 1 gram the stirring speed was 97.87%.

Keywords: Rubber Industry Wastewater, Pineapple Crown Adsorbent, BOD, COD, Ammonia, Rubber Wastewater Adsorption, Adsorption Mechanism

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN



Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Sisca Afrilia S

NPM : 1900825201019

Judul : Efektivitas Mahkota Nanas Sebagai Adsorben Menggunakan Aktivator KOH Untuk Penyisihan Air Limbah Industri Karet.

Menyatakan bahwa Laporan Tugas Akhir saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/*plagiat*. Apabila ditemukan unsur penjiplakan /*plagiat* dalam Laporan Tugas Akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Bataghari sesuai aturan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Jambi, 25 maret 2022

Sisca Afrilia S

PRAKATA

Alhamdulillah puji syukur Saya panjatkan kepada Allah SWT atas karunia dan rahmatnya sehingga penulis dapat menyelesaikan Proposal Tugas Akhir dengan judul “Efektivitas Mahkota Nanas Sebagai Adsorben Menggunakan Aktivator KOH Untuk Penyisihan Pencemar Air Limbah Industri Karet”. Penulisan Proposal Tugas Akhir ini dilakukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Lingkungan pada Fakultas Teknik Universitas Batang hari. Penulis menyadari dalam penyusunan Proposal Tugas Akhir ini tidak dapat selesai tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh sebab itu, penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada :

1. Bapak Dr. Ir. H. Fakhrol Rozi Yamali, ME selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Batanghari Jambi.
2. Bapak Marhadi, S.T.,M.Si Selaku Ketua Program Studi Teknik Lingkungan dan sebagai dosen pembimbing II yang telah memberikan pengarahan, bimbingan dan masukan dalam penyelesaian laporan ini.
3. Ibu Anggrika Riyanti, S.T. ,M.Si sebagai dosen pembimbing I yang telah memberikan pengarahan, bimbingan, dan masukan dalam penyelesaian laporan ini.
4. Kedua Orang Tua Penulis, Ayah Sofian Silalahi dan Ibu Dra Kiptiah yang telah memberikan dukungan, bantuan baik secara moril maupun materil dan selalu mendoakan dan memberi nasehat kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan Proposal Tugas Akhir ini.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
ABSTRAK	ii
PRAKATA.....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR LAMPIRAN.....	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat Tugas Akhir.....	4
1.6 Sistematika Laporan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Air Limbah Industri Karet.....	6
2.1.1 Karakteristik Air Limbah Industri Karet	6
2.1.2 Baku Mutu Air Limbah Industri Karet	9
2.2 Adsorpsi	10
2.2.1 Mekanisme Adsorpsi	11
2.2.2 Jenis-Jenis Adsorpsi.....	12
2.2.3 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Daya Adsorpsi	12
2.2.4 Isotherm Adsorpsi.....	14
2.3 Regresi Linear	15
2.4. Koefisien Korelasi	17
2.5 Activated Carbon.....	18
2.6 Definisi Nanas	19
2.6.1 Mahkota Nanas	21
2.6.2 Kandungan Mahkota Nanas.....	22
2.6.3 Efektivitas Mahkota Nanas Sebagai Adsorben.....	22

2.7 KOH	22
2.8 Penelitian Terdahulu.....	24
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	25
3.1 Jenis Penelitian	25
3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian.....	25
3.3 Pengumpulan data	25
3.4 Alur Penelitian.....	27
3.5 Variabel Penelitian	28
3.6 Persiapan Penelitian	28
3.6.1 Alat.....	28
3.6.2 Bahan	29
3.7 Tahapan Penelitian	29
3.7.1 Preparasi Adsorben	29
3.7.2 Proses Karbonisasi.....	29
3.7.3 Proses Aktivasi	29
3.8 Karakterisasi Adsorben Mahkota Nanas	30
3.9 Batch Experiment	31
3.10 Pengujian Pengaruh Massa Adsorben dan Kecepatan Pengadukan	31
3.11 Efisiensi Penyerapan	32
3.12 Analisis Data	32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	36
4.1 Karakterisasi Adsorben	36
4.2. Efisiensi Penyisihan dan Kapasitas Adsorpsi.....	37
4.2.1 Biological Oxygen Demand (BOD)	37
4.2.1.1 Pengaruh Massa Adsorben Terhadap Penyisihan BOD.....	39
4.2.1.2 Pengaruh Kecepatan Pengadukan Terhadap Penyisihan BOD.....	42
4.2.2. COD (Chemical Oxygen Demand).....	46
4.2.2.1 Pengaruh Massa Adsorben Terhadap Penyisihan COD.....	47
4.2.2.2 Pengaruh Kecepatan Pengadukan Terhadap Penyisihan COD.....	50
4.2.3. Amonia.....	54
4.2.3.1 Pengaruh Massa Adsorben Terhadap Penyisihan Amonia.....	55
4.2.3.2 Pengaruh Kecepatan Pengadukan Terhadap Penyisihan Amonia..	59

4.3 Mekanisme Adsorpsi Menggunakan Metode Langmuir dan Freundlich ...	62
4.3.1 Parameter Biological Oxygen demand (BOD)	63
4.3.2. Parameter Chemical Oxygen demand (COD)	67
4.3.3. Parameter Amonia	71
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	77
5.1 Kesimpulan.....	77
5.2 Saran	78
DAFTAR PUSTAKA	77

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Buah Nanas (Hidayat, 2008).	19
Gambar 2.2 Mahkota Nanas (Hidayat, 2008).	21
Gambar 3.1 Alur Penelitian.....	27
Gambar 4.1 Grafik Efisiensi Parameter BOD Terhadap Variasi Massa Adsorben	40
Gambar 4.2 Grafik Kapasitas Adsorpsi Parameter BOD Terhadap Variasi Massa Adsorben	41
Gambar 4.3 Grafik Efisiensi Parameter BOD Terhadap Variasi Kecepatan Pengadukan	44
Gambar 4.4 Grafik Kapasitas Adsorpsi Parameter BOD Terhadap Variasi Kecepatan Pengadukan	45
Gambar 4.5 Grafik Efisiensi Parameter COD Terhadap Variasi Massa Adsorben	49
Gambar 4.6 Grafik Kapasitas Adsorpsi Parameter COD Terhadap Variasi Massa Adsorben	50
Gambar 4.7 Grafik Efisiensi Parameter COD Terhadap Variasi Kecepatan Pengadukan	51
Gambar 4.8 Grafik Kapasitas Adsorpsi Parameter COD Terhadap Variasi Kecepatan Pengadukan	52
Gambar 4.9 Grafik Efisiensi Parameter Amonia Terhadap Variasi Massa Adsorben	57
Gambar 4.10 Grafik Kapasitas Adsorpsi Parameter Amonia Terhadap Variasi Massa Adsorben.....	58
Gambar 4.11 Grafik Efisiensi Parameter Amonia Terhadap Variasi Kecepatan Pengadukan	60
Gambar 4.12 Grafik Kapasitas Adsorpsi Parameter Amonia Terhadap Variasi Kecepatan Pengadukan	61
Gambar 4.13 Grafik Isotherm Freundlich BOD	64
Gambar 4.14 Grafik Isotherm Langmuir BOD	65
Gambar 4.15 Grafik Isotherm Freundlich COD	68
Gambar 4.16 Grafik Isotherm Langmuir COD	69
Gambar 4.17 Grafik Isotherm Freundlich Amonia	72
Gambar 4.18 Grafik Isotherm Langmuir Amonia.....	73

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Karakteristik Air Limbah Industri Karet.....	7
Tabel 2.2 Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/ atau Kegiatan Industri Karet	10
Tabel 2.3 Nilai koefisien Korelasi	17
Tabel 2.4 Sifat Fisika dan Kimia KOH.....	23
Tabel 2.5 Penelitian Terdahulu Menggunakan Nanas Sebagai Adsorben	24
Tabel 3.1 Variabel Bebas Eksperiment.....	31
Tabel 4.1 Hasil Uji Karakteristik Adsorben Mahkota Nanas	36
Tabel 4.2 Hasil Uji Penyisihan Parameter BOD	38
Tabel 4.3 Hasil Uji Penyisihan BOD Terhadap Variasi Massa	39
Tabel 4.4 Hasil Uji Penyisihan BOD Terhadap Variasi Kecepatan Pengadukan .	43
Tabel 4.5 Hasil Uji Penyisihan Parameter COD	47
Tabel 4.6 Hasil Uji Penyisihan COD Terhadap Variasi Massa	48
Tabel 4.7 Hasil Uji Penyisihan COD Terhadap Variasi Kecepatan Pengadukan .	51
Tabel 4.8 Hasil Uji Penyisihan Parameter Amonia	55
Tabel 4.9 Hasil Uji Penyisihan Amonia Terhadap Variasi Massa.....	56
Tabel 4.10 Hasil Uji Penyisihan Amonia Terhadap Variasi Kecepatan Pengadukan	59
Tabel 4.11 Perhitungan Isotherm Freundlich BOD Adsorben Mahkota Nanas...	63
Tabel 4.12 Perhitungan Isotherm Langmuir BOD pada Adsorben Mahkota Nanas	64
Tabel 4.13 Perbandingan Nilai Persamaan Isotherm	66
Tabel 4.14 Perhitungan Isotherm Freundlich COD pada Adsorben Mahkota Nanas	67
Tabel 4.15 Perhitungan Isotherm Langmuir COD pada Adsorben Mahkota Nanas	68
Tabel 4.16 Perbandingan Nilai Persamaan Isotherm	70
Tabel 4.17 Perhitungan Isotherm Freundlich Amonia pada Adsorben Mahkota Nanas.....	71
Tabel 4.18 Perhitungan Isotherm Langmuir Amonia pada Adsorben Mahkota Nanas.....	73
Tabel 4.19 Perbandingan Nilai Persamaan Isotherm	74

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN PERHITUNGAN	84
Lampiran I. Perhitungan Pembuatan Reagen	84
Lampiran II. Perhitungan Karakterisasi Adsorben	85
Lampiran III. Perhitungan Efisiensi Penyisihan dan Kapasitas Adsorpsi	87
Lampiran IV: Perhitungan Isotherm Adsorpsi	93
LAMPIRAN DOKUMENTASI PENELITIAN	98

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air limbah industri karet mengandung polutan yang berbahaya apabila dibuang ke lingkungan, khususnya di perairan. Air limbah industri karet mengandung padatan tersuspensi dan kandungan organik yang tinggi (protein, karotenoid, garam organik dan lipid dalam lateks yang tersisa) nitrogen yang mengandung polutan (N-organik, $\text{NH}_3\text{-N}$) dan bau busuk yang mencemari udara di lingkungan sekitar pabrik (Nguyen dkk, 2012).

Menurut Dewi dkk (2020), industri karet menghasilkan air limbah dengan kandungan *Biological Oxygen Demand* (BOD) 566 mg/L, *Chemical Oxygen Demand* (COD) 1403 mg/L dan amonia (NH_3) 83 mg/L. Data tersebut menunjukkan bahwa ketiga parameter ini telah melampaui kadar maksimum 1 Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 tentang baku mutu air limbah karet. Kandungan air limbah yang melebihi baku mutu dapat menimbulkan masalah bagi lingkungan dan kesehatan apabila air limbah industri karet dibuang langsung ke lingkungan tanpa pengolahan. Maka dari itu perlu dilakukan pengolahan pada air limbah industri karet untuk mengurangi pencemar organik yang terkandung didalam air limbah tersebut.

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menyisihkan pencemar BOD_5 , COD dan amonia dalam air limbah industri karet adalah dengan metode adsorpsi. Metode adsorpsi merupakan suatu metode analisa yang menggunakan adsorben sebagai zat penjerap untuk adsorbat yang dianggap sebagai zat pencemar dalam suatu sampel dan metode ini mampu menyerap molekul larutan dan

menempel pada zat adsorben karena adanya reaksi kimia dan fisika (Khairunisa, 2008). Metode adsorpsi mempunyai kelebihan yaitu pengolahannya sederhana, ramah lingkungan, tidak menjadi faktor tambahan dalam pencemaran lingkungan dan efisiensinya relatif tinggi serta tidak memberikan dampak buruk bagi lingkungan (Hossain dkk, 2012).

Pengembangan bahan baku karbon aktif telah banyak dilakukan karena mudah didapatkan dalam jumlah yang banyak dan harga relatif murah, diantaranya menggunakan kulit durian, bongkol jagung, batu bara, tempurung kelapa, kulit pisang, limbah nanas dan serat kayu dan lain sebagainya yang memiliki kadar karbon yang tinggi. Pemanfaatan limbah nanas sebagai adsorben yang telah diaktivasi mampu menurunkan pencemar dalam air limbah hingga 99,5 % (Rianto, 2020).

Perkebunan nanas menghasilkan limbah padat berupa kulit, daun dan mahkota yang masih jarang dimanfaatkan dan hanya menjadi sumber limbah di lingkungan. Menurut Rianto (2020), pemanfaatan mahkota nanas sebagai adsorben mampu menyerap warna *methylene blue* sebesar 135,096 mg/g dengan efisiensi penyisihan sebesar 96%. Menurut Sirajuddin dkk (2019), mahkota nanas mengandung unsur-unsur karbon seperti selulosa sebanyak 69,5-71,5% , pentosan 17,0-17,8%, lignin 4,4-4,7%, dan abu 0,71-0,87%, protein dan lain sebagainya sehingga dapat dimanfaatkan menjadi karbon aktif melalui proses aktivasi dan karbonisasi. Kandungan-kandungan tersebut memiliki kemampuan sebagai adsorben sehingga dapat menjadi alternatif dalam mengurangi limbah mahkota nanas.

Untuk meningkatkan efektivitas adsorpsi pada karbon dapat dilakukan dengan mengaktivasi karbon tersebut. Proses aktivasi akan meningkatkan daya serap karbon dari rendah menuju daya serap yang lebih tinggi dengan menaikkan luas permukaan dan menghasilkan karbon yang berpori (Idrus dkk, 2013). Aktivasi bertujuan untuk membuka atau memperbesar pori, mengurangi pembentukan pengotor dan hasil samping dengan cara merendam adsorben dalam senyawa kimia yang disebut dengan aktivator. Aktivator yang digunakan pada penelitian ini adalah basa kuat yaitu KOH. Menurut rahmadani dan kurniawati (2017), kualitas karbon aktif yang diaktivasi dengan KOH dapat memperluas permukaan substansi adsorben sehingga meningkatkan daya serap.

Dengan demikian, pada penelitian ini akan menguji efektivitas adsorben mahkota nanas menggunakan aktivator KOH untuk menyisihkan pencemar pada air limbah industri karet.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang tersebut, maka rumusan masalah yang akan diteliti dalam penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana efisiensi penyisihan dari mahkota nanas sebagai adsorben terhadap penyerapan parameter BOD, COD dan amonia dalam air limbah industri karet?
2. Bagaimana pengaruh variasi massa adsorben terhadap penyisihan parameter BOD, COD dan amonia dalam air limbah industri karet ?
3. Bagaimana pengaruh variasi kecepatan pengadukan dalam penyisihan parameter BOD, COD dan amonia dalam air limbah industri karet ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu :

1. Mengetahui efisiensi penyisihan dari mahkota nanas sebagai adsorben terhadap penyerapan parameter BOD, COD dan amonia dalam air limbah industri karet.
2. Mengetahui pengaruh variasi massa adsorben terhadap penyisihan parameter BOD, COD dan amonia dalam air limbah industri karet.
3. Mengetahui pengaruh variasi kecepatan pengadukan dalam penyisihan parameter BOD, COD dan amonia dalam air limbah industri karet.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini yakni :

1. Bagian nanas yang digunakan sebagai adsorben yaitu bagian mahkota nanas.
2. Sampel yang digunakan pada penelitian ini yaitu air limbah dari industri karet yang ada di Kota Jambi.
3. Parameter air limbah industri karet yang diuji yaitu BOD, COD dan amonia.
4. Variasi massa adsorben yang digunakan adalah 0,5 gr, 1 gr dan 1,5 gr dan kecepatan pengadukan yang digunakan adalah 50 rpm, 100 rpm dan 150 rpm.
5. Aktivator yang digunakan adalah KOH 0,1 M.

1.5 Manfaat Tugas Akhir

Adapun hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberi bermanfaat seperti sebagai berikut :

1. Dapat memberikan manfaat kepada pihak-pihak yang membutuhkan solusi alternatif pemanfaatan mahkota nanas sebagai teknologi tepat guna dalam menyisihkan pencemaran perairan;

2. Menambah informasi mengenai teknologi sederhana yang murah dan sistem operasional yang cukup mudah untuk mengolah air limbah tercemar.

1.6 Sistematika Laporan

Adapun sistematika pada penulisan proposal tugas akhir ini disusun sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Pada BAB I, menjelaskan mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah dan sistematikan penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada BAB II, menjelaskan mengenai tinjauan pustaka yang menjadi teori pendukung berkaitan dengan air limbah industri karet, mahkota nanas, proses adsorpsi, BOD, COD, amoniak dan lain sebagainya yang melandasi penelitian tugas akhir

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada BAB III, berisi penjelasan mengenai metode dan prosedur yang dilakukan untuk mengetahui pengaruh dari variasi massa dan variasi kecepatan pengadukan pada adsorben terhadap penyerapan parameter BOD, COD dan Amonia pada air limbah industri karet.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab IV, berisi penjelasan mengenai hasil dari penelitian yang telah dilakukan serta pembahasan dari hasil yang telah didapatkan. Pada BAB IV juga menjelaskan pengaruh massa adsorben dan kecepatan pengadukan terhadap nilai efisiensi dari penyisihan BOD, COD dan amonia.

BAB V, KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab V, menjelaskan kesimpulan dari semua hasil penelitian yang telah dilakukan dengan menjawab semua tujuan dan menjelaskan mengenai saran untuk penelitian selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Limbah Industri Karet

Air limbah industri karet merupakan hasil akhir dari proses pembuatan karet yang mengandung bahan organik yang cukup tinggi seperti, amoniak, nitrogen, senyawa karbon, fosfor dan senyawa-senyawa lainnya. Untuk menghasilkan karet yang baik di dalam proses pengolahan karet sangat banyak membutuhkan air. Hal ini menjadi sumber dari banyaknya air limbah yang dibuang ke lingkungan. Proses ini dihasilkan dari pencucian, pencabikan, penggilingan, peremahan, pengeringan dan pengepresan. Adapun sumber utama yang dihasilkan dari proses industri karet yakni berupa air buangan yang menyebabkan timbulnya bau yang menyengat dari penambahan bahan dasar dari pembuatan karet tersebut dan pada saat penjemuran (Nurjanah dkk, 2017).

2.1.1 Karakteristik Air Limbah Industri Karet

Tingginya polutan yang terkandung dalam air limbah tersebut mengandung berbagai zat organik dan padatan tersuspensi yang mana menjadi penyebab terjadinya perubahan fisika, kimia dan biologi dalam perairan. Dalam industri karet banyak menghasilkan air pada saat proses pencucian, hal ini yang menyebabkan pada saat produksi banyak menghasilkan air limbah. Air limbah yang dihasilkan pada industri karet mengandung karatenoid, lipid, protein dan garam organik) juga penambahan zat kimia untuk proses produksi karet (Nurhayati, 2013).

Berikut karakteristik air limbah industri karet pada tabel 2.1 seperti sebagai berikut :

Tabel 2.1 Karakteristik Air Limbah Industri Karet

Parameter	Karet Remah	
	Kisaran	Rataan
COD (mg/L)	1352-1488	1403
BOD (mg/L)	420-725	566
NH ₃ (mg/L)	73-154	83

Sumber : Dewi dkk (2020)

Dari tabel diatas, dapat dilihat karakteristik air limbah industri karet berdasarkan parameternya memiliki rata-rata yaitu BOD 566 mg/L, COD 1403 mg/L dan amonia 83 mg/L.

BOD merupakan analisa yang digunakan untuk pendekatan secara global tentang proses mikrobiologis yang terjadi didalam perairan. BOD (*Biological Oxygen Demand*) adalah banyaknya jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik dalam kondisi *aerobic*. Parameter BOD ini merupakan salah satu parameter penting untuk pengujian air limbah karena dapat menentukan beban pencemaran akibat air buangan penduduk ataupun perindustrian.. Nilai BOD yang dihasilkan diartikan sebagai ukuran jumlah oksigen yang digunakan mikroorganisme yang terdapat di dalam perairan sebagai tanda masuknya bahan organik yang dapat diurai (*biodegradable organics*). Bahan organik dibutuhkan oleh mikroorganisme sebagai menjadi bahan makanan dan energinya dari proses oksidasi. Adapun Oksigen yang dapat dikonsumsi dalam pengujian BOD dapat diketahui dengan cara menginkubasi air

pada suhu 20°C Selama 5 hari agar bahan-bahan organik dapat terdegradasi secara sempurna (Fachrurozi dkk, 2010).

COD atau *Chemical Oxygen Demand* yaitu jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk menguraikan bahan organik yang terkandung di dalam air secara kimia dengan menggunakan oksidator kuat berupa kalium bikromat pada kondisi asam dan panas menggunakan katalisator perak sulfat. COD merupakan salah satu parameter pendeteksi pencemaran air, hal ini ditandai dengan semakin tinggi nilai COD maka semakin buruk kualitas air yang ada. Pada COD sekitar 85% bahan organik yang terdapat dalam air limbah dapat teroksidasi menjadi CO₂ dan H₂O sedangkan secara biologi (BOD) tidak semua bahan organik dapat diuraikan dengan bakteri (Andara dkk, 2014).

Nilai uji COD cenderung menghasilkan kebutuhan oksigen yang lebih tinggi dibandingkan dengan pengujian BOD, hal ini dikarenakan bahan-bahan yang stabil terhadap reaksi biologi dan mikroorganisme dapat ikut teroksidasi dalam uji COD. Seperti selulosa, sering tidak terukur melalui uji BOD karena sukar dioksidasi melalui reaksi biokimia, namun dapat terukur dengan pengujian COD. 96% hasil uji COD yang dilakukan selama 10 hari kira-kira akan setara dengan hasil uji BOD 5 hari (Fardiaz, 2003).

Amonia atau NH₃ merupakan salah satu senyawa kimia yang menjadi faktor pencemaran lingkungan karena baunya yang sangat menyengat. Bau yang menyengat pada amonia berasal karena adanya aktifitas mikroba, pengolahan limbah dan lain sebagainya. Amonia bersifat mudah larut dalam air. Amonia merupakan senyawa organik yang penting untuk proses nitrifikasi bakteri dalam

perairan, amonia terbagi menjadi 2 bentuk, yakni amonia tidak terionisasi dengan amonia tidak terionisasi. Amonia yang tidak terionisasi memiliki racun yang cukup tinggi sehingga dapat mengganggu syaraf pada ikan, sedangkan amonia yang terionisasi memiliki kadar racun yang rendah. Daya racun amonia dalam air akan meningkat saat kelarutan oksigen rendah. Keberadaan bakteri pengurai sangat berpengaruh terhadap persediaan oksigen yang secara alami terlarut dalam air (Komarawidjaja, 2005).

Kegiatan mikrobiologi dapat merubah keseimbangan nitrit-nitrit amonia, menurunkan kadar fenol dan BOD atau mereduksi sulfat menjadi sulfid. Amonia yang terlalu lama disimpan pada suhu kamar dan tidak segera diperiksa atau diawetkan akan mempengaruhi hasil pemeriksaan dan menimbulkan bau yang sangat menyengat atau tajam karena berkurangnya kandungan oksigen terlarut dalam air yang dibutuhkan mikroorganisme untuk mengoksidasi senyawa kimia sehingga akan menyebabkan pencemaran air (Yuwono dan Biomed, 2010).

2.1.2 Baku Mutu Air Limbah Industri Karet

Air limbah industri karet yang digunakan harus melalui pengolahan terlebih dahulu guna menanggulangi terjadinya pencemaran. Pada air limbah industri karet mempunyai beberapa parameter untuk mengukur kadar bahan organik pencemar diantaranya BOD, COD, TSS, amonia total dan Nitrogen total (sebagai N). Peraturan Menteri Lingkungan Hidup nomor 5 tahun 2014 tentang baku mutu air limbah telah menetapkan kadar maksimum bagi kegiatan industri ataupun suatu usaha karet, dapat dilihat pada tabel 2.2 berikut ini :

Tabel 2.2 Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/ atau Kegiatan Industri Karet

Parameter	Lateks Pekat		Karet Bentuk Kering	
	Kadar Paling Tinggi (mg/L)	Beban Pencemaran Paling Tinggi (kg/Ton)	Kadar Paling Tinggi (mg/L)	Beban Pencemaran Paling Tinggi (kg/Ton)
BOD5	100	4	60	2,4
COD	250	10	200	8
TSS	100	4	100	4
Amonia Total	15	0,6	5	0,2
Nitrogen Total (N)	25	1,0	10	0,4
Debit limbah paling tinggi	40 m ³ per ton produk karet		40 m ³ per ton produk karet	

Sumber : PERMEN LH No. 5 Tahun 2014

2.2 Adsorpsi

Adsorpsi didefinisikan sebagai suatu proses penyerapan suatu substansi pada permukaan zat padat, dimana terjadi gaya tarik-menarik antara substansi yang terserap dengan substansi yang menyerap. Dalam adsorpsi ini, ada istilah adsorbat dan adsorben, dimana adsorbat adalah substansi yang terserap dan adsorben adalah media penyerap pada larutan. Adsorpsi yang terjadi pada permukaan padatan dikarenakan adanya gaya tarik antar atom atau molekul padatan yang tidak seimbang, seiring dengan adanya gaya tersebut padatan cenderung menarik molekul-molekul lain yang bersentuhan dengan permukaan padatan, baik dalam fasa gas maupun fasa larutan kedalam permukaannya (Suratman dkk, 2016).

2.2.1 Mekanisme Adsorpsi

Adsorpsi terjadi apabila suatu molekul gas, padatan atau cairan dikumpulkan dengan molekul-molekul adsorbat dimana dalam proses ini terjadi gaya *hidrostatik*, gaya *kohesif* dan gaya ikatan hidrogen yang saling bekerja diantara molekul suatu material. Ketidak-seimbangan gaya antar molekul menyebabkan perubahan konsentrasi molekul *interface* solid/fluida. Adapun molekul fluida yang diserap namun tidak melekat pada permukaan adsorben disebut *adsorptif* sementara molekul yang melekat disebut dengan adsorbat (Ginting, 2008).

Pada proses adsorpsi, terdapat 2 metode yakni metode *batch* (perendaman) dan metode kolom (*fixed bed*). Metode perendaman atau metode batch dilakukan dengan cara mencampurkan larutan dengan bahan penyerap lalu dikocok hingga dicapai kesetimbangan. Untuk mencapai kesetimbangan adsorben dijenuhkan oleh adsorbat, lalu zat yang tak terserap dipisahkan dari campuran kemudian disaring. Apabila telah mencapai kesetimbangan, konsentrasi zat dalam filtrat diukur untuk menentukan keadaan kesetimbangan. Sedangkan metode *fixed bed* atau kolom ditandai dengan adsorben yang diletakkan kedalam kolom untuk mengadsorpsi lalu adsorbat dialirkan kedalam kolom. Dari proses ini, larutan yang meninggalkan kolom merupakan larutan yang tidak teradsorpsi, kemudian adsorbat dialirkan kedalam kolom hingga padatan adsorben menjadi jenuh sehingga pemisahan yang diinginkan tidak lagi tercapai. Kemudian aliran tersebut dilewatkan pada kolom berikutnya hingga adsorben diganti dan dibuat Kembali (Astuti dkk, 2006).

2.2.2 Jenis-Jenis Adsorpsi

Menurut Hadi (2016), jenis adsorpsi dapat dibedakan menjadi 2, yakni :

1. Adsorpsi Fisika

Adsorpsi fisika terjadi karena adanya *gaya van der waals* yang merupakan gaya tarik-menarik yang *relative* lemah, antara adsorbat dengan permukaan adsorben. Adsorpsi secara fisika ditandai dengan adsorbat yang tidak terikat kuat pada adsorben sehingga adsorbat dapat bergerak dari suatu bagian permukaan adsorben ke bagian permukaan adsorben lainnya.

2. Adsorpsi Kimia

Adsorpsi secara kimia ditandai dengan terjadinya pertukaran elektron atau bagian antar molekul adsorbat dengan permukaan adsorben sehingga memungkinkan timbulnya reaksi kimia. Ikatan kimia yang terbentuk lebih kuat sehingga lapisan terbentuk adalah lapisan monolayer. Adsorpsi secara kimia tidak bersifat *reversible* dan umumnya terjadi pada suhu tinggi sehingga proses adsorpsi dibutuhkan energi yang lebih tinggi untuk memutuskan ikatan antar permukaan adsorben dengan adsorbat.

2.2.3 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Daya Adsorpsi

Menurut Saragih (2008), pada proses adsorpsi terdapat beberapa faktor-faktor yang mempengaruhi daya adsorpsi dapat dilihat sebagai berikut :

1) Karakteristik Adsorben

- a. Luas permukaan dan volume pori adsorben, dimana jumlah molekul dari adsorbat yang telah terserap akan meningkat seiring bertambahnya luas permukaan dan volume pori dari permukaan adsorben. Semakin luas

permukaan maka akan semakin luas pula daya adsorpsi karena proses adsorpsi terjadi pada permukaan adsorben;

- b. Kemurnian adsorben, dimana adsorben yang memiliki tingkat kemurnian yang tinggi maka kemampuan adsorpsinya cenderung lebih baik.

2) Jenis Adsorbat

- a. Kepolaran zat, molekul-molekul polar lebih kuat diadsorpsi daripada molekul-molekul yang kurang polar apabila memiliki diameter yang sama;
- b. Ukuran molekul adsorbat dapat mempengaruhi ukuran pori dari adsorben yang dipakai, dimana molekul-molekul adsorbat akan dapat diadsorpsi apabila diameter lebih kecil dari diameter permukaan pori adsorben yang digunakan.

3) Tekanan Adsorbat

Tekanan adsorbat dalam adsorpsi fisika ditandai dengan apabila menaikkan tekanan adsorbat maka jumlah zat yang diadsorpsi akan bertambah, sebaliknya pada adsorpsi kimia apabila menaikkan tekanan adsorbat maka jumlah zat yang diadsorpsi akan berkurang;

4) Jenis Adsorben

- a. Adsorben polar, seperti *zeolite* dan *silica gel*;
- b. Adsorben non polar, jenis adsorben yang termasuk kelompok karbon aktif dan polimer adsorben.

5) pH

Adsorpsi terhadap basa organik akan lebih efektif pada pH tinggi sedangkan asam organik akan lebih mudah teradsorpsi pada pH rendah;

6) Daya Larut Terhadap Adsorben

Apabila daya larut tinggi, maka proses adsorpsi akan terhambat hal ini dikarenakan untuk melarutkan adsorbat dibutuhkan gaya yang berlawanan dengan gaya tarik adsorben terhadap adsorbat.

2.2.4 Isotherm Adsorpsi

Isotherm adsorption adalah berfungsi sebagai konsentrasi zat terlarut yang terserap pada zat padat terhadap konsentrasi larutan. Persamaan ini menjelaskan mengenai data percobaan *isotherm Langmuir, Freundlich, Brunauer, Emmet dan Teller (BET)*. Adapun tipe *isotherm* digunakan untuk mempelajari mekanisme adsorpsi fase cair maupun fase padat yang pada umumnya menganut *isotherm Freundlich dan Langmuir*. Ciri-ciri adsorben yang baik yaitu memiliki persentase penyerapan yang tinggi dan kapasitas adsorpsi (Apriliani, 2010).

a) Adsorption Isotherm Freundlich

Adsorption Isotherm Freundlich menurut Kasman (2011) dinyatakan bahwa persamaan yang teradsorpsi dengan konsentrasi adsorbat dalam larutan (yang tidak teradsorpsi) yang dirumuskan seperti sebagai berikut :

$$\frac{x}{m} = K \cdot C^{1/n} \dots\dots\dots(\text{Persamaan 2.1})$$

$$\text{Log } q_e = \text{log } KF + 1/n \cdot \text{log } CF \dots\dots\dots(\text{Persamaan 2.2})$$

Dimana : q_e = jumlah g teradsorpsi per g adsorben

n, KF = tetapan

CF = Konsentrasi adsorbat pada kesetimbangan

b) Adsorption Isotherm Langmuir

Adsorption Isotherm Langmuir menurut Kasman (2011) dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut :

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{q_m} \times C_e + \frac{1}{KL \times q_m} \dots\dots\dots(\text{Persamaan 2.3})$$

- Dimana :
- q_e = Jumlah kadar yang teradsorpsi per g pada konsentrasi C
 - KL = Konstanta kesetimbangan
 - C_e = Konsentrasi adsorbat pada kesetimbangan
 - q_m = Kapasitas adsorpsi maksimum.

2.3 Regresi Linear

Regresi dalam statistika adalah salah satu metode untuk menentukan tingkat pengaruh suatu variabel terhadap variabel yang lain. Variabel yang pertama disebut dengan bermacam-macam istilah: variabel penjelas, variabel eksplanatorik, variabel independen, atau secara bebas, variabel X (karena seringkali digambarkan dalam grafik sebagai absis, atau sumbu X). Variabel yang kedua adalah variabel yang dipengaruhi, variabel dependen, variabel terikat, atau variabel Y. Kedua variabel ini dapat merupakan variabel acak (random), namun variabel yang dipengaruhi harus selalu variabel acak (Hijriani dkk, 2017).

Analisis regresi pada dasarnya adalah studi mengenai ketergantungan satu variabel dependen (terikat) dengan satu atau lebih variabel independen (variabel penjelas/bebas), dengan tujuan untuk mengestimasi dan/ atau memprediksi rata-rata populasi atau nilai rata-rata variabel dependen berdasarkan nilai variabel independen yang diketahui. Pusat perhatian adalah pada upaya menjelaskan dan

mengevaluasi hubungan antara suatu variabel dengan satu atau lebih variabel independen. Hasil analisis regresi adalah berupa koefisien regresi untuk masing-masing variable independent. Koefisien ini diperoleh dengan cara memprediksi nilai variable dependen dengan suatu persamaan. Koefisien regresi dihitung dengan dua tujuan sekaligus : Pertama, meminimumkan penyimpangan antara nilai aktual dan nilai estimasi variable dependen; Kedua, mengoptimalkan korelasi antara nilai aktual dan nilai estimasi variable dependen berdasarkan data yang ada (Draper dan smith, 1992).

Menurut Suyono (2015), Pada rumus $y = a + bx$, parameter a merupakan titik potong garis dengan sumbu tegak (Y). Nilai a merupakan kontribusi terhadap mean (Y) di luar kontribusi yang diberikan oleh X . Parameter bx menyatakan kemiringan atau gradien (slope) garis. Jika $bx > 0$, maka grafik garis akan naik. Sebagai akibatnya, setiap kenaikan satu satuan dalam X akan memberi kenaikan positif sebesar bx pada (Y). Ini berarti jika bx positif maka ada pengaruh positif dari X terhadap (Y), dalam arti bahwa semakin besar X semakin besar pula Y secara rata-rata. (Jika kita melakukan eksperimen mungkin saja ada beberapa data di mana X semakin besar, tetapi nilai Y lebih kecil. Hal ini dikarenakan ada suku galat. Akan tetapi, secara rata-rata, semakin besar X semakin besar pula Y). Jika $bx < 0$, maka grafik garis akan turun. Setiap kenaikan satu satuan dalam X akan memberi pengurangan sebesar bx pada (Y). Ini berarti jika bx negatif, maka ada pengaruh negatif dari X terhadap mean dari Y , dalam arti bahwa semakin besar X justru akan semakin kecil nilai Y secara rata-rata. jika $bx = 0$, maka grafik garis akan mendatar, sejajar sumbu X . Perubahan nilai X tidak akan memengaruhi nilai

(Y). Jadi, jika $b_x = 0$ maka tidak ada pengaruh dari X terhadap Y secara rata-rata. Selain parameter a dan b_x juga perlu dipahami interpretasi dari σ^2 (variansi galat acak). Nilai σ^2 merupakan ukuran variasi dalam Y untuk nilai X yang tetap. Semakin besar nilai σ^2 semakin besar pula variasi dalam Y, dan semakin kecil nilai σ^2 semakin kecil pula variasi dalam Y.

2.4. Koefisien Korelasi

Menurut Sarwono (2006), Koefisien korelasi ialah pengukuran statistik kovarian atau asosiasi antara dua variabel. Besarnya koefisien korelasi berkisar antara +1 s/d -1. Koefisien korelasi menunjukkan kekuatan (*strength*) hubungan linear dan arah hubungan dua variabel acak. Jika koefisien korelasi positif, maka kedua variabel mempunyai hubungan searah. Artinya jika nilai variabel X tinggi, maka nilai variabel Y akan tinggi pula. Sebaliknya, jika koefisien korelasi negatif, maka kedua variabel mempunyai hubungan terbalik. Artinya jika nilai variabel X tinggi, maka nilai variabel Y akan menjadi rendah (dan sebaliknya). Untuk memudahkan melakukan interpretasi mengenai kekuatan hubungan antara dua variabel penulis memberikan kriteria dalam tabel 2.3 seperti sebagai berikut.

Tabel 2.3. Nilai koefisien Korelasi

Nilai Koefisien Korelasi	Hubungan Korelasi
0	Tidak ada korelasi antara dua variabel
>0,-0,25	Korelasi sangat lemah
>0,25-0,5	Korelasi cukup
>0,5-0,75	Korelasi kuat
0,75-0,99	Korelasi sangat kuat
1	Korelasi sempurna

2.5 Activated Carbon

Activated carbon merupakan senyawa karbon yang telah dilakukan aktivasi pada suhu 600-900°C sehingga memiliki pori dan memiliki luas permukaan yang besar. Tujuan dari aktivasi ini untuk meningkatkan daya adsorpsi pada adsorben. *Activated carbon* terdiri dari bahan-bahan yang mengandung sekitar 85-95% karbon yang dihasilkan dari proses pemanasan dengan suhu tinggi (Pratiwi, 2020).

Menurut Rahmadani dan Kurniawati (2017), Adapun proses pembuatan *activated carbon* melalui 2 tahapan yakni, karbonisasi dan aktivasi.

1. Karbonisasi

Karbonisasi didefinisikan sebagai proses terurainya selulosa organik menjadi unsur karbon. Pada proses ini, terjadi pembentukan karbon yang dihasilkan dari bahan baku yang dilakukan pemanasan dengan suhu sekitar 400-600°C.

2. Aktivasi

Proses aktivasi merupakan proses perubahan karbon dengan cara mengoksidasi molekul-molekul permukaan adsorben atau memecahkan ikatan hidrogen yang menyebabkan terjadinya perubahan secara fisika maupun kimia yang ditandai dengan adanya penambahan luas permukaan pada adsorben hingga memiliki karbon dengan daya serap yang tinggi. Untuk menghasilkan karbon yang berpori dan untuk menaikkan luas permukaan adsorben perlu dilakukan aktivasi dengan penambahan bahan pengaktif. *Activated carbon* yang dihasilkan sangat bergantung pada bahan baku yang digunakan, aktivator dan suhu. Aktivasi bisa dilakukan dengan dua cara, yakni secara kimia dan secara fisika.

a) Aktivasi Kimia

Aktivasi secara kimia dilakukan dengan cara pendaman pada senyawa pengaktivasi selama 24 jam, lalu ditiriskan dan dipanaskan dengan suhu 600-900°C. Pada suhu tinggi bahan pengaktivasi akan masuk kedalam sela-sela lapisan heksagonal dan membuka permukaan yang tertutup. Bahan kimia yang dapat dijadikan aktivator salah satunya yaitu KOH.

b) Aktivasi Fisika

Aktivasi secara fisika menggunakan oksidator lemah, seperti uap air, gas CO₂, O₂ dan lain sebagainya. Pada aktivasi secara fisika ini tidak terjadi oksidasi terhadap atom penyusun *activated carbon* namun oksidator ini hanya mengoksidasi komponen yang menutupi permukaan *activated carbon*.

2.6 Definisi Nanas



Gambar 2.1 Buah Nanas (Hidayat, 2008).

Nanas merupakan tanaman yang dapat hidup di daerah tropis maupun subtropis. Nanas dengan nama latin *Ananas cosmosus (L) Merr* memiliki tunas yang merayap hingga ke bagian pangkal, kemudian daun berkumpul dalam roset

akar dan melebar hingga membentuk pelepah. Bentuk daun runcing menyerupai pedang dengan panjang 80-120 cm dan lebar 2-6 cm. Kemudian memiliki tekstur keras dan tebal, diujungnya memiliki warna hijau kehitaman dan pada tepi daun terdapat duri yang tajam. Buahnya berbentuk bulat sedikit lonjong berdaging, jika masak warnanya kuning dan rasanya khas yakni asam sampai dengan manis. Selain itu bagian nanas terdapat mahkota, tunas tangkai buah, bunga, akar, batang, yang mana pada bagian atas buah tumbuh daun pendek-pendek yang disebut dengan mahkota yang terdiri dari sekitar 150 helai daun kecil. Pada buah nanas (Hidayat, 2008).

Tanaman nanas merupakan tanaman yang berasal dari family *Bromeliaceae* yang terdiri dari 2000 spesies dan 45 genus. Nanas diklasifikasikan sebagai berikut:

Divisi : Spermatophyta

Sub Divisi : Angiospermae

Class : Monocotyledoneae

Ordo : Ferinosae (Bromeliales)

Genus : Ananas

Spesies : Ananas Comosus (L) Merr

2.6.1 Mahkota Nanas



Gambar 2.2 Mahkota Nanas (Hidayat, 2008).

Mahkota buah nanas merupakan produk hasil samping yang dihasilkan dari buah nanas. Seringkali tanaman nanas hanya dimanfaatkan bagian buahnya saja sedangkan mahkota buah nanas menjadi limbah petani nanas dan tidak dimanfaatkan dengan baik. Daun mahkota pada nanas memiliki bentuk seperti pedang yang meruncing dan pada bagian ujungnya berwarna hijau kehitaman dan tepat pada tepi daun terdapat duri yang tajam. Daun pada mahkota nanas memiliki Panjang berkisar 10-25 cm dengan lebar 3,1-5,3 cm serta tebal daun antara 0,18-0,27 cm (Hidayat, 2008). Mahkota nanas ini berbentuk Tanaman nanas di panen 2-3 kali sebelum diganti dengan tanaman baru, hal ini menjadi penyebab tingginya limbah mahkota nanas yang menjadi sumber pencemaran lingkungan (Sirajuddin dkk, 2019).

2.6.2 Kandungan Mahkota Nanas

Dalam mahkota nanas menurut Sirajuddin et al (2019), mengandung senyawa-senyawa karbon yaitu selulosa 69,5-71,5%, lignin 4,4- 4,7%, abu 0,71-0,87%, pentosan 17,0-17,8 % serta zat-zat lain. Kandungan selulosa adalah suatu senyawa yang terdiri dari unsur-unsur karbon sehingga dapat dimanfaatkan

menjadi karbon aktif yang dihasilkan dari proses karbonisasi. BOD (*biological oxygen demand*) merupakan banyaknya jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik. COD (*chemical oxygen demand*) merupakan kebutuhan oksigen kimia untuk menguraikan bahan organik yang terkandung dalam air.

2.6.3 Efektivitas Mahkota Nanas Sebagai Adsorben

Mahkota nanas menjadi salah satu bagian yang memiliki kandungan selulosa yang tinggi. Adapun kandungan serat daun mahkota nanas yakni selulosa 69,5-71,5%, lignin 4,4- 4,7%, abu 0,71- 0,87%, pentosan 17,0-17,8% hemiselulosa 19,5 %, zat-zat lain (protein dan asam organik) sebanyak 5,6 %. Tingginya kadar selulosa pada mahkota nanas dapat menandakan bahwa mahkota nanas memiliki struktur yang berongga dalam selulosa yang dapat dijadikan adsorben untuk penyisihan zat organik. Adapun kriteria adsorben antara lain mudahnya mencari ketersediaan bahan, harga relative lebih murah, mempunyai kandungan karbon yang tinggi serta memiliki unsur anorganik. Tingkat produksi nanas yang cukup tinggi memungkinkan mahkota nanas tidak dimanfaatkan sehingga berdampak pada pencemaran lingkungan (Reyra dkk, 2017).

2.7 KOH

KOH atau *Potassium Hidroxide* merupakan senyawa organik yang bersifat basa kuat dan korosif. KOH berbentuk kristal 5 kecil berwarna putih dan mudah rapuh. *Kalium hidrokksida* bersifat higroskopis dan mudah meleleh. Senyawa KOH sering digunakan sebagai aktivator untuk adsorpsi limbah cair. Konsentrasi aktivator KOH mempengaruhi luas volume adsorben pada proses aktivasi kimia.

Tabel 2.4 Sifat Fisika dan Kimia KOH

Sifat	Keterangan
Massa molar	56,11 g/mol
Wujud	Padatan putih
Titik leleh	380°C
Titik didih	1320°C

Sumber : (Purba, 2020).

2.8 Penelitian Terdahulu

Tabel 2.5 Penelitian Terdahulu Menggunakan Nanas Sebagai Adsorben

Peneliti	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian
Rianto, (2020)	Analisis Kemampuan Daun Kulit dan Mahkota Limbah nanas dalam Menguraikan Limbah Pewarna Buatan <i>Methylene Blue</i>	Untuk mengetahui pengaruh massa adsorben dan waktu kontak kinerja adsorben	Massa optimum untuk adsorben murni yaitu 0,5 gr dengan penyisihan mencapai 99,55 dan adsorben yang telah di aktivasi optimum di massa adsorben 3 gr dengan penyisihan mencapai 99,5%.
Sirajuddin dkk (2019)	Karakteristik Arang Aktif Dari Limbah Mahkota Nanas (<i>Ananas comosus (L) Merr</i>) Menggunakan Aktivator Kimia H ₃ PO ₄	Untuk mengetahui pengaruh konsentrasi activator H ₃ PO ₄ terhadap aktivasi kimia	Semakin tinggi konsentrasi aktivator H ₃ PO ₄ karakteristik arang aktif semakin baik, dan konsentrasi aktivatornya 7 M.

Tabel 2.5 Penelitian Terdahulu Mennggunakan Nanas Sebagai Adsorben (Lanjutan)

Peneliti	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian
Naswir dkk (2020)	Pemanfaatan Kompilasi Bentonit dan Karbon Aktif Dari Batu Bara Untuk Menurunkan Kadar BOD dan COD Pada Air Limbah Cair Industri Karet.	Mengetahui kompilasi bentonite dan karbon aktif dari batu bara sebagai adsorben pada proses adsorpsi	Kompilasi bentonite yang dihasilkan memiliki daya serap yang baik untuk menurunkan BOD dan COD jumlah efisiensi 99,7% dan 98,72%.
Setiawan dkk (2017)	Pemanfaatan Limbah Daun Nanas (<i>Ananas Comosus</i>) Sebagai Bahan Dasar Arang Aktif Untuk Adsorpsi Fe (II).	Mereduksi zat warna dengan cara diaktivasi dengan H ₂ SO ₄ dan H ₃ PO ₄ dan tidak diaktivasi.	Hasil dari koefisien kinetika dari arang teraktivasi H ₂ SO ₄ dan H ₃ PO ₄ masing-masing sebesar 9,07x10 ⁻² dan 7,08x10 ⁻² L/mg. Kapasitas adsorpsi arang aktif daun nanas yang diaktivasi H ₂ SO ₄ sebesar 2,15 mg/g, sedangkan H ₃ PO ₄ sebesar 1,075 mg/g.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dengan pendekatan deskriptif dan kuantitatif dengan melakukan studi eksperimen berupa pengamatan proses adsorpsi terhadap air limbah industri karet menggunakan adsorben yang terbuat dari mahkota nanas.

3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan mulai bulan Oktober 2021 sampai dengan bulan Februari 2022. Pembuatan dan pengujian adsorben dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Batanghari yang beralamat di jl Slamet Riyadi, Broni, Kota Jambi. Pengujian parameter BOD, COD dan amonia dilakukan di Laboratorium Jambi Lestari Internasional, Kota Jambi.

3.3 Pengumpulan data

Pada penelitian ini dilakukan pengumpulan data yang dibutuhkan untuk mencapai hasil penelitian yakni :

1. Data Primer

Data primer yang diperoleh melalui pengamatan secara langsung dan hasil eksperimen yang dilakukan di Laboratorium terkait objek penelitian ini, diantaranya :

- a) Kadar air pada adsorben mahkota nanas.
- b) Kadar abu pada adsorben mahkota nanas.
- c) Kadar *volatile* pada adsorben mahkota nanas.
- d) Konsentrasi parameter BOD, COD dan Amonia.

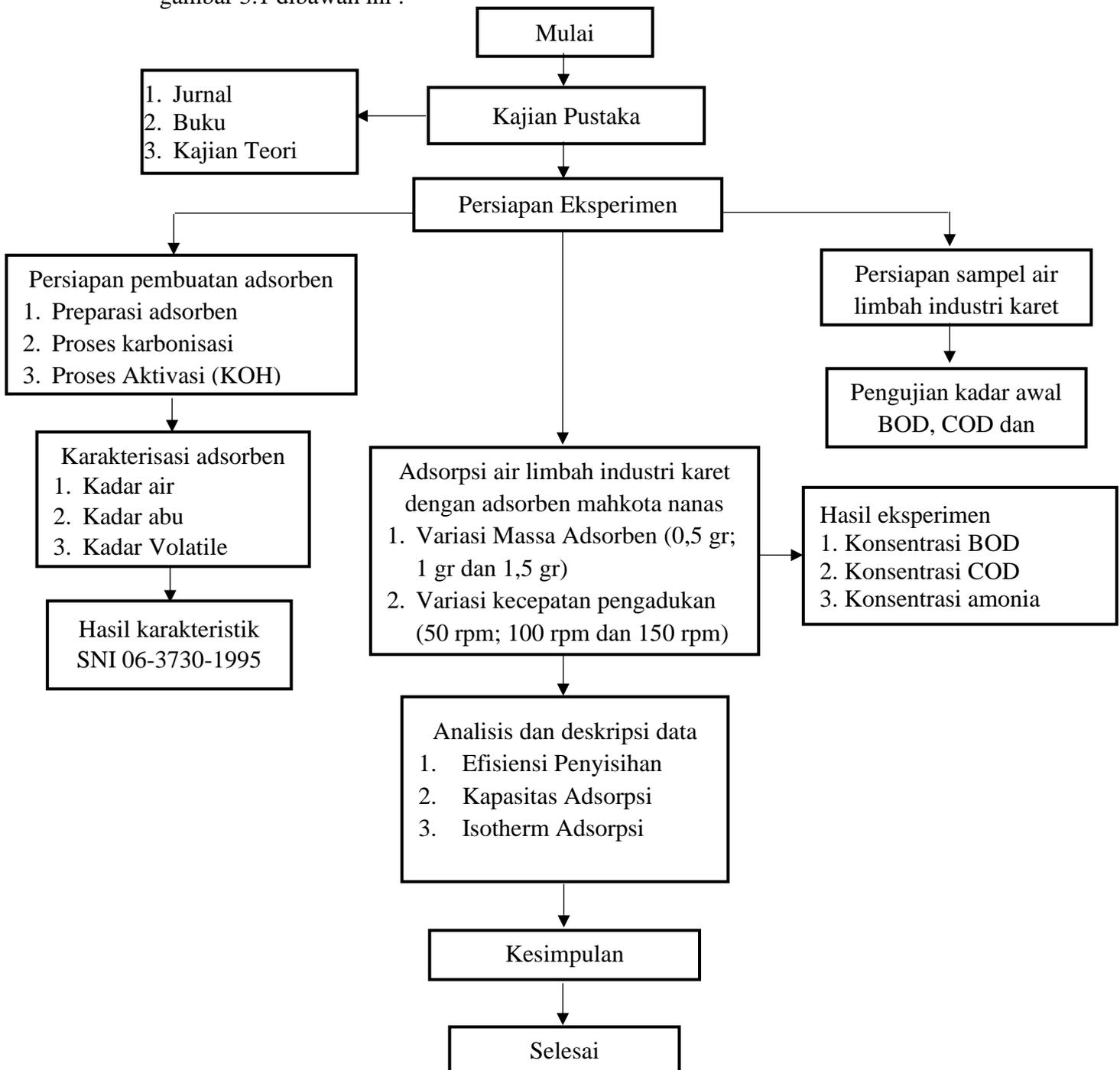
2. Data Sekunder

Data sekunder yang digunakan pada penelitian ini berupa data yang diperoleh dari literatur seperti jurnal, buku dan kajian teori yang sesuai dengan topik permasalahan pada penelitian yang dilakukan. Teori yang diambil dari literatur berupa :

- a. Air limbah industri karet.
- b. Karakteristik air limbah industri karet.
- c. Baku mutu air limbah industri karet.
- d. Adsorpsi.
- e. *Activated Carbon*.
- f. Mahkota Nanas.
- g. Aktivator KOH.

3.4 Alur Penelitian

Pada penelitian ini dilakukan beberapa tahapan yang dapat dilihat pada gambar 3.1 dibawah ini :



Gambar 3.1 Alur Penelitian

3.5 Variabel Penelitian

Penelitian ini terbagi menjadi 2 variabel yakni variabel bebas dan variabel terikat. Berikut uraian variabel pada penelitian ini :

1. Variabel bebas yang digunakan pada penelitian ini yakni :
 - a. Massa adsorben 0,5 gr; 1 gr dan 1,5 gr.
 - b. Kecepatan pengadukan 50 rpm; 100 rpm dan 150 rpm.
2. Variabel terikat yang digunakan pada penelitian ini yakni :
 - a. Efisiensi penyisihan pencemar BOD, COD dan amonia.
 - b. *Isotherm* adsorpsi.
 - c. Kapasitas adsorpsi.

3.6 Persiapan Penelitian

Persiapan yang dibutuhkan dalam penelitian ini yaitu alat, bahan serta konsep desain seperti sebagai berikut :

3.6.1 Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini yakni :

- a. Ayakan 40 *mesh*
- b. Desikator
- c. Oven *Memmert*
- d. Neraca analitik
- e. Gelas beaker
- f. *Furnace*
- g. Gelas ukur
- h. Kertas saring *Whatman 42*

i. *Flocculator Jar test*

3.6.2 Bahan

Bahan – bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi :

1. Mahkota nanas sebagai adsorben.
2. KOH sebagai bahan untuk mengaktivasi adsorben.

3.7 Tahapan Penelitian

Pada penelitian ini ada beberapa tahapan yang dilakukan yaitu :

3.7.1 Preparasi Adsorben

Mahkota nanas yang telah dikumpulkan dijemur dibawah sinar matahari untuk mengurangi kadar airnya hingga mahkota nanas benar- benar kering dan selanjutnya dipotong kecil-kecil dengan ukuran (± 3 cm) kemudian dipanaskan dengan oven suhu 110°C selama 24 jam.

3.7.2 Proses Karbonisasi

Pada proses karbonisasi ini dilakukan proses utama menggunakan *furnace* pada mahkota nanas yang telah kering dengan suhu 400°C selama 2 jam. Kemudian arang yang diperoleh dari mahkota nanas didinginkan dalam desikator dan setelah dingin dilakukan proses pengayakan dengan ukuran 40 *mesh* hingga diperoleh adsorben murni.

3.7.3 Proses Aktivasi

Pada proses ini arang diaktivasi dengan cara direndam dengan larutan KOH selama 24 jam lalu dilakukan penyaringan dengan kertas saring dan dicuci dengan aquades. Kemudian adsorben yang telah dicuci dioven selama 1 jam dengan suhu

100°C dan didinginkan menggunakan desikator lalu disimpan dalam box penyimpanan karbon.

3.8 Karakterisasi Adsorben Mahkota Nanas

Karakterisasi yang dapat dilakukan terhadap adsorben dari mahkota nanas sebelum dilakukannya proses adsorpsi mengacu pada penelitian Laos dan Selan (2016) dan Vinsiah dkk (2013), yakni :

1. Kadar air

Digunakan sebanyak 1 gram arang aktif kemudian dimasukkan kedalam cawan yang telah diketahui beratnya, lalu dimasukkan kedalam oven dengan suhu 105° C. Kemudian diletakkan didalam desikator selama 15 menit lalu ditimbang beratnya.

2. Kadar Abu

Digunakan sebanyak 1 gram arang aktif lalu dimasukkan kedalam cawan yang telah diketahui beratnya , kemudian di *furnace* dengan suhu 600° C hingga seluruh sampel menjadi abu. Setelah selesai dimasukkan desikator untuk didinginkan hingga suhu konstan dan kemudian ditimbang beratnya.

3. Kadar *Volatile*

Digunakan sebanyak 1 gram arang aktif kemudian dimasukkan kedalam cawan yang telah diketahui beratnya, lalu dimasukkan kedalam oven dengan suhu 900° C selama 7 menit. Lalu dikeluarkan cawan dari oven dan didinginkan di desikator selama 1 jam dan ditimbang beratnya.

3.9 Batch Experiment

Pada penelitian ini dilakukan eksperimen secara *batch*, dimana digunakan adsorben dari mahkota nanas dan digunakan 2 variabel bebas yaitu massa adsorben dan kecepatan pengadukan. Dimana tiap variabel bebas memiliki 3 variasi seperti pada tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Variabel Bebas Eksperiment

Variabel Bebas	Variasi Eksperimen		
	1	2	3
Massa Adsorben (gr)	0,5	1	1,5
Kecepatan Pengadukan (rpm)	50	100	150

Sumber : Data Primer 2022

Dari tabel 3.1 menjelaskan variabel bebas yang dilakukan untuk eksperimen ini, dimana variabel bebas yang divariasikan berupa massa adsorben yaitu 0,5 gram, 1 gram dan 1,5 gram dan kecepatan pengadukan 50 rpm, 100 rpm dan 150 rpm.

3.10 Pengujian Pengaruh Massa Adsorben dan Kecepatan Pengadukan

Penelitian ini dilakukan dengan memvariasikan massa adsorben dan kecepatan pengadukan untuk melihat tingkat kemampuan dari adsorben yang terbuat dari mahkota nanas dalam mengadsorpsi pencemar air limbah industri karet. Berikut langkah kerja yang dilakukan pada penelitian ini :

1. Sebanyak 200 ml air limbah industri karet dimasukkan kedalam gelas beaker ukuran 250 ml.
2. Massa adsorben yang digunakan adalah 0,5 gram, 1 gram dan 1,5 gram.

3. Dilakukan pengadukan menggunakan *floculator jarrest* dengan variasi kecepatan yang digunakan yakni 50 rpm, 100 rpm dan 150 rpm selama 30 menit.
4. Dilakukan penyaringan dengan menggunakan kertas saring *whatman 42* hingga diperoleh filtrat.
5. Diberikan label pada masing-masing gelas beaker dan dilanjutkan uji laboratorium setiap parameter di laboratorium Jambi Lestari International.
6. Data dianalisis mengikuti persamaan yang telah ditetapkan untuk memperoleh hasil penyerapan pencemar.

3.11 Efisiensi Penyerapan

Efisiensi penyisihan dihitung berdasarkan persamaan sebagai berikut :

$$\% \text{ Penyerapan} = \frac{C_1 - C_2}{C_1} \times 100\% \dots\dots\dots (\text{Persamaan 3.1})$$

Keterangan : C1 = Konsentrasi Awal

C2 = Konsentrasi Akhir

3.12 Analisis Data

Analisis data yang digunakan pada penelitian ini yaitu penentuan uji kualitas karbon aktif dengan menghitung kadar abu, kadar air dan kadar *volatile* dari adsorben mahkota nanas. Kemudian dilanjutkan dengan Analisa penyerapan pencemar parameter BOD, COD dan amonia yang dihasilkan dari air limbah industri karet dan menganalisa pengaruh dari kecepatan pengadukan dan massa adsorben.

1. Kadar Air

Prosedur penetapan pada kadar air mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-3730-1995 mengenai syarat mutu dan pengujian terhadap arang aktif. Pengujian dilakukan dengan mempersiapkan arang sebanyak 1 gram lalu dikeringkan dalam oven dengan suhu 105° C hingga beratnya konstan. Lalu dimasukkan kedalam desikator selama 15 menit hingga bobotnya tetap dan dilanjutkan dengan penentuan kadar air dalam (%). Berikut persamaannya :

$$\% \text{ Kadar Air} = \frac{W_2 - W_3}{W_2 - W_1} \times 100 \% \dots\dots\dots(\text{Persamaan 3.2})$$

Keterangan : W1 = Massa cawan kosong (gr)

W2 = Massa cawan + sampel awal (gr)

W3 = Massa cawan + sampel akhir (gr)

2. Kadar Abu

Adapun prosedur penetapan pada kadar abu ini mengacu pada SNI 06-3730-1995 mengenai syarat mutu dan pengujian arang aktif. Kadar contoh uji sebanyak 1 gram dimasukkan kedalam cawan yang telah diketahui bobot sebelumnya, kemudian di *furnace* pada suhu 600°C selama 5 menit hingga seluruh sampel menjadi abu. Kemudian didinginkan dalam desikator hingga suhu konstan lalu ditimbang. Kadar abu karbon dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Rumus : } \% \text{ Kadar Abu} = \frac{W_2 - W_3}{W_2 - W_1} \times 100\% \dots\dots\dots(\text{Persamaan 3.3})$$

Keterangan : W1 = Massa cawan kosong (gr)

W2 = Massa cawan + sampel awal (gr)

W3 = Massa cawan + sampel akhir (gr)

3. Kadar Volatile

Sebanyak 1 gram sampel karbon aktif ditimbang dan dimasukkan kedalam cawan cawan porselen yang diketahui bobot sebelumnya. Selanjutnya sampel dipanaskan dalam oven dengan suhu 900° C selama 7 menit. Kemudian cawan dikeluarkan dan didinginkan didalam desikator selama 1 jam kemudian ditimbang untuk mendapatkan berat akhir dari karbon aktif. Dilakukan perhitungan kadar zat dengan persamaan sebagai berikut :

$$\% \text{ Kadar Volatile} = \frac{W_2 - W_3}{W_2 - W_1} \times 100\% \dots\dots\dots(\text{Persamaan 3.4})$$

Keterangan : W1 = Massa cawan kosong (gr)

W2 = Massa cawan + sampel awal (gr)

W3 = Massa cawan + sampel akhir (gr)

4. Mekanisme Adsorpsi

b) *Adsorption Isotherm Freundlich*

Adsorption Isotherm Freundlich menurut Kasman (2011) dinyatakan bahwa persamaan yang teradsorpsi dengan konsentrasi adsorbat dalam larutan (yang tidak teradsorpsi) yang dirumuskan seperti sebagai berikut :

$$\frac{x}{m} = K \cdot C^{1/n} \dots\dots\dots(\text{Persamaan 3.5})$$

$$\text{Log } q_e = \text{log } KF + 1/n \cdot \text{log } CF \dots\dots\dots(\text{Persamaan 3.6})$$

Dimana : qe = jumlah g teradsorpsi per g adsorben

n, KF = tetapan

CF = Konsentrasi adsorbat pada kesetimbangan

c) *Adsorption Isotherm Langmuir*

Adsorption Isotherm Langmuir menurut Kasman (2011) dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut :

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{q_m} \times C_e + \frac{1}{KL \times q_m} \dots\dots\dots(\text{Persamaan 3.7})$$

Dimana : q_e = Jumlah kadar yang teradsorpsi per g pada konsentrasi C

KL = Konstanta kesetimbangan

C_e = Konsentrasi adsorbat pada kesetimbangan

q_m = Kapasitas adsorpsi maksimum.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Proses Pembuatan Adsorben Mahkota Nanas

Pembuatan sampel dilakukan untuk mempersiapkan sampel yang akan diuji agar sesuai dengan tujuan yang diinginkan. Dalam penelitian proses pembuatan sampel mahkota nanas dilakukan secara bertahap diantaranya tahapan pertama yaitu tahapan perajangan dan pengeringan sampel mahkota nanas. Tujuan dari tahapan ini untuk mempercepat proses pengeringan dan mengurangi kadar air dalam sampel sehingga lebih mudah untuk dihaluskan dan tidak menggumpal. Proses pengeringan sampel dilakukan dengan cara menjemur sampel secara langsung pada sinar matahari selama ± 4 hari, lalu dikeringkan dengan oven pada suhu 110°C selama 24 jam. Setelah sampel mahkota nanas kering, dilakukan penghalusan untuk memperkecil ukuran partikel adsorben. Salah satu hal yang dapat meningkatkan daya adsorpsi yaitu ukuran partikel, semakin kecil ukuran adsorben maka akan semakin besar luas permukaan yang dihasilkan (Ramadhani, 2021). Berikut merupakan gambar proses pencacahan mahkota nanas :



Gambar 4.1 Pencacahan Mahkota Nanas

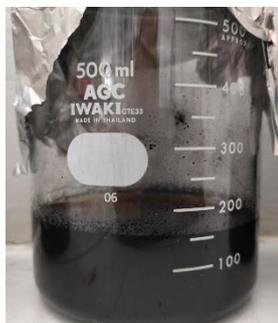
Tahapan kedua yakni proses karbonisasi dengan menggunakan suhu 400°C selama 2 jam. Tujuan dari karbonisasi ini yaitu mengubah bahan-bahan organik menjadi komponen karbon untuk memperluas permukaan. Proses ini membakar semua pengotor dari bahan baku dan meninggalkan residu berpori yang memiliki luas permukaan yang cukup besar (Beroeh, 2004). Kemudian setelah dikarbonisasi adsorben dihaluskan dan diayak menggunakan ayakan ukuran 40 *mesh*.



Gambar 4.2 Karbonisasi Mahkota Nanas

Tahapan ketiga adalah proses aktivasi, proses ini dilakukan dengan cara perendaman adsorben mahkota nanas ke dalam senyawa basa yakni larutan KOH dengan konsentrasi 0,3 M selama 24 jam. KOH merupakan aktivator kimia yang baik pada karbon aktif karena dapat meningkatkan luas permukaan hingga 3000 m²/gr. Selain itu, KOH juga bertindak sebagai basa kuat yang dapat menghilangkan zat pengotor dalam karbon aktif (Nurfitria dkk, 2019). Aktivasi pada adsorben ini bertujuan untuk memperbesar diameter pori dan menghilangkan zat pengotor pada permukaan adsorben selain itu aktivasi dilakukan untuk memperbesar pori yaitu dengan memecahkan ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul-molekul permukaan sehingga arang mengalami perubahan

sifat, baik fisika maupun kimia, yaitu luas permukaannya bertambah besar dan berpengaruh terhadap daya adsorpsi (Jamilatun dan setyawan, 2014). Pemakaian KOH 0,3 M sebagai *reagen* aktivator dikarenakan KOH 0,3 M bersifat sebagai oksidator yang dapat mengoksidasi adsorben sehingga menyebabkan permukaan adsorben akan rusak hingga terbentuklah pori-pori baru maupun memperbesar diameter pori-pori pada adsorben yang dapat meningkatkan daya adsorpsi. Berikut adalah gambar proses aktivasi adsorben mahkota nanas :



Gambar 4.3 Aktivasi Adsorben Mahkota Nanas

Tahapan selanjutnya merupakan pencucian dan pengeringan adsorben. Proses pencucian bertujuan untuk membersihkan kotoran yang tertinggal pada adsorben dan membuat permukaan adsorben menjadi tidak bermuatan sedangkan pengeringan adsorben berfungsi untuk mengurangi kadar air dan mengawetkan adsorben.

4.2 Karakterisasi Adsorben

Karakterisasi adsorben dari mahkota buah nanas dilakukan untuk mengetahui kualitas adsorben terbaik sebelum dilakukan pengujian pada air limbah industri karet dalam penyerapan parameter BOD, COD dan amonia dalam air limbah. Karakterisasi adsorben mahkota nanas setelah diaktivasi mencakup uji

kadar air, kadar abu dan kadar volatil berdasarkan SNI-06-3730-1995 yang ditampilkan pada Tabel 4.1 :

Tabel 4.1 Hasil Uji Karakteristik Adsorben Mahkota Nanas

Parameter	Hasil Uji	SNI-06-3730-1995
Kadar Air (%)	10,4	Maks 15%
Kadar Abu (%)	4,6	Maks 10%
Kadar Volatil (%)	6,7	Maks 25%

Sumber : Data primer, 2022

Berdasarkan tabel 4.1 menunjukkan bahwa kadar air yang dihasilkan dalam penelitian ini diperoleh sebesar 10,4% dimana dari hasil tersebut telah mencukupi standar kualitas karbon aktif dan tidak melewati baku mutu menurut SNI-06-3730-1995 yakni maksimal sebesar 15%. Rendahnya kadar air yang dihasilkan memperlihatkan bahwa kandungan air terikat pada bahan baku yang dikarbonisasi lebih dahulu keluar sebelum diaktivasi. Kemudian pada pengujian kadar abu diperoleh sebesar 4,6% dimana adsorben dari mahkota nanas telah memenuhi baku mutu karbon aktif yang berlandaskan SNI-06-3730-1995 dengan kadar abu yang diizinkan untuk karbon aktif maksimal 10%. Rendahnya nilai kadar abu yang dihasilkan menandai bahwa luas permukaan adsorben mahkota nanas lebih besar.

Dari pengujian yang telah dilakukan, kadar *volatil* yang diperoleh pada adsorben yang diaktivasi yakni sebesar 6,7%. Nilai kadar volatil yang diperoleh dari adsorben mahkota nanas yang diaktivasi ini telah memenuhi syarat karbon aktif berdasarkan SNI-06-3730-1995 dengan kadar maksimal 25%.

4.3. Efisiensi Penyisihan dan Kapasitas Adsorpsi

Efisiensi adsorpsi menyatakan tingkat seberapa besar adsorben mampu menyerap adsorben. Kapasitas adsorpsi menyatakan banyaknya adsorbat yang mampu terakumulasi pada permukaan adsorben sehingga ketika proses adsorpsi berlangsung pada kondisi optimum maka akan diperoleh arang aktif dengan kapasitas adsorpsi yang maksimum pula. Dalam penelitian ini dihitung nilai efisiensi dan kapasitas adsorpsi penyisihan parameter BOD, COD dan amonia sebagai pencemar pada air limbah industri karet yang telah dilakukan adsorpsi menggunakan adsorben mahkota nanas.

4.3.1 *Biological Oxygen Demand (BOD)*

Biological oxygen demand (BOD) didefinisikan sebagai banyaknya jumlah oksigen terlarut yang diperlukan oleh mikroorganisme (bakteri) untuk mendekomposisikan bahan organik dalam kondisi aerob (membutuhkan oksigen). BOD merupakan salah satu parameter penting untuk dianalisis, karena digunakan sebagai acuan untuk mengetahui banyaknya bahan organik yang terdapat pada air limbah karet. Penelitian ini mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 dengan batas kadar BOD yang dihasilkan sebesar 100 mg/L. Penelitian ini menggunakan 2 variabel bebas, yakni variabel massa dengan variasi 0,5 gram, 1 gram dan 1,5 gram dengan kecepatan pengadukan selama 50 rpm, 100 rpm dan 150 rpm dengan waktu yang digunakan pada masing-masing variabel yakni 30 menit. Tujuan dari variasi tersebut untuk melihat efisiensi dari adsorben mahkota nanas terhadap air limbah industri karet. Hasil uji BOD dapat dilihat pada tabel 4.2 seperti sebagai berikut :

Tabel 4.2 Hasil Uji Penyisihan Parameter BOD

Kecepatan Pengadukan (rpm)	Massa (gr)	Konsentrasi awal (mg/L)	Konsentrasi akhir (mg/L)	Efisiensi Penyisihan (%)	Kapasitas adsorpsi (mg/g)
50	0,5	166,34	15,38	90,75	60,38
	1	166,34	15,28	90,81	30,21
	1,5	166,34	16,11	90,32	20,03
100	0,5	166,34	9,39	94,35	62,78
	1	166,34	14,26	91,43	30,41
	1,5	166,34	15,58	90,63	20,10
150	0,5	166,34	11,33	93,19	62,00
	1	166,34	21,18	87,27	29,03
	1,5	166,34	8,14	95,11	21,09

Sumber : Hasil Uji Laboratorium Jambi Lestari International (2022)

Berdasarkan tabel 4.2 dapat dilihat bahwa, konsentrasi awal dari parameter BOD yakni 166,34 mg/L yang berarti melewati baku mutu BOD menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 dengan batas kadar BOD 100 mg/L dan setelah dilakukan penambahan adsorben yang divariasikan konsentrasi BOD mengalami penurunan menjadi 9,39-21,18 mg/L yang berarti adsorben dari mahkota nanas dapat menurunkan konsentrasi BOD. Pada penelitian ini, variasi kecepatan pengadukan yang digunakan yakni 50 rpm, 100 rpm dan 150 rpm dengan 3 variasi massa yakni 0,5 gram, 1 gram dan 1,5 gram. Dari data tersebut dipilih salah satu data yang memiliki nilai efisiensi dan kapasitas adsorpsi yang tinggi, yakni pada variasi kecepatan pengadukan 100 rpm dengan massa adsorben 0,5 gram.

4.3.1.1 Pengaruh Massa Adsorben Terhadap Penyisihan BOD

Massa adsorben merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi penyisihan parameter BOD, maka dari itu digunakan variasi massa untuk melihat pengaruh dari penambahan massa adsorben terhadap penyisihan parameter BOD

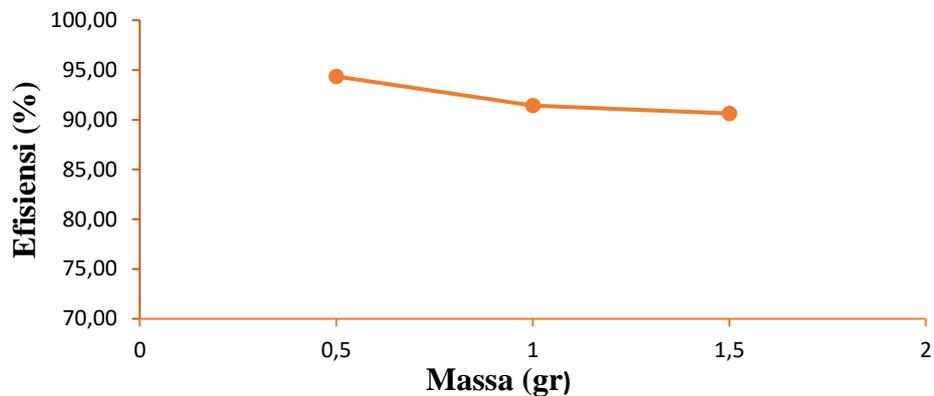
dalam air limbah karet. Berdasarkan hasil penelitian pada Tabel 4.2, penyisihan terbaik terjadi pada kecepatan pengadukan 100 rpm dengan variasi massa adsorben 0,5 gram, 1 gram dan 1,5 gram. Hasil uji penyisihan BOD pada variasi kecepatan pengadukan 100 rpm ditampilkan pada Tabel 4.3 berikut.

Tabel 4.3 Hasil Uji Penyisihan BOD Terhadap Variasi Massa

Kecepatan Pengadukan (rpm)	Massa (gr)	Konsentrasi awal (mg/L)	Konsentrasi akhir (mg/L)	Efisiensi Penyisihan (%)	Kapasitas Adsorpsi (mg/g)
100	0,5	166,34	9,39	94,35	62,78
	1	166,34	14,26	91,43	30,41
	1,5	166,34	15,58	90,63	20,10

Sumber : Data Primer (2022)

Berdasarkan tabel 4.3 di atas, dapat dilihat hasil uji parameter BOD terhadap variasi massa adsorben diketahui bahwa tingkat efisiensi penyisihan yakni 90% - 94%. Hasil tersebut, menunjukkan bahwa adsorben menggunakan mahkota nanas mampu menurunkan konsentrasi pencemar BOD melalui proses adsorpsi dengan konsentrasi akhir berada dibawah baku mutu menurut PERMEN LH Nomor 5 Tahun 2014 sebesar 100 mg/L. Pada massa adsorben 1,5 gram terjadi penurunan efisiensi dan kapasitas adsorpsi, hal ini diduga karena bertambahnya massa adsorben dalam volume yang sama justru akan menyebabkan interaksi yang tidak sempurna pada saat proses pengadukan dilakukan, sehingga adsorben tertutup oleh padatan lainnya atau saling tumpang-tindih sehingga banyak pori adsorben yang tidak bekerja dengan baik dalam menyerap zat organik (Swastha, 2010). Berikut merupakan grafik efisiensi variasi massa adsorben terhadap penyisihan BOD :

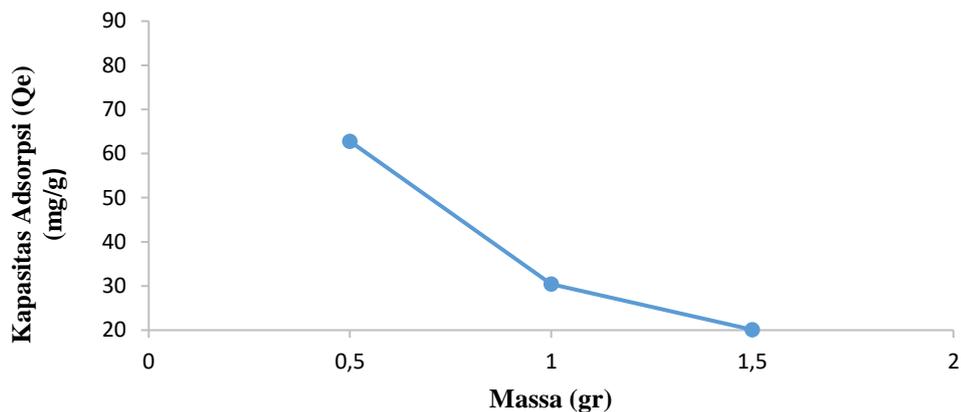


Gambar 4.4 Grafik Efisiensi Parameter BOD Terhadap Variasi Massa Adsorben

Berdasarkan grafik 4.4 di atas, pada penggunaan variasi massa adsorben 0,5 gram memiliki efisiensi penyisihan sebesar 94% kemudian pada massa adsorben 1 gram dan 1,5 gram nilai efisiensi semakin menurun yakni 91% - 90%. Hal ini dapat disebabkan karena adanya peningkatan massa adsorben yang digunakan menyebabkan permukaan adsorben mengalami kejenuhan dalam mengikat parameter BOD, sehingga tidak efektif lagi untuk proses penyerapan secara optimal (Wahyuni dkk, 2017). Selain itu, kurangnya waktu yang digunakan pada saat pengadukan yakni selama 30 menit. Menurut Novita (2021), semakin cepat pengadukan maka adsorpsi semakin baik, namun waktu memengaruhi kecepatan. Hal tersebut terjadi karena waktu dan kecepatan saling berkaitan, apabila kecepatan semakin kecil maka waktu pengadukan semakin lama, namun apabila kecepatan semakin besar maka waktu yang dibutuhkan semakin kecil. Dengan demikian, variasi massa adsorben tidak mempengaruhi efisiensi penyisihan dikarenakan nilai efisiensi relatif tinggi meskipun dengan massa yang bertambah.

Penetapan kapasitas adsorpsi bertujuan untuk mengetahui banyaknya

pencemar BOD yang mampu diserap oleh setiap gram adsorben mahkota nanas. Hasil penelitian kapasitas adsorpsi berdasarkan variasi massa adsorben dapat dilihat pada gambar 4.5 seperti sebagai berikut :



Gambar 4.5 Grafik Kapasitas Adsorpsi Parameter BOD Terhadap Variasi Massa Adsorben

Berdasarkan grafik pada gambar 4.5 di atas, dapat dijelaskan hubungan antara variasi massa adsorben terhadap kapasitas adsorpsi. Pada massa 0,5 gram memiliki kapasitas adsorpsi sebesar 62,78 mg/g kemudian pada massa 1 gram hingga 1,5 gram mengalami penurunan kapasitas adsorpsi yang cukup signifikan yakni sebesar 30,41 mg/g hingga 21,10 mg/g.

Kapasitas adsorpsi adsorben mahkota nanas terhadap pencemar BOD pada variasi massa mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya massa adsorben. Menurut Rizki (2019), pada massa adsorben yang besar proses adsorpsinya akan berlangsung dengan cepat dan telah mencapai titik kejenuhan sehingga pada suatu waktu kecepatan adsorpsi lebih besar dari kecepatan desorpsi akibatnya adsorbat menjadi mudah lepas dari permukaan adsorben. Hal ini yang menyebabkan pada penambahan massa adsorben mahkota nanas maka adsorbat semakin mudah teradsorpsi. Pada penelitian ini massa adsorben optimum yakni

pada massa 0,5 gram dengan daya adsorpsi sebesar 62,78 mg/g. Hasil penelitian ini menunjukkan semakin besar massa adsorben maka kapasitas adsorpsi akan semakin menurun.

Hasil penelitian ini didukung dengan penelitian yang dilakukan oleh Barros dkk (2003), dengan adanya peningkatan jumlah adsorben, maka terjadi peningkatan persentase nilai efisiensi adsorpsi dan penurunan kapasitas adsorpsi. Hal ini dikarenakan peningkatan jumlah adsorben akan meningkatkan jumlah sisi aktif sehingga efisiensi adsorpsi akan meningkat, namun sisi aktif tersebut akan saling berkompetisi dalam penjerapan adsorbat sehingga akan menyebabkan kapasitas adsorpsi menjadi menurun jika dibandingkan dengan jumlah adsorben yang sedikit.

4.3.1.2 Pengaruh Kecepatan Pengadukan Terhadap Penyisihan BOD

Kecepatan pengadukan pada sistem batch dalam proses adsorpsi dapat membantu mempercepat proses adsorpsi. Adanya kecepatan pengadukan ini, adsorben akan terdistribusi kesegala arah dalam larutan sehingga dapat berinteraksi dengan adsorbat secara menyeluruh. Kecepatan pengadukan merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi, maka dari itu digunakan variasi kecepatan pengadukan untuk melihat pengaruh kecepatan pengadukan terhadap penyisihan parameter BOD dalam air limbah karet. Berdasarkan hasil penelitian pada Tabel 4.2, nilai penyisihan dan kapasitas adsorpsi optimal terjadi pada variasi massa 0,5 gram dengan variasi kecepatan pengadukan 50, 100 dan 150 rpm dengan waktu pengadukan 30 menit. Hasil uji penyisihan BOD pada massa 0,5 gram terhadap variasi kecepatan pengadukan

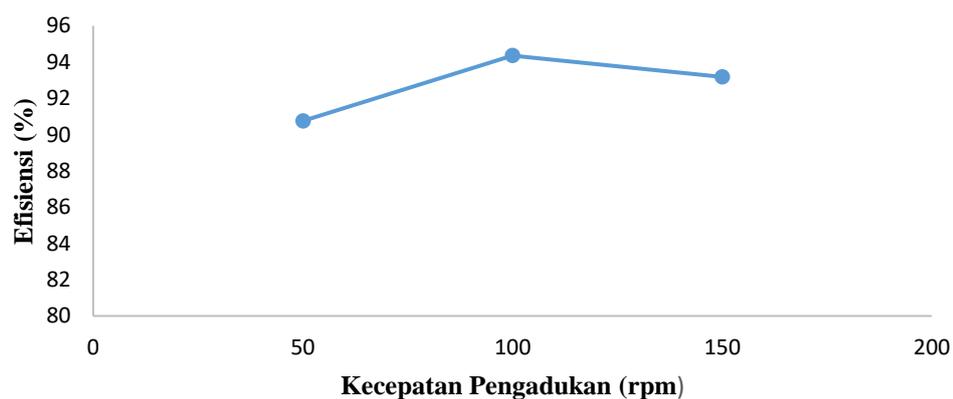
ditampilkan pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil Uji Penyisihan BOD Terhadap Variasi Kecepatan Pengadukan

Massa (gr)	Kecepatan Pengadukan (rpm)	Konsentrasi awal (mg/L)	Konsentrasi akhir (mg/L)	Efisiensi Penyisihan (%)	Kapasitas Adsorpsi (mg/g)
0,5	50	166,34	15,38	90,75	60,38
	100	166,34	9,39	94,35	62,78
	150	166,34	11,33	93,18	62,00

Sumber : Data Primer (2022)

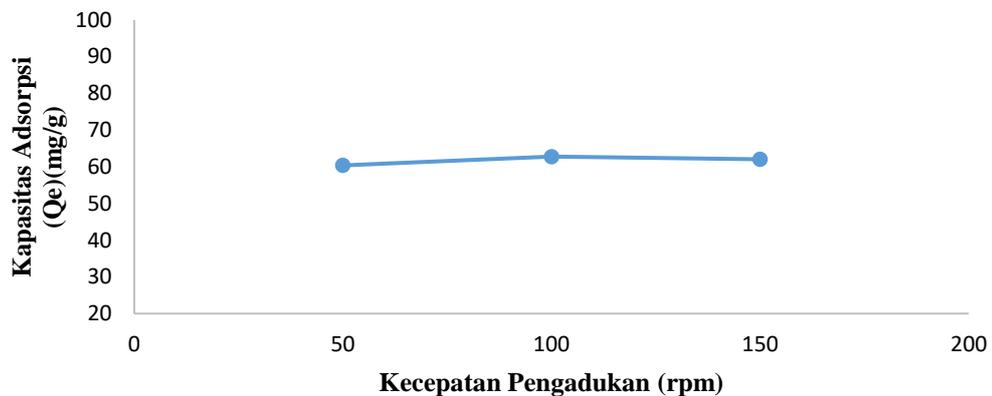
Berdasarkan tabel di atas dapat dilihat pada tabel 4.4 mengenai hasil uji parameter BOD terhadap variasi kecepatan pengadukan 50 rpm, 100 rpm dan 150 rpm, diketahui bahwa tingkat efisiensi penyisihan yakni 90% - 94%. Hasil pada tabel 4.4 menunjukkan bahwa adsorben dengan massa 0,5 gram menggunakan kecepatan pengadukan 100 rpm memiliki efisiensi penyisihan dan kapasitas adsorpsi tertinggi serta penurunan konsentrasi BOD yang berada dibawah baku mutu sebelum diproses menggunakan adsorben mahkota nanas yakni sebesar 166,34 mg/L kadar BOD turun menjadi 9,39 mg/L. Berikut merupakan grafik efisiensi variasi kecepatan pengadukan terhadap penyisihan BOD.



Gambar 4.6 Grafik Efisiensi Parameter BOD Terhadap Variasi Kecepatan Pengadukan

Berdasarkan grafik pada gambar 4.6 di atas, dapat dijelaskan bahwa hubungan antara variasi kecepatan pengadukan terhadap efisiensi penyisihan pencemar BOD dimana pada penggunaan variasi kecepatan pengadukan 50 rpm memiliki efisiensi penyisihan sebesar 90,75% kemudian pada massa adsorben 1 gram mengalami peningkatan efisiensi penyisihan sebesar 94,35%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kecepatan pengadukan dapat meningkatkan efisiensi penyisihan pencemar BOD seiring bertambahnya kecepatan pengadukan. Semakin kecil kecepatan pengadukan maka adsorbat sukar menembus lapisan, kemudian semakin besar kecepatan pengadukan maka adsorpsi pun berjalan dengan baik. Hasil tersebut sesuai dengan Sirajuddin dkk (2017), kecepatan pengadukan merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi, dimana semakin tinggi kecepatan pengadukan maka bidang kontak antara adsorben dan adsorbatnya akan semakin luas, sehingga proses adsorpsi akan berlangsung secara optimal. Namun pada kecepatan pengadukan 150 rpm, efisiensi penyisihan parameter BOD terjadi sedikit penurunan. Menurut Mu'in dkk (2017), peristiwa tersebut dapat dikarenakan proses pengadukan yang terlalu cepat membuat proses adsorpsi tidak berjalan dengan baik. Pengadukan yang terlalu cepat akan membuat permukaan adsorben rusak yang disebabkan adanya panas akibat kecepatan pengadukan sehingga membuat penyerapan pada permukaan adsorben tidak berjalan dengan baik.

Pada penelitian ini, penetapan kapasitas adsorpsi dilakukan dengan memvariasikan kecepatan pengadukan dengan massa adsorben yang sama. Hasil penelitian kapasitas adsorpsi dapat dilihat seperti sebagai berikut.



Gambar 4.7 Grafik Kapasitas Adsorpsi Parameter BOD Terhadap Variasi Kecepatan Pengadukan

Berdasarkan grafik pada gambar 4.7 di atas, dapat dijelaskan bahwa hubungan antara variasi kecepatan pengadukan terhadap kapasitas adsorpsi pada kecepatan pengadukan 50 rpm massa 0,5 gram memiliki nilai kapasitas adsorpsi sebesar 60,38 mg/g, kemudian pada kecepatan pengadukan 100 rpm dengan massa 0,5 gram terjadi kenaikan nilai kapasitas adsorpsi dikarenakan meningkatnya daya adsorpsi yakni sebesar 62,78 mg/g. Gambar 4.4 menunjukkan bahwa kapasitas adsorpsi meningkat seiring bertambahnya kecepatan pengadukan. Namun pada kecepatan pengadukan 150 rpm massa 0,5 gram terjadi penurunan daya adsorpsi. Hal ini dikarenakan proses pengadukan yang sangat cepat dan kuat sehingga adsorbat yang terikat pada permukaan biosorben terlepas kembali. Adanya seperti ini dapat mempercepat terjadinya proses penjenuhan pada permukaan adsorben dan menyebabkan daya adsorpsinya menurun (Ramadhani, 2021).

4.3.2. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

Chemical oxygen demand (COD) merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk menguraikan seluruh bahan organik yang terkandung didalam

air sehingga segala macam bahan organik maupun anorganik akan teroksidasi. Menurut Nurmalia dkk (2017), Nilai COD menyatakan konsentrasi senyawa organik yang dapat dioksidasi menggunakan oksidator kuat dalam suasana asam. Tingginya nilai COD menyebabkan berkurangnya jumlah oksigen terlarut hal ini dikarenakan dengan tingginya nilai COD maka dibutuhkan jumlah oksigen yang banyak untuk mengoksidasi zat-zat organik dan anorganik pada air. Berkurangnya oksigen terlarut akan mengakibatkan kematian pada biota air sehingga merusak ekosistem yang terjadi didalamnya. COD merupakan salah satu parameter penting untuk dianalisis, karena parameter COD digunakan sebagai acuan untuk mengetahui banyaknya bahan organik yang terdapat pada air limbah karet. Penelitian ini mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 dengan batas kadar COD yang dihasilkan sebesar 250 mg/L. Hasil penyisihan COD menggunakan adsorben mahkota nanas dapat dilihat pada tabel 4.5 sebagai berikut :

Tabel 4.5 Hasil Uji Penyisihan Parameter COD

Kecepatan Pengadukan (rpm)	Massa (gr)	Konsentrasi awal (mg/L)	Konsentrasi akhir (mg/L)	Efisiensi Penyisihan (%)	Kapasitas Adsorpsi (mg/g)
50	0,5	524,74	45,65	91,30	191,63
	1	524,74	50,2	90,43	94,90
	1,5	524,74	57,02	89,13	62,36
100	0,5	524,74	25,2	95,20	199,81
	1	524,74	47,93	90,87	95,36
	1,5	524,74	52,47	90,00	62,96
150	0,5	524,74	36,56	93,03	195,27
	1	524,74	70,66	86,53	90,81
	1,5	524,74	28,61	94,55	66,15

Sumber : Hasil Uji Laboratorium Jambi Lestari International (2022)

Berdasarkan tabel 4.5 dapat dilihat bahwa, konsentrasi awal dari parameter COD yakni 524,74 mg/L yang berarti melewati baku mutu menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 dengan batas kadar COD 250 mg/L dan setelah dilakukan penambahan adsorben yang divariasikan konsentrasi COD mengalami penurunan antara 25,2-70,66 mg/L yang berarti adsorben dari mahkota nanas dapat menurunkan konsentrasi BOD. Pada penelitian ini, variasi kecepatan pengadukan yang digunakan yakni 50 rpm, 100 rpm dan 150 rpm dengan 3 variasi massa yakni 0,5 gram, 1 gram dan 1,5 gram. Dari data tersebut dipilih salah satu data yang memiliki nilai efisiensi dan kapasitas adsorpsi yang tinggi, yakni pada variasi kecepatan pengadukan 100 rpm dengan massa adsorben 0,5 gr.

4.3.2.1 Pengaruh Massa Adsorben Terhadap Penyisihan COD

Massa adsorben merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi penyisihan parameter COD, maka dari itu digunakan variasi massa untuk melihat pengaruh dari penambahan massa adsorben terhadap penyisihan parameter COD dalam air limbah karet. Berdasarkan hasil penelitian pada Tabel 4.5, penyisihan terbaik terjadi pada kecepatan pengadukan 100 rpm dengan variasi massa adsorben 0,5 gram, 1 gram dan 1,5 gram. Hasil uji penyisihan COD pada variasi kecepatan pengadukan 150 rpm ditampilkan pada Tabel 4.6 berikut.

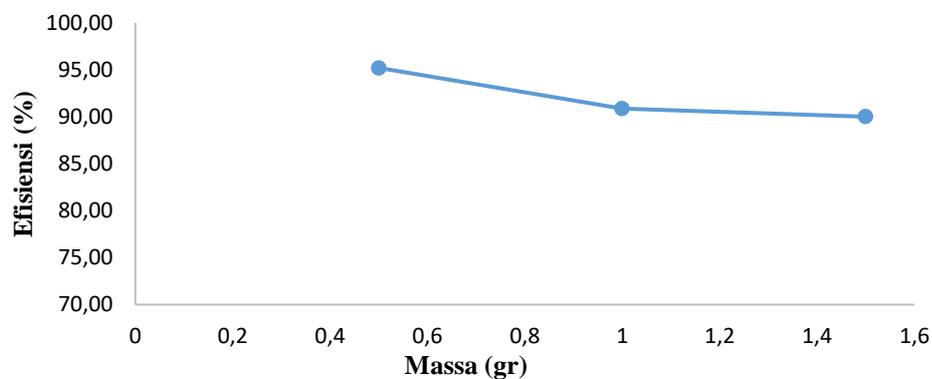
Tabel 4.6 Hasil Uji Penyisihan COD Terhadap Variasi Massa

Kecepatan Pengadukan (rpm)	Massa (gr)	Konsentrasi awal (mg/L)	Konsentrasi akhir (mg/L)	Efisiensi Penyisihan (%)	Kapasitas Adsorpsi (mg/g)
100	0,5	524,74	25,2	95,19	199,81
	1	524,74	47,93	90,86	95,36
	1,5	524,74	52,47	90,00	62,96

Sumber : Perhitungan penulis (2022)

Berdasarkan tabel 4.6 di atas dapat dijelaskan bahwa, mengenai hasil uji parameter COD terhadap variasi massa adsorben diketahui bahwa tingkat efisiensi penyisihan yakni 90% - 95%. Keberhasilan adsorben mahkota nanas dalam mengolah air limbah karet ditandai dengan terjadinya penurunan secara signifikan terhadap konsentrasi pencemar COD, sehingga hasil pengolahan air limbah karet berada di bawah baku mutu PERMEN LH No 5 Tahun 2014 Lampiran IV tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha/Kegiatan Industri Karet.

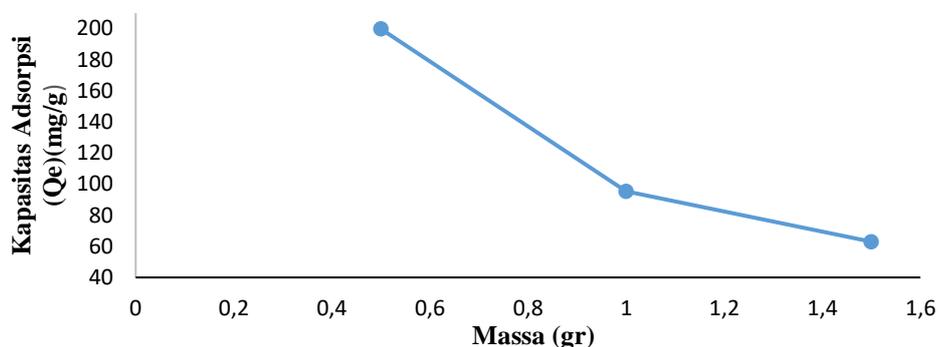
Dari data yang diperoleh pada tabel 4.6, variasi massa adsorben tidak mempengaruhi nilai efisiensi hal ini dikarenakan semakin tinggi massa adsorben nilai efisiensi yang dihasilkan semakin rendah. Hal ini dimungkinkan dengan bertambahnya massa adsorben dalam volume yang sama justru akan menyebabkan interaksi yang tidak sempurna pada saat proses pengadukan dilakukan karena dimungkinkan adsorben tertutup oleh padatan lainnya atau saling tumpang-tindih sehingga banyak pori-pori adsorben yang tidak bekerja dengan baik dalam menyerap zat organik (Swastha, 2010). Berikut merupakan grafik efisiensi variasi massa adsorben terhadap penyisihan COD :



Gambar 4.8 Grafik Efisiensi Parameter COD Terhadap Variasi Massa Adsorben

Berdasarkan grafik pada gambar 4.8 di atas, dapat dijelaskan hubungan antara variasi massa adsorben terhadap efisiensi penyisihan. Penggunaan variasi massa pada 0,5 gram dengan kecepatan pengadukan 100 rpm memiliki efisiensi penyisihan sebesar 95%, kemudian pada massa adsorben 1 gram dan 1,5 gram mengalami penurunan nilai efisiensi penyisihan yang cukup signifikan dan konstan yakni sebesar 90%. Hal ini dapat diakibatkan pada massa 1 gram dan 1,5 gram permukaan adsorben telah mengalami kejenuhan dalam mengikat parameter COD sehingga mengalami penurunan efisiensi. Menurut mu'in dkk (2017), Hal ini disebabkan karena jumlah adsorben yang terlalu banyak sehingga tidak efisien lagi untuk proses penyerapan. Didapatkan bahwa penurunan efisiensi pada pencemar COD terhadap variasi massa adsorben optimum terdapat pada massa adsorben sebanyak 0,5 gram dengan kecepatan pengadukan 100 rpm memperoleh efisiensi penyisihan sebesar 95%.

Penetapan kapasitas adsorpsi bertujuan untuk mengetahui banyaknya pencemar COD yang mampu diserap oleh setiap gram adsorben mahkota nanas. Hasil penelitian kapasitas adsorpsi variasi massa adsorben dapat dilihat pada gambar 4.9 seperti sebagai berikut :



Gambar 4.9 Grafik Kapasitas Adsorpsi Parameter COD Terhadap Variasi Massa Adsorben

Berdasarkan grafik pada gambar 4.9 di atas, dapat dijelaskan bahwa hubungan antara variasi massa adsorben terhadap Kapasitas adsorpsi. Pada massa 0,5 gram memiliki kapasitas adsorpsi sebesar 199,81 mg/g, kemudian pada massa 1 gram adsorben mengalami penurunan yang sangat signifikan pada kapasitas adsorpsi yakni sebesar 95,36 mg/g dan pada massa 1,5 gram kapasitas adsorpsi semakin menurun yakni sebesar 62,96 mg/g. Kapasitas adsorpsi adsorben mahkota nanas terhadap pencemar COD pada variasi massa mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya massa adsorben. Hal ini dapat dipengaruhi oleh banyaknya massa adsorben yang digunakan menyebabkan adsorbat semakin mudah teradsorpsi hingga mencapai titik kejenuhan.

4.3.2.2 Pengaruh Kecepatan Pengadukan Terhadap Penyisihan COD

Kecepatan pengadukan merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi, maka dari itu digunakan variasi kecepatan pengadukan untuk melihat pengaruh kecepatan pengadukan terhadap penyisihan parameter COD dalam air limbah karet. Berdasarkan hasil penelitian pada Tabel 4.5, penyisihan terbaik terjadi pada kecepatan pengadukan 100 rpm dengan variasi massa

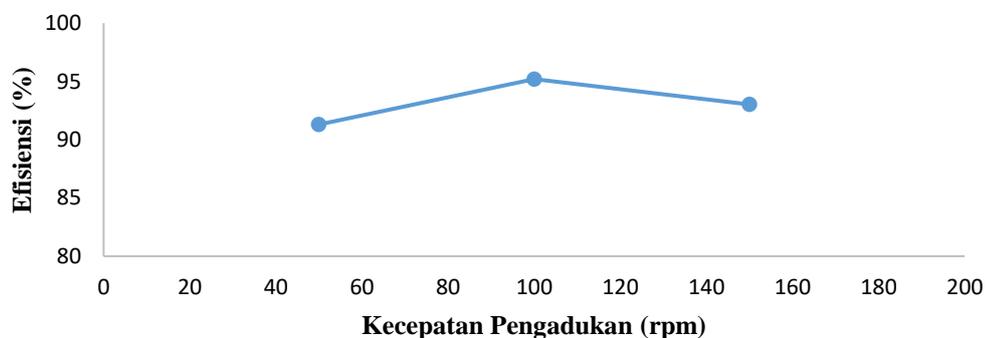
adsorben 0,5 gram, 1 gram dan 1,5 gram. Berikut merupakan tabel hasil uji penyisihan COD terhadap variasi kecepatan pengadukan :

Tabel 4.7 Hasil Uji Penyisihan COD Terhadap Variasi Kecepatan Pengadukan

Massa (gr)	Kecepatan Pengadukan (rpm)	Konsentrasi awal (mg/L)	Konsentrasi akhir (mg/L)	Efisiensi Penyisihan (%)	Kapasitas Adsorpsi (mg/g)
0,5	50	524,74	45,65	91,30	191,63
	100	524,74	25,2	95,19	199,81
	150	524,74	36,56	93,03	195,27

Sumber : Perhitungan penulis (2022)

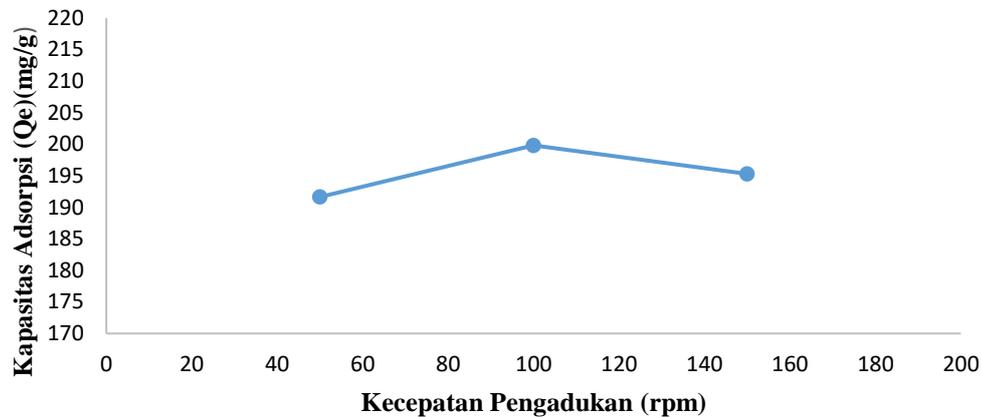
Berdasarkan tabel 4.7 di atas menunjukkan bahwa, hasil uji parameter COD terhadap variasi kecepatan pengadukan 50 rpm, 100 rpm dan 150 rpm diketahui bahwa tingkat efisiensi penyisihan yakni 91% - 95%. Hasil pada tabel 4.7 menunjukkan bahwa adsorben dengan massa 0,5 gram menggunakan kecepatan pengadukan 100 rpm memiliki efisiensi penyisihan dan kapasitas adsorpsi tertinggi serta penurunan konsentrasi COD yang berada dibawah baku mutu sebelum diproses menggunakan adsorben mahkota nanas yakni sebesar 524,75 mg/L kadar COD turun menjadi 25,2 mg/L. Berikut merupakan grafik efisiensi variasi kecepatan pengadukan terhadap penyisihan COD dapat dilihat pada gambar 4.7 seperti sebagai berikut.



Gambar 4.10 Grafik Efisiensi Parameter COD Terhadap Variasi Kecepatan Pengadukan

Berdasarkan grafik 4.10 di atas, dapat dijelaskan penggunaan kecepatan pengadukan dalam adsorpsi dapat mempengaruhi efisiensi penyisihan parameter COD. Penggunaan variasi kecepatan pengadukan 50 rpm memiliki efisiensi penyisihan sebesar 91%, kemudian pada kecepatan pengadukan 100 rpm efisiensi penyisihan mengalami peningkatan menjadi 95%. Persen penyisihan pencemar COD dalam limbah karet meningkat seiring meningkatnya kecepatan pengadukan. Persen penyisihan terbesar terdapat pada kecepatan pengadukan 100 rpm dengan massa adsorben 0,5 gram. Sementara itu pada kecepatan pengadukan 150 rpm, efisiensi penyisihan mengalami penurunan dibanding dengan kecepatan 100 rpm. Hal ini terlihat pada gambar 4.10 grafik yang mengalami penurunan angka persen penyisihan di titik 150 rpm. Peristiwa ini dikarenakan terlalu cepatnya pengadukan yang membuat adsorbat terlepas dari adsorben, sehingga tidak bisa mengikat pencemar COD secara efektif. Dapat disimpulkan bahwa kecepatan pengadukan yang optimum adalah 200 rpm pada massa adsorben 4 gram. Karena dengan kecepatan tersebut pergerakan partikel adsorben menjadi efektif sehingga adsorben dapat menyerap. Pada penelitian ini, dari data yang diperoleh menunjukkan bahwa efisiensi tertinggi diperoleh pada kecepatan pengadukan 100 rpm dengan massa 0,5 selama 30 menit dengan efisiensi penyisihan sebesar 95%.

Pada penelitian ini, penetapan kapasitas adsorpsi dilakukan dengan memvariasikan kecepatan pengadukan dengan massa adsorben yang sama. Hasil penelitian kapasitas adsorpsi dapat dilihat pada gambar 4.11 seperti sebagai berikut:



Gambar 4.11 Grafik Kapasitas Adsorpsi Parameter COD Terhadap Variasi Kecepatan Pengadukan

Berdasarkan grafik pada gambar 4.11 di atas, dapat dijelaskan hubungan antara variasi kecepatan pengadukan terhadap kapasitas adsorpsi. Penentuan kapasitas adsorpsi bertujuan untuk mengetahui seberapa besar kapasitas serapan pencemar yang mampu diserap oleh setiap gram adsorben mahkota nanas. Pada kecepatan pengadukan 50 rpm nilai kapasitas adsorpsi yang diperoleh yakni 191,63 mg/g. Hal ini dapat dikarenakan proses adsorpsi berjalan dengan lambat dan permukaan adsorben tidak dapat berinteraksi secara menyeluruh dengan adsorbat dalam larutan. Pada kecepatan 100 rpm terjadi kenaikan nilai kapasitas serapan dikarenakan meningkatnya daya adsorpsi. Kemudian pada kecepatan pengadukan 150 rpm mengalami penurunan kapasitas adsorpsi. Menurut Ramadhani (2021), Hal ini dikarenakan proses pengadukan yang sangat cepat dan kuat sehingga adsorbat yang terikat pada permukaan adsorben terlepas kembali. Proses lepasnya adsorbat ini dari adsorben dikarenakan ikatan yang terbentuk tidak kuat dan stabil sehingga adsorbat dengan mudahnya terlepas dan tergantikan dengan adsorbat lain yang melekat pada permukaan adsorben. Peristiwa seperti

ini, mempercepat terjadinya proses penjerapan pada permukaan adsorben hingga menyebabkan daya adsorpsinya menurun.

4.3.3. Amonia

Amonia didefinisikan menjadi salah satu bahan pencemar air dan zat beracun serta bahan organik yang berbahaya. Semakin tinggi konsentrasi kandungan amonia total (NH_3) dalam limbah cair maka akan menyebabkan keracunan pada biota air. Salah satu komponen bahan organik pada air limbah karet yaitu protein. Nitrogen merupakan salah satu unsur utama pembentuk protein. Senyawa-senyawa nitrogen sangat dipengaruhi oleh kandungan oksigen dalam air dimana pada saat kandungan oksigen rendah nitrogen berubah menjadi amonia dan pada saat kandungan oksigen tinggi nitrogen berubah menjadi nitrat (NO_3^-) (Anwar, 2008).

Amonia merupakan salah satu parameter penting untuk dianalisis, karena parameter amonia digunakan sebagai acuan untuk mengetahui banyaknya bahan organik yang terdapat pada air limbah karet. Penelitian ini mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 dengan batas kadar amonia yang dihasilkan sebesar 15 mg/L. Hasil uji amonia dapat dilihat pada tabel 4.8 seperti sebagai berikut :

Tabel 4.8 Hasil Uji Penyisihan Parameter Amonia

Kecepatan Pengadukan (rpm)	Massa (gr)	Konsentrasi awal (mg/L)	Konsentrasi akhir (mg/L)	Efisiensi Penyisihan (%)	Kapasitas Adsorpsi (mg/g)
50	0,5	12,53	2,91	76,78	3,84
	1	12,53	0,26	97,87	2,45
	1,5	12,53	0,62	94,98	1,58
100	0,5	12,53	3,39	72,94	3,65
	1	12,53	0,30	97,59	2,44
	1,5	12,53	0,32	97,43	1,62
150	0,5	12,53	2,56	79,57	3,98
	1	12,53	0,47	96,19	2,41
	1,5	12,53	0,31	97,51	1,62

Sumber : Hasil Uji Laboratorium Jambi Lestari International (2022)

Berdasarkan tabel 4.8 di atas dapat dilihat bahwa, konsentrasi awal dari parameter amonia yakni 12,53 mg/L yang berarti melewati baku mutu parameter amonia menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 dengan batas kadar amonia 15 mg/L dan setelah dilakukan penambahan adsorben yang divariasikan konsentrasi amonia mengalami penurunan menjadi 0,26-3,39 mg/L yang berarti adsorben dari mahkota nanas dapat menurunkan konsentrasi amonia. Pada penelitian ini, variasi kecepatan pengadukan yang digunakan yakni 50 rpm, 100 rpm dan 150 rpm dengan 3 variasi massa yakni 0,5 gram, 1 gram dan 1,5 gram. Dari data tersebut dipilih salah satu data yang memiliki nilai efisiensi dan kapasitas adsorpsi yang tinggi, yakni pada variasi kecepatan pengadukan 50 rpm dengan massa adsorben 1 gram.

4.3.3.1 Pengaruh Massa Adsorben Terhadap Penyisihan Amonia

Massa adsorben merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi penyisihan parameter amonia, maka dari itu digunakan variasi massa untuk melihat pengaruh dari penambahan massa adsorben terhadap penyisihan parameter amonia dalam air limbah karet. Berdasarkan hasil penelitian pada Tabel

4.8, penyisihan terbaik terjadi pada kecepatan pengadukan 50 rpm dengan variasi massa adsorben 0,5 gram, 1 gram dan 1,5 gram selama 30 menit. Hasil uji penyisihan amonia terhadap variasi massa akan ditampilkan pada Tabel 4.9 seperti sebagai berikut.

Tabel 4.9 Hasil Uji Penyisihan Amonia Terhadap Variasi Massa

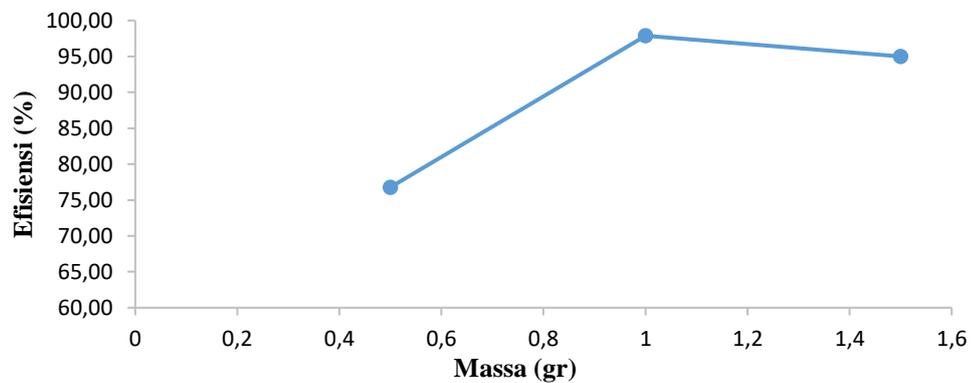
Kecepatan Pengadukan (rpm)	Massa (gr)	Konsentrasi awal (mg/L)	Konsentrasi akhir (mg/L)	Efisiensi Penyisihan (%)	Kapasitas Adsorpsi (mg/g)
50	0,5	12,53	2,91	76,78	3,84
	1	12,53	0,26	97,87	2,45
	1,5	12,53	0,62	94,98	1,58

Sumber : Data Primer (2022)

Berdasarkan tabel 4.9 di atas, dapat dijelaskan bahwa, mengenai hasil uji parameter amonia terhadap variasi massa adsorben 0,5 gram, 1 gram dan 1,5 gram dengan kecepatan 50 rpm diketahui bahwa tingkat efisiensi penyisihan yakni 76% - 97%. Hasil pada tabel 4.9 menunjukkan bahwa adsorben dengan massa 1 gram menggunakan kecepatan pengadukan 50 rpm memiliki efisiensi penyisihan dan kapasitas adsorpsi tertinggi serta penurunan konsentrasi amonia yang berada dibawah baku mutu sebelum diproses menggunakan adsorben mahkota nanas yakni sebesar 12,53 mg/L kadar COD turun menjadi 0,26 mg/L.

Keberhasilan adsorben mahkota nanas dalam mengolah air limbah karet ditandai dengan terjadinya penurunan secara signifikan terhadap konsentrasi pencemar amonia, sehingga hasil pengolahan air limbah karet berada di bawah baku mutu PERMEN LH No 5 Tahun 2014 Lampiran IV tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha/Kegiatan Industri Karet. Hasil tersebut, menandakan bahwa adsorben menggunakan mahkota nanas mampu menurunkan konsentrasi

pencemar amonia. Berikut merupakan grafik efisiensi variasi massa adsorben terhadap penyisihan amonia :

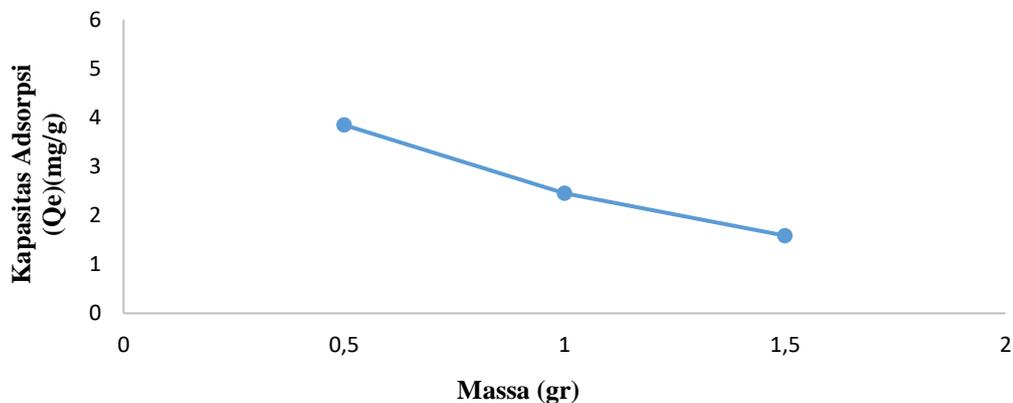


Gambar 4.12 Grafik Efisiensi Parameter Amonia Terhadap Variasi Massa Adsorben

Berdasarkan grafik pada gambar 4.12 di atas, pada penggunaan variasi massa adsorben 0,5 gram memiliki efisiensi penyisihan sebesar 76%. Persentase penyisihan yang terlihat mengalami kenaikan tertinggi pada massa adsorben 1 gram pada kecepatan pengadukan 50 rpm yaitu sebesar 97%. Jumlah adsorben yang ditambahkan berpengaruh terhadap besarnya penyisihan amonia yang terjadi. Semakin banyak jumlah adsorben yang ditambahkan maka akan semakin besar pula persen penyisihannya, Hal ini dikarenakan dengan meningkatnya massa adsorben maka luas permukaan adsorben lebih banyak tersedia sehingga makin banyak zat yang teradsorpsi (putri dkk, 2019). Namun pada penelitian ini, pada massa 1,5 gram terjadi penurunan efisiensi yakni sebesar 94%. Hal ini dapat diakibatkan pada massa 1,5 gram permukaan adsorben telah mengalami kejenuhan dalam mengikat parameter amonia sehingga mengalami penurunan efisiensi yang disebabkan karena jumlah adsorben yang terlalu banyak sehingga tidak efisien lagi untuk proses penyerapan. Didapatkan bahwa penurunan efisiensi

pada pencemar amonia terhadap variasi massa adsorben optimum terdapat pada massa adsorben sebanyak 1 gram dengan kecepatan pengadukan 50 rpm memperoleh efisiensi penyisihan sebesar 97%.

Penetapan kapasitas adsorpsi bertujuan untuk mengetahui banyaknya pencemar amonia yang mampu diserap oleh setiap gram adsorben mahkota nanas. Hasil penelitian kapasitas adsorpsi variasi massa adsorben dapat dilihat pada gambar 4.13 seperti sebagai berikut.



Gambar 4.13 Grafik Kapasitas Adsorpsi Parameter Amonia Terhadap Variasi Massa Adsorben

Berdasarkan gambar 4.13 di atas, pada massa 0,5 gram memperoleh kapasitas adsorpsi sebesar 3,84 mg/g, kemudian pada massa 1 gram hingga 1,5 gram terjadi penurunan kapasitas adsorpsi yakni sebesar 2,45 mg/g hingga 1,58 mg/g. Kapasitas adsorpsi adsorben mahkota nanas terhadap pencemar amonia pada variasi massa mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya massa adsorben. Hal ini serupa dengan hasil penelitian rizki (2019), pada massa adsorben yang besar proses adsorpsinya akan berlangsung dengan cepat dan telah mencapai titik kejenuhan sehingga pada suatu waktu kecepatan adsorpsi lebih besar dari kecepatan desorpsi akibatnya adsorbat menjadi mudah lepas dari

permukaan adsorben. Hal ini yang menyebabkan pada penambahan massa adsorben mahkota nanas maka adsorbat semakin mudah teradsorpsi. Dari hasil data tersebut, ternyata kapasitas adsorpsi dalam penelitian ini dapat dipengaruhi oleh massa adsorben nanas, akibatnya pada penelitian ini massa adsorben optimum yakni pada massa 0,5 gram dengan daya adsorpsi sebesar 3,84 mg/g. Hasil penelitian ini menunjukkan semakin besar massa adsorben maka kapasitas adsorpsi akan semakin menurun.

4.3.3.2 Pengaruh Kecepatan Pengadukan Terhadap Penyisihan Amonia

Kecepatan pengadukan merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi, maka dari itu digunakan variasi kecepatan pengadukan untuk melihat pengaruh kecepatan pengadukan terhadap penyisihan parameter amonia dalam air limbah karet. Berdasarkan hasil penelitian pada Tabel 4.8, nilai penyisihan dan kapasitas adsorpsi optimal terjadi pada variasi massa 1 gram dengan variasi kecepatan terbaik 50, 100 dan 150 rpm dengan waktu pengadukan 30 menit. Hasil uji penyisihan amonia pada massa 1 gram terhadap variasi kecepatan pengadukan ditampilkan pada Tabel 4.10.

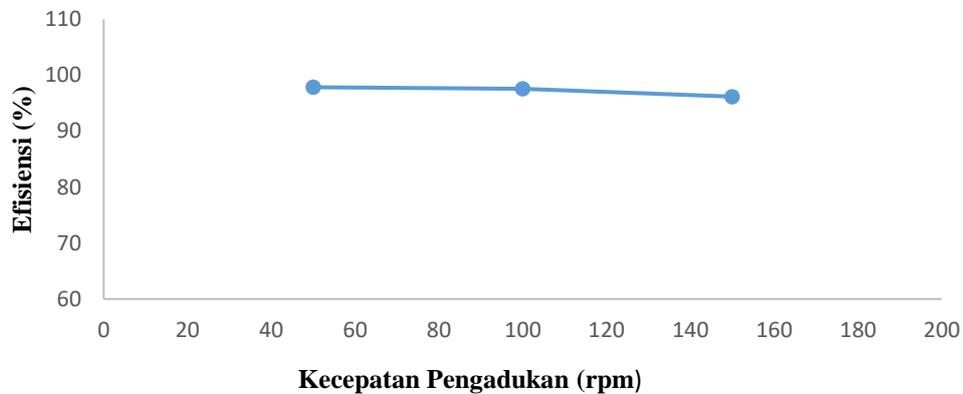
Tabel 4.10 Hasil Uji Penyisihan Amonia Terhadap Variasi Kecepatan Pengadukan

Massa (gr)	Kecepatan Pengadukan (rpm)	Konsentrasi awal (mg/L)	Konsentrasi akhir (mg/L)	Efisiensi Penyisihan (%)	Kapasitas Adsorpsi (mg/g)
1	50	12,53	0,26	97,87	2,453
	100	12,53	0,30	97,59	2,445
	150	12,53	0,47	96,19	2,410

Sumber : Data Primer (2022)

Berdasarkan tabel 4.10 di atas, dapat dijelaskan bahwa hasil uji parameter amonia terhadap variasi kecepatan pengadukan diketahui bahwa tingkat efisiensi penyisihan yakni 96% - 97%. Grafik efisiensi variasi kecepatan pengadukan

terhadap penyisihan pencemar amonia pada gambar 4.14 seperti sebagai berikut.

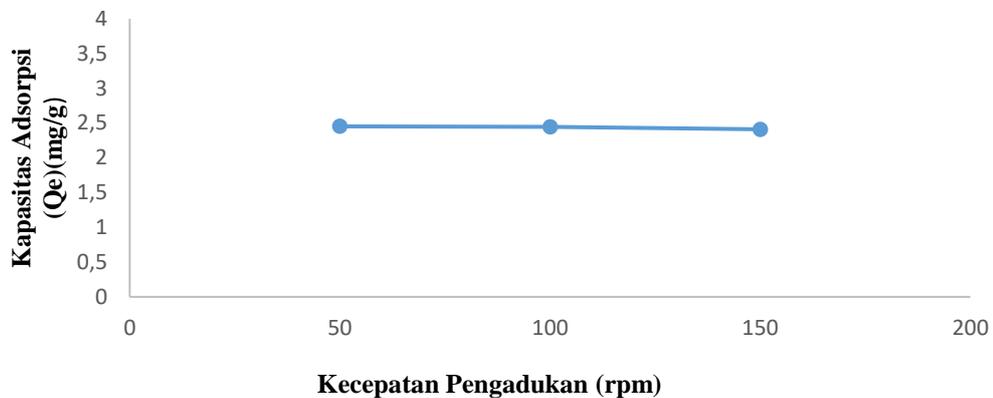


Gambar 4.14 Grafik Efisiensi Parameter Amonia Terhadap Variasi Kecepatan Pengadukan

Berdasarkan grafik 4.14 di atas, dapat dijelaskan bahwa, pada penggunaan variasi kecepatan pengadukan 50 rpm memiliki efisiensi penyisihan sebesar 97%, kemudian pada kecepatan pengadukan 100 rpm efisiensi penyisihan relatif konstan yakni 97%. Sementara itu pada kecepatan pengadukan 150 rpm, efisiensi penyisihan mengalami penurunan. Hal ini terlihat pada gambar 4.14 grafik yang mengalami penurunan angka persen penyisihan di titik 150 rpm. Peristiwa ini dikarenakan terlalu cepatnya pengadukan yang membuat adsorbat terlepas dari adsorben, sehingga tidak bisa mengikat pencemar amonia secara efektif. Pada penelitian ini, dari data yang diperoleh menunjukkan bahwa efisiensi tertinggi diperoleh pada kecepatan pengadukan 50 rpm dengan massa 1 gram selama 30 menit dengan efisiensi penyisihan sebesar 97%.

Pada penelitian ini, penetapan kapasitas adsorpsi dilakukan dengan memvariasikan kecepatan pengadukan dengan massa adsorben yang sama. Penentuan kapasitas adsorpsi bertujuan untuk mengetahui seberapa besar kapasitas serapan pencemar yang mampu diserap oleh setiap gram adsorben

mahkota nanas. Hasil penelitian kapasitas adsorpsi dapat dilihat pada gambar 4.15 sebagai berikut:



Gambar 4.15 Grafik Kapasitas Adsorpsi Parameter Amonia Terhadap Variasi Kecepatan Pengadukan

Berdasarkan grafik pada gambar 4.15 di atas, pada kecepatan pengadukan 50 rpm nilai kapasitas adsorpsi yang diperoleh yakni 2,45 mg/g, kemudian pada kecepatan pengadukan 100 rpm terjadi penurunan kapasitas adsorpsi yakni 2,44 mg/g dan diikuti dengan kecepatan pengadukan 150 rpm dengan nilai kapasitas serapan sebesar 2,41 mg/g. Dari data yang diperoleh dapat dinyatakan bahwa diduga adsorben mengalami kejenuhan, sehingga penurunan konsentrasi amonia tidak terlalu tinggi. Menurut Ramadhani (2021), Hal ini dikarenakan proses pengadukan yang sangat cepat dan kuat sehingga adsorbat yang terikat pada permukaan adsorben terlepas kembali. Proses lepasnya adsorbat ini dari adsorben dikarenakan ikatan yang terbentuk tidak kuat dan stabil sehingga adsorbat dengan mudahnya terlepas dan tergantikan dengan adsorbat lain yang melekat pada permukaan adsorben. kemungkinan akan terjadi penurunan yang tinggi pula, namun dikarenakan adsorben yang diduga mengalami kejenuhan, sehingga penurunan konsentrasi amonia tidak terlalu tinggi.

4.4 Mekanisme Adsorpsi Menggunakan Metode Langmuir dan Freundlich

Penentuan isotherm adsorpsi ini bertujuan untuk mengetahui mekanisme adsorpsi yang terjadi selama proses adsorpsi. Persamaan isotherm ini juga menjelaskan terjadinya kesetimbangan konsentrasi antara adsorben dan adsorbat yang sebanding pada kecepatan penyerapannya. Pada persamaan isotherm ini, terdapat dua persamaan yang akan digunakan dibandingkan yaitu isotherm Langmuir yang menggambarkan terbentuk single layer pada permukaan adsorben dari proses adsorpsi dan isothermal Freundlich menggambarkan terbentuknya lapisan multi layer dari proses adsorpsi pada permukaan yang heterogen. Penetapan isotherm adsorpsi yang sesuai dengan percobaan ini bisa dibuktikan dengan koefisien korelasi (R^2) yang ditunjukkan pada grafik linearisasi pada kedua model yang tertera.

Pembuatan plot grafik dilakukan dengan menggunakan program Microsoft Excel yang dihitung berdasarkan dua persamaan ini. Dari kedua persamaan tersebut kemudian dilakukan perhitungan sehingga dapat diketahui kapasitas adsorben mahkota nanas. Proses adsorpsi oleh suatu adsorben dipengaruhi beberapa faktor serta mempunyai pola isotherm adsorpsi tertentu yang khas. Jenis adsorben, jenis zat yang diserap, luas permukaan adsorben, konsentrasi zat yang diadsorpsi dan suhu merupakan beberapa faktor yang mempengaruhi dalam proses adsorpsi. Dengan adanya faktor-faktor tersebut, setiap adsorben yang menyerap zat satu dengan zat lain tidak akan mempunyai pola adsorpsi yang sama.

Data yang dievaluasi pada isotherm adsorpsi diambil dari hasil percobaan yang menentukan konsentrasi BOD, COD dan amonia pada variasi massa adsorben yang digunakan adalah 0,5 gram/200 ml dengan kecepatan pengadukan 100 rpm untuk parameter BOD dan COD, kemudian 1 gram/200 ml dengan kecepatan pengadukan 50 rpm untuk parameter amonia.

4.4.1 Parameter *Biological Oxygen demand* (BOD)

Penentuan isothermal adsorpsi ini, dilakukan dengan melihat nilai regresi yang diperoleh pada masing-masing grafik yang telah dibuat. Berikut hasil perhitungan isotherm Freundlich dengan massa 0,5 gram dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

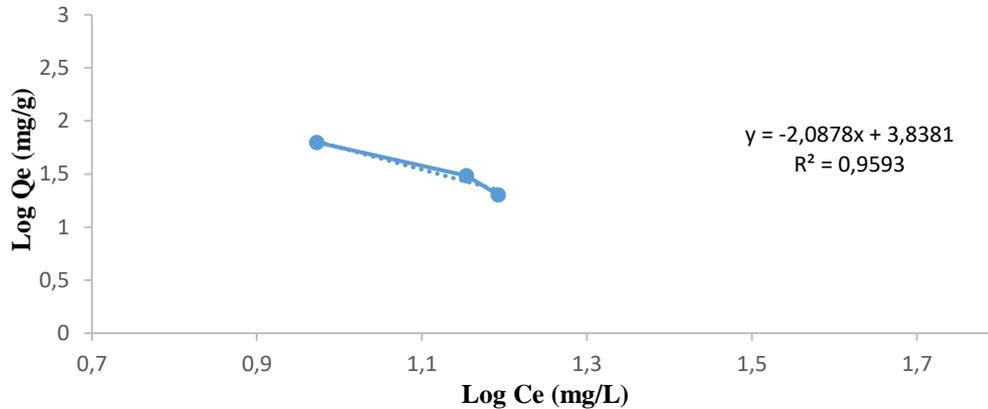
Tabel 4.11 Perhitungan Isotherm Freundlich BOD Adsorben Mahkota Nanas

Massa (gr)	Konsentrasi awal (Ci) (mg/L)	Konsentrasi akhir (Ce) (mg/L)	Log Ce	Qe (mg/L)	Log Qe
0,5	166,34	9,39	0,972	62,78	1,797
1	166,34	14,26	1,154	30,41	1,483
1,5	166,34	15,58	1,192	20,10	1,303

Sumber : Data Primer (2022)

Dari hasil perhitungan tabel 4.11 di atas dapat dibuat grafik untuk mengetahui nilai regresi dari hasil perhitungan tersebut. Untuk menentukan persamaan isotherm Freundlich dan Langmuir dilakukan dengan menghitung harga Ce, CeQe, Log Ce dan Log Qe seperti pada Tabel 4.11 serta dilakukan pemetaan grafik dengan memasukkan harga Ce, dengan CeQe untuk mendapatkan persamaan Langmuir dan memasukkan harga Log Qe dengan Log Ce untuk mendapatkan persamaan Freundlich. Berikut merupakan grafik isotherm Freundlich untuk parameter BOD yakni :

Isotherm Freundlich BOD



Gambar 4.16. Grafik Isotherm Freundlich BOD

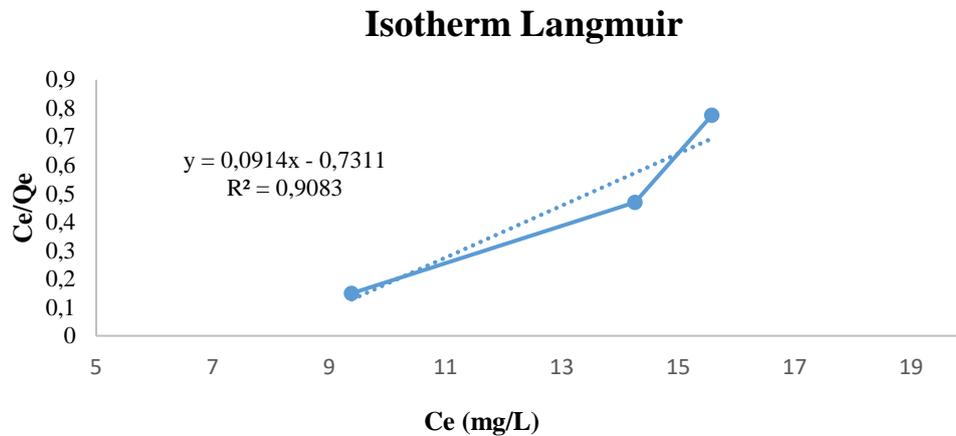
Berdasarkan gambar 4.16 di atas, dapat dilihat bahwa model isotherm freundlich pada adsorben mahkota nanas didapatkan koefisien korelasi (R^2) sebesar 0,9593 yang menunjukkan hubungan korelasi yang sangat kuat.

Tabel 4.12. Perhitungan Isotherm Langmuir BOD pada Adsorben Mahkota Nanas

Massa (gr)	Konsentrasi awal (Ci) (mg/L)	Konsentrasi akhir (Ce) (mg/L)	Qe (mg/L)	Ce/Qe	m/x	1/Ce
0,5	166,34	9,39	62,78	0,149	0,007	0,106
1	166,34	14,26	30,41	0,468	0,032	0,070
1,5	166,34	15,58	20,10	0,775	0,074	0,064

Sumber : Data Primer (2022)

Dari hasil perhitungan tabel 4.12 diatas, dapat dibuat grafik untuk mengetahui nilai regresi dari hasil perhitungan tersebut. Pada persamaan isothermal Langmuir, grafik dibuat dengan memplotkan nilai Qe sebagai sumbu X dan nilai Ce/Qe sebagai sumbu Y. Berikut merupakan grafik isotherm Langmuir untuk parameter BOD yakni :



Gambar 4.17. Grafik Isotherm Langmuir BOD

Berdasarkan grafik pada gambar 4.17 di atas, dapat dilihat bahwa model isotherm Langmuir pada adsorben mahkota nanas didapatkan koefisien korelasi yang sangat kuat yakni (R^2) sebesar 0,9083.

Penentuan isothermal adsorpsi ini, dilakukan dengan melihat nilai regresi yang diperoleh pada masing-masing grafik yang telah dibuat. Berdasarkan gambar 4.16 dan 4.17, dapat dijelaskan bahwa pada proses adsorpsi dari parameter BOD dengan menggunakan adsorben mahkota nanas dalam mekanisme adsorpsinya digambarkan membentuk lapisan multilayer (isothermal Freundlich) karena nilai regresi yang lebih mendekati angka 1, yakni $R^2 = 0,9593$ dengan persamaan liniernya $y = -2,0878x + 3,838$. Pada grafik isothermal Freundlich ini, sumbu x berupa $\log C_e$ dan sumbu y berupa $\log Q_e$. Namun pada grafik isothermal Langmuir, diperoleh nilai regresinya yakni $R^2 = 0,9083$ dengan persamaan liniernya $y = 0,0914x - 0,7311$. Dari persamaan yang diperoleh pada kedua grafik di atas, perbandingan nilai yang diperoleh dalam proses adsorpsi parameter BOD air limbah industri karet yaitu sebagai berikut :

Tabel 4.13 Perbandingan Nilai Persamaan Isotherm

Isotherm Langmuir	Qm	10,940
	KL	0,125
	RL	0,045
	R ²	0,9083
Isotherm Freundlich	KF	6886,52
	1/n	2,0878
	n	0,478
	R ²	0,9593

Sumber : Data Primer (2022)

Dari tabel 4.13 di atas, dalam pengujian persamaan adsorpsi langmuir dan persamaan adsorpsi Freundlich dibuktikan dengan grafik linierisasi yang baik dan mempunyai harga koefisien determinasi $R^2 \geq 0.9$ (mendekati angka 1). Berdasarkan Gambar 4.16 dan 4.17 terlihat bahwa persamaan adsorpsi parameter BOD oleh adsorben mahkota nanas memenuhi persamaan adsorpsi Langmuir dengan nilai R^2 sebesar 0,9083 sementara pada persamaan adsorpsi Freundlich nilai R^2 yakni 0,9593. Hal ini menunjukkan bahwa persamaan Langmuir dan Freundlich dapat diterapkan pada proses adsorpsi parameter BOD menggunakan adsorben mahkota nanas. Diperoleh persamaan Langmuir $C_e/(C_e/Q_e) = 0,0914x - 0,7311$ dan persamaan Freundlich $\log Q_e$ dengan $\log C_e = -2,0878x + 3,8381$.

Model persamaan Freundlich menyatakan bahwa ada lebih dari satu lapisan permukaan dan sisi bersifat heterogen, sehingga terjadi perbedaan energi ikatan pada tiap-tiap sisi. Pada isotherm Langmuir dapat dilihat ciri pentingnya yakni RL (dimensi kuantitas adsorpsi). Nilai RL adalah $0 < RL < 1$ merupakan indikasi adsorpsi baik (favourable). Nilai RL untuk adsorpsi BOD dengan yaitu 0,045 maka proses adsorpsi adalah baik (favourable).

Nilai konstanta Freundlich pada isotherm Freundlich untuk penyisihan BOD dengan adsorben dari mahkota nanas yang telah di aktivasi oleh KOH 0,3 M dengan nilai 6886,52. Menurut ringo (2019), nilai Kf dan n, semakin tinggi nilai Kf dan n mengindikasikan bahwa semakin besar intensitas adsorpsi. Nilai 1/n pada isotherm Freundlich merupakan faktor heterogen yang menunjukkan intensitas adsorpsi dari adsorben. Untuk mengetahui kekuatan interaksi antara adsorben dan adsorbat dapat dilihat dari nilai 1/n, semakin kecil nilai 1/n maka semakin kuat interaksi antara adsorben dengan adsorbat. Nilai 1/n antara 0 sampai 1 untuk menyatakan bahwa proses adsorpsi terjadi secara heterogen dan semakin mendekati angka 0 maka menyatakan proses adsorpsi sangat cocok untuk proses adsorpsi heterogen. Untuk adsorpsi BOD dengan menggunakan adsorben mahkota nanas, nilai 1/n yaitu 2,0878. Hal ini mengindikasikan bahwa proses adsorpsi BOD dengan menggunakan adsorben dan dari mahkota nanas pada permukaan adsorben terjadi secara tidak heterogen.

4.4.2. Parameter *Chemical Oxygen demand* (COD)

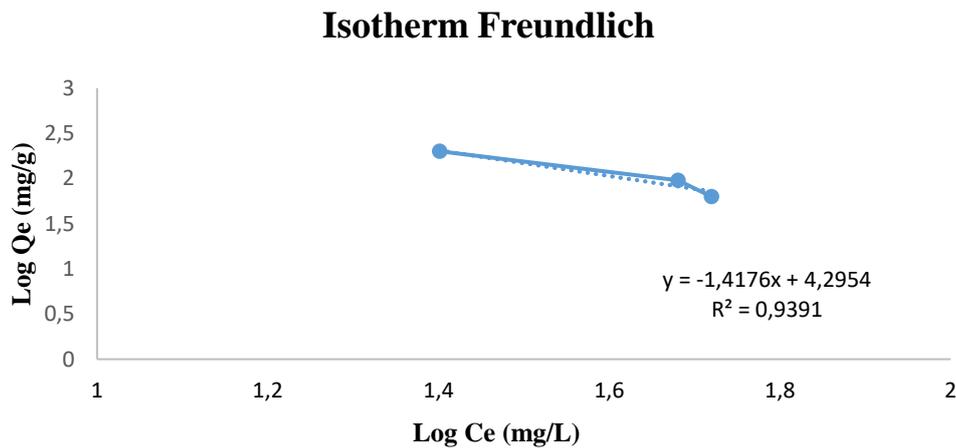
Penentuan isothermal adsorpsi ini, dilakukan dengan melihat nilai regresi yang diperoleh pada masing-masing grafik yang telah dibuat. Berikut hasil perhitungan isotherm Freundlich dengan massa adsorben 0,5 gram dapat dilihat pada tabel 4.14 sebagai berikut :

Tabel 4.14 Perhitungan Isotherm Freundlich COD pada Adsorben Mahkota Nanas

Massa (gr)	Konsentrasi awal (Ci) (mg/L)	Konsentrasi akhir (Ce) (mg/L)	Log Ce	Qe (mg/L)	Log Qe
0,5	524,74	25,2	1,401	199,81	2,300
1	524,74	47,93	1,680	95,36	1,979
1,5	524,74	52,47	1,719	62,96	1,799

Sumber : Data Primer (2022)

Dari hasil perhitungan tabel 4.14 di atas, dapat dibuat grafik untuk mengetahui nilai regresi dari hasil perhitungan tersebut. Berikut merupakan grafik isotherm Freundlich untuk parameter COD yakni :



Gambar 4.18 Grafik Isotherm Freundlich COD

Berdasarkan grafik pada gambar 4.18 diatas, dapat dilihat bahwa model isotherm Freundlich pada adsorben mahkota nanas didapatkan koefisien korelasi (R^2) sebesar 0,9391 yang menandakan adanya hubungan korelasi yang sangat kuat.

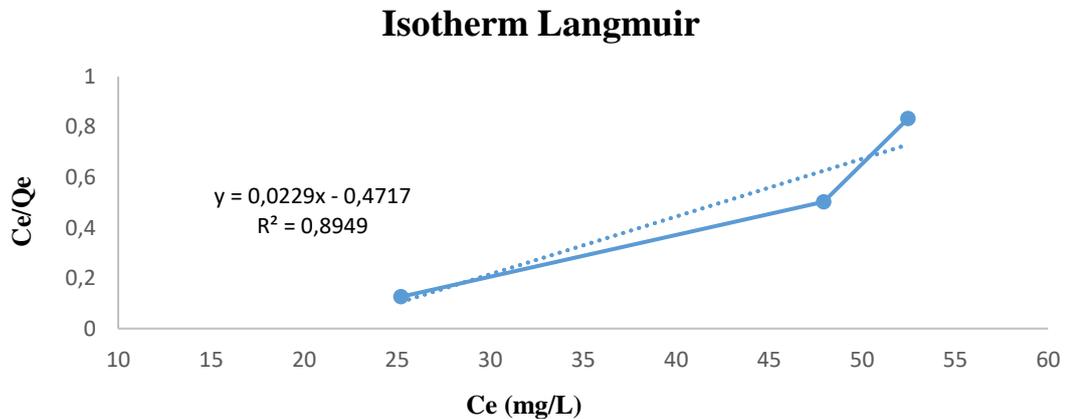
Tabel 4.15 Perhitungan Isotherm Langmuir COD pada Adsorben Mahkota Nanas

Massa (gr)	Konsentrasi awal (C_i) (mg/L)	Konsentrasi akhir (C_e) (mg/L)	Q_e (mg/L)	C_e/Q_e	m/x	$1/C_e$
0,5	524,74	25,2	191,81	0,126	0,002	0,039
1	524,74	47,93	95,36	0,502	0,010	0,020
1,5	524,74	52,47	62,96	0,833	0,023	0,019

Sumber : Data Primer (2022)

Dari hasil perhitungan tabel 4.15 diatas, dapat dibuat grafik untuk mengetahui nilai regresi dari hasil perhitungan tersebut. Berikut merupakan Pada persamaan isothermal Langmuir, grafik dibuat dengan memplotkan nilai Q_e

sebagai sumbu X dan nilai C_e/Q_e sebagai sumbu Y. Grafik isotherm Langmuir untuk parameter COD dapat dilihat pada gambar 4.19 seperti sebagai berikut.



Gambar 4.19 Grafik Isotherm Langmuir COD

Berdasarkan grafik pada gambar 4.19 di atas, dapat dilihat bahwa model isotherm Langmuir pada adsorben mahkota nanas didapatkan koefisien korelasi (R^2) sebesar 0,8949 yang menunjukkan hubungan korelasi yang sangat kuat.

Penentuan isothermal adsorpsi ini, dilakukan dengan melihat nilai regresi yang diperoleh pada masing-masing grafik yang telah dibuat. Berdasarkan gambar 4.18 dan 4.19, dapat dijelaskan bahwa pada proses adsorpsi dari parameter COD dengan menggunakan adsorben mahkota nanas dalam mekanisme adsorpsinya digambarkan membentuk lapisan multilayer (isothermal Freundlich) karena nilai regresi yang lebih mendekati angka 1, yakni $R^2 = 0,9391$ dengan persamaan liniernya $y = -1,4176x + 4,2954$. Sedangkan pada grafik isothermal Langmuir, diperoleh nilai regresinya yakni $R^2 = 0,8949$ dengan persamaan liniernya $y = 0,0229x - 0,4717$. Pada grafik isothermal Freundlich ini, sumbu x berupa $\log C_e$ dan sumbu y berupa $\log Q_e$. Dari persamaan yang diperoleh pada kedua grafik di

atas, perbandingan nilai yang diperoleh dalam proses adsorpsi parameter COD air limbah industri karet yaitu sebagai berikut :

Tabel 4.16 Perbandingan Nilai Persamaan Isotherm

Isotherm Langmuir	Qm	43,66
	KL	0,048
	RL	0,038
	R ²	0,8949
Isotherm Freundlich	KF	19742,40
	1/n	1,4176
	n	0,705
	R ²	0,9391

Sumber : Data Primer (2022)

Dari tabel 4.16 di atas menunjukkan bahwa mekanisme adsorpsi pada parameter COD terjadi secara isotherm Freundlich yang artinya pada situs aktif tersebut terdapat lebih dari satu lapisan permukaan yang teradsorpsi. Hal ini ditandai dengan nilai regresi (R²) yang lebih mendekati 1 yakni 0,9391. Model persamaan Freundlich menyatakan bahwa ada lebih dari satu lapisan permukaan dan sisi bersifat heterogen, sehingga terjadi perbedaan energi ikatan pada tiap-tiap sisi. Isotherm adsorpsi Freundlich memiliki beberapa asumsi yaitu adsorben mempunyai permukaan yang heterogen. Setiap molekul adsorben mempunyai potensi penyerapan yang berbeda-beda (multilayer). Teori isotherm adsorpsi Freundlich ini berlaku untuk adsorpsi fisika yaitu membentuk lapisan multilayer (Kriswiyanti dan Danarto, 2007).

Nilai konstanta freundlich pada isotherm Freundlich untuk penyisihan COD dengan adsorben dari mahkota nanas yang telah di aktivasi oleh KOH 0,3 M yakni sebesar 19742,40. Menurut ringo (2019), nilai Kf dan n, semakin tinggi nilai Kf dan n mengindikasikan bahwa semakin besar intensitas adsorpsi. Nilai 1/n pada

isoterm Freundlich merupakan faktor heterogen yang menunjukkan intensitas adsorpsi dari adsorben. Untuk mengetahui kekuatan interaksi antara adsorben dan adsorbat dapat dilihat dari nilai $1/n$, semakin kecil nilai $1/n$ maka semakin kuat interaksi antara adsorben dengan adsorbat. Nilai $1/n$ antara 0 sampai 1 untuk menyatakan bahwa proses adsorpsi terjadi secara heterogen dan semakin mendekati angka 0 maka menyatakan proses adsorpsi sangat cocok untuk proses adsorpsi heterogen. Untuk adsorpsi COD dengan menggunakan adsorben mahkota nanas, nilai $1/n$ yaitu 1,4176. Hal ini mengindikasikan bahwa proses adsorpsi COD dengan menggunakan adsorben dan dari mahkota nanas pada permukaan adsorben terjadi secara tidak heterogen.

4.4.3. Parameter Amonia

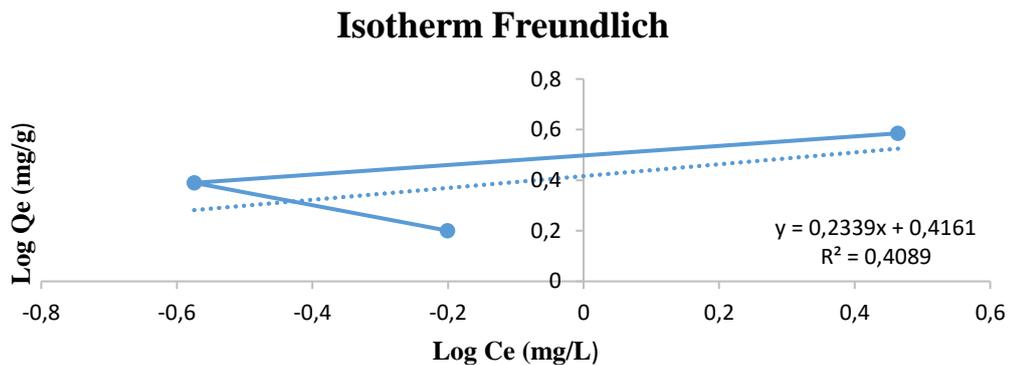
Penentuan mekanisme adsorpsi ini, dilakukan untuk menentukan kapasitas adsorpsi adsorben terhadap adsorbat. Isoterm kesetimbangan adsorpsi sangat penting untuk mendapatkan persamaan kesetimbangan yang dapat digunakan untuk mengetahui seberapa besar massa adsorbat yang diadsorp oleh adsorben dengan melihat nilai regresi yang diperoleh pada masing-masing grafik yang telah dibuat. Berikut hasil perhitungan isotherm Freundlich dengan massa adsorben 1 gram dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.17. Perhitungan Isotherm Freundlich Amonia pada Adsorben Mahkota Nanas

Massa (gr)	Konsentrasi awal (Ci) (mg/L)	Konsentrasi akhir (Ce) (mg/L)	Log Ce	Qe (mg/L)	Log Qe
0,5	12,53	2,91	0,46	3,84	0,58
1	12,53	0,26	-0,57	2,45	0,38
1,5	12,53	0,62	-0,20	1,58	0,20

Sumber : Data Primer (2022)

Dari hasil perhitungan tabel 4.17 di atas, dapat dibuat grafik untuk mengetahui nilai regresi dari hasil perhitungan tersebut. Berikut merupakan grafik isotherm Freundlich untuk parameter amonia yakni :



Gambar 4.20 Grafik Isotherm Freundlich Amonia

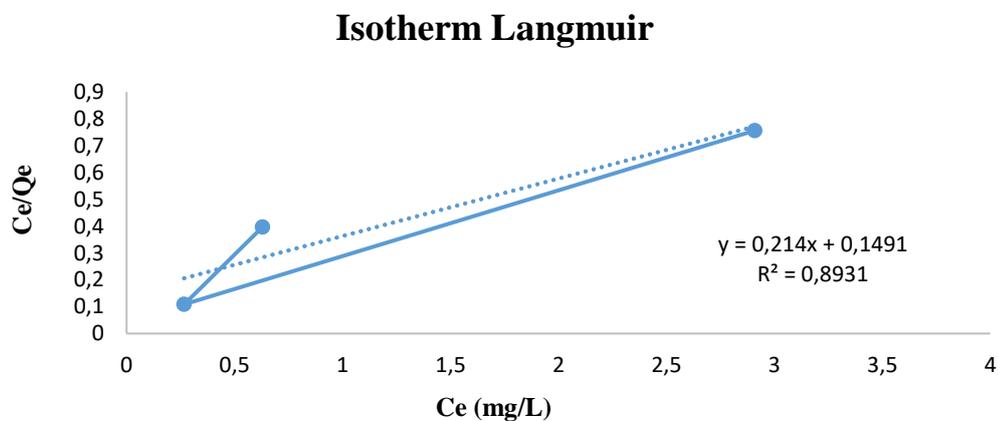
Berdasarkan grafik pada gambar 4.20, diatas dapat dilihat bahwa model isotherm Freundlich pada adsorben mahkota nanas massa 1 gram didapatkan koefisien korelasi (R^2) sebesar 0,4089 yang menunjukkan adanya hubungan korelasi yang cukup (moderate). Isotherm Freundlich didasarkan pada terbentuknya lapisan tunggal molekul (monolayer) dari molekul adsorbat di permukaan adsorben. Selain itu, persamaan isotherm Freundlich menjelaskan bahwa permukaan adsorben bersifat heterogen yang memiliki makna bahwa setiap gugus aktif di permukaan adsorben memiliki kemampuan mengadsorpsi yang berbeda-beda. Dari persamaan isotherm Freundlich maka dapat diperoleh nilai Kf dan nilai n. Kf adalah indikator kapasitas adsorpsi, dan n adalah intensitas adsorpsi (Bird, 1985). Berikut merupakan perhitungan isotherm Langmuir parameter amonia pada adsorben mahkota nanas dapat dilihat pada tabel sebagai berikut.

Tabel 4.18 Perhitungan Isotherm Langmuir Amonia pada Adsorben Mahkota Nanas

Massa (gr)	Konsentrasi awal (Ci) (mg/L)	Konsentrasi akhir (Ce) (mg/L)	Qe (mg/L)	Ce/Qe	m/x	1/Ce
0,5	12,53	2,91	3,84	0,756	0,129	0,343
1	12,53	0,26	2,45	0,108	0,407	3,753
1,5	12,53	0,62	1,58	0,396	0,945	1,588

Sumber : Data Primer (2020)

Dari hasil perhitungan tabel 4.18 di atas, dapat dibuat grafik untuk mengetahui nilai regresi dari hasil perhitungan tersebut. Pada persamaan isothermal Langmuir, grafik dibuat dengan memplotkan nilai Qe sebagai sumbu X dan nilai Ce/Qe sebagai sumbu Y. Berikut merupakan grafik isotherm Langmuir untuk parameter amonia yakni :



Gambar 4.21 Grafik Isotherm Langmuir Amonia

Berdasarkan grafik pada gambar 4.21 di atas, dapat dilihat bahwa model isotherm Langmuir pada adsorben mahkota nanas dengan massa 1 gram didapatkan koefisien korelasi (R^2) sebesar 0,8931 yang menunjukkan adanya hubungan korelasi sangat kuat.

Mekanisme adsorpsi ini ditentukan dengan melihat nilai regresi yang diperoleh pada masing-masing grafik yang telah dibuat. Berdasarkan gambar 4.20 dan 4.21, dapat dijelaskan bahwa pada proses adsorpsi dari parameter amonia dengan menggunakan adsorben mahkota nanas dalam mekanisme adsorpsinya digambarkan membentuk lapisan monolayer (isothermal langmuir) karena nilai regresi yang lebih mendekati angka 1, yakni $R^2 = 0,8931$ dengan persamaan liniernya $y = 0,214x + 0,1491$. Sedangkan pada grafik isothermal Freundlich, diperoleh nilai regresinya yakni $R^2 = 0,4089$ dengan persamaan liniernya $y = 0,2339x + 0,4161$. Pada grafik isothermal Freundlich ini, sumbu x berupa $\log C_e$ dan sumbu y berupa $\log Q_e$. Dari persamaan yang diperoleh pada kedua grafik di atas, perbandingan nilai yang diperoleh dalam proses adsorpsi parameter amonia air limbah industri karet yaitu sebagai berikut :

Tabel 4.19 Perbandingan Nilai Persamaan Isotherm

Isotherm Langmuir	Qm	4,672
	KL	1,435
	RL	0,052
	R^2	0,8931
Isotherm Freundlich	KF	2,606
	1/n	0,2339
	n	4,275
	R^2	0,4089

Sumber : Data Primer (2022)

Dari tabel 4.19 di atas, dapat dinyatakan bahwa proses mekanisme adsorpsi pada parameter amonia air limbah industri karet terjadi secara isotherm langmuir yang artinya pada situs aktif tersebut hanya dapat mengadsorpsi 1 molekul saja. Hal ini ditandai dengan nilai regresi (R^2) yang lebih mendekati 1 yakni 0,8931.

Berdasarkan tabel 4.19 di atas, kapasitas maksimum tertinggi isotherm Langmuir untuk penyisihan amonia terjadi pada adsorben dari mahkota nanas yang telah di aktivasi oleh KOH 0,3 M dengan nilai 4,672 mg/g. Pada isotherm Langmuir dapat dilihat ciri pentingnya yakni RL (dimensi kuantitas adsorpsi). Nilai RL adalah $0 < RL < 1$ merupakan indikasi adsorpsi baik (favourable). Jika nilai $RL = 0$ merupakan indikasi adsorpsi irreveribel, $RL = 1$ adalah linear dan $RL > 1$ adalah adsorpsi unfarovable (Thuan dkk, 2016). Nilai RL untuk adsorpsi amonia dengan yaitu 0,052 maka proses adsorpsi adalah baik (favourable).

Menurut ringo (2019), nilai Kf dan n, semakin tinggi nilai Kf dan n mengindikasikan bahwa semakin besar intensitas adsorpsi. Nilai $1/n$ pada isotherm Freundlich merupakan faktor heterogen yang menunjukkan intensitas adsorpsi dari adsorben. Untuk mengetahui kekuatan interaksi antara adsorben dan adsorbat dapat dilihat dari nilai $1/n$, semakin kecil nilai $1/n$ maka semakin kuat interaksi antara adsorben dengan adsorbat. Nilai $1/n$ antara 0 sampai 1 untuk menyatakan bahwa proses adsorpsi terjadi secara heterogen dan semakin mendekati angka 0 maka menyatakan proses adsorpsi sangat cocok untuk proses adsorpsi heterogen. Untuk adsorpsi amonia dengan menggunakan adsorben mahkota nanas, nilai $1/n$ yaitu 0,2339. Hal ini mengindikasikan bahwa proses adsorpsi amonia dengan menggunakan adsorben dari mahkota nanas pada permukaan adsorben terjadi secara heterogen.

Menurut Bird (1985), Isotherm adsorpsi Langmuir menggambarkan bahwa suatu adsorpsi mengikuti asumsi yakni adsorben dan adsorbat membentuk lapis tunggal (monolayer), kalor adsorpsi tidak tergantung pada penutupan permukaan,

kemudian semua situs bersifat sama dan permukaan adsorben bersifat homogen dan kemampuan adsorpsi molekul pada suatu situs tidak tergantung pada situs yang lainnya. Persamaan Langmuir dapat diturunkan secara teoritis dengan menganggap terjadinya kesetimbangan antara molekul-molekul zat yang diadsorpsi (adsorbat) dengan molekul-molekul zat yang masih bebas. Berdasarkan persamaan isoterm Langmuir dapat diperoleh informasi mengenai Q_{max} , yang menunjukkan nilai dari kapasitas adsorpsi maksimum dari adsorben.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan :

1. Adsorben dengan mahkota nanas memiliki tingkat efisiensi yakni pada parameter BOD dengan massa 0,5 gram kecepatan pengadukan 100 rpm memiliki efisiensi sebesar 94,35%, kemudian pada parameter COD dengan massa 0,5 gram kecepatan pengadukan 100 rpm memiliki efisiensi sebesar 95,19%, dan pada parameter amonia dengan massa 1 gram kecepatan pengadukan 97,87%.
2. Variasi massa memberikan pengaruh terhadap penyisihan pada parameter BOD dan COD penambahan massa meningkatkan efisiensi penyisihan namun kapasitas adsorpsi menjadi menurun. Pada parameter BOD dan COD variasi terbaik terjadi pada massa 0,5 gram dengan efisiensi sebesar 94,35% dan 95,15% dan kapasitas adsorpsinya parameter BOD sebesar 62,78 mg/g dan COD sebesar 199,816 mg/g. Kemudian pada parameter amonia variasi terbaik terjadi pada massa 1 gram dengan efisiensi sebesar 97,87% dengan kapasitas adsorpsi sebesar 2,452 mg/g.
3. Variasi kecepatan pengadukan tidak memberikan pengaruh terhadap penyisihan pencemar air limbah industri karet. Pada parameter BOD COD variasi terbaik terjadi pada kecepatan pengadukan 100 rpm dengan efisiensi sebesar 94,35% dan 95,15% dan kapasitas adsorpsinya parameter BOD sebesar 62,78 mg/g dan COD sebesar 199,816 mg/g. Kemudian pada parameter

amonia variasi terbaik terjadi pada kecepatan pengadukan 50 rpm dengan efisiensi sebesar 97,87% dengan kapasitas adsorpsi sebesar 2,452 mg/g.

5.2 Saran

Penulis sadar akan kekurangan dari penelitian ini, sehingga saran yang dapat diberikan oleh penulis untuk peneliti selanjutnya sebagai berikut, guna melengkapi kekurangan dari penelitian ini.

1. Melakukan penelitian lanjutan dengan memodifikasi adsorben mahkota nanas yang digunakan untuk mengatasi zat pencemar lainnya.
2. Melakukan penelitian lanjutan dengan menggunakan reagen asam dalam berbagai jenis konsentrasi sebagai perbandingan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap daya adsorpsi dari adsorben mahkota nanas.
3. Melakukan penelitian dengan menggunakan variasi waktu kontak pada saat proses pengadukan dan Hydrothermal aktivasi dalam proses aktivasi untuk mengetahui pengaruhnya terhadap daya adsorpsi dari adsorben mahkota nanas.
4. Melakukan penambahan variasi massa untuk melihat konsistensi dari proses adsorpsi.

DAFTAR PUSTAKA

- Andara, D. R., Haerudin dan Suryanto, A. 2014. Kandungan Total Padatan Tersuspensi, Biological Oxygen Demand dan Chemical Oxygen Demand Serta Indeks Pencemaran Sungai Klampiasan di Kawasan Industri Candi, Semarang. *Diponegoro Journal Of Maquares. Vol (3)*. Hal 177-187.
- Anwar, J., Shafique, E., Zaman, W. U., Salman, M. dan Anwar, S. 2010. Removal Pb (II) and Cd (II) From Water By Biosorption On Peel Of Banana. *Institut Of Chemistry. Vol. 101 (6)*.
- Apriliani, A. 2010. Pemanfaatan Arang Ampas Tebu Sebagai Adsorben Ion Logam Cd, Cr, Cu dan Pb Dalam Air Limbah. *Fakultas Sains dan Teknologi. UIN Syarif Hidayatullah, Jakarta*.
- Astuti, W., Junaedi, A., Suryani, E., & Ismail, R. (2006). Penurunan Kadar Asam Lemak Bebas Minyak Kelapa Sawit (CPO) Menggunakan Zeolit Alam Lampung. *Paper presented at the Prosiding Seminar Nasional Iptek Solusi Kemandirian Bangsa*.
- Barros LM, Maedo GR, Duarte MML, Silva EP, Lobato. 2003. Biosorption cadmium using the fungus *Aspergillus niger*. *Braz J. Chem. (20)*: 1-17
- Beroeh, K. 2004. Pengaruh Suhu Karbonisasi terhadap Daya Serap Karbon Aktif dengan Aktivator $ZnCl_2$ dari Serbuk Gergaji Kayu Jati. *Tugas Akhir sarjana Teknik Kimia. FT Teknik Kimia UMJ*
- Bird, T. 1985. *Physical Chemistry*. Jakarta : Gramedia.
- Dewi, D.S., Prasetyo, H. E dan Karnadeli. E. 2020. Pengolahan Air Limbah Industri Karet Remah (*Crum Rubber*) Dengan Menggunakan Reagen Fenton. *Jurusan Teknik kimia. Nomor (1)*.
- Draper, N. dan Smith, H. 1992. Analisis Regresi Terapan. Edisi Kedua. Terjemahan Oleh Bambang Sumantri. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Fachrurozi, M., Utami, L. B dan Suryani, D. 2010. Pengaruh Variasi Biomassa *Pistia Stratiotes L.* Terhadap Penurunan Kadar COD, BOD dan TSS Limbah Cair Tahu Di Dusun Klero Sleman Yogyakarta. *Jural KES MAS. Vol (4). No :1*
- Fardiaz, S., 2003, *Polusi Air & Udara*, Kanisius, Yogyakarta.
- Ginting, F.D. 2008. Pengujian Alat Pendingin Sistem Adsorpsi Dua Adsorber dengan Menggunakan Metanol 1000 mL Sebagai Refrigeran. *Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik. Universitas Indonesia : Jakarta.F*
- Hadi. F. M. 2016. Sosialisasi Teknik Pembuatan Arang Tempurung Kelapa Dengan Pembakaran Sistem Suplai Udara Kendali. *Buletin Teknologi Pertanian. Vol 16 (2) : 77-80*.

- Hidayat, Praktino. 2008. Teknologi Pemanfaatan Serat Daun Nanas Sebagai Alternatif Bahan Baku Tekstil. *Jurnal Teknologi Industri*. Volume 13 No 2. Hal 31-35.
- Hijriani, A., Muludi, K dan Andini, E. A. 2016. Implementasi Metode Regresi Linier Sederhana Pada Penyajian Hasil Prediksi Pemakaian Air Bersih Pdam Way Rilau Kota Bandar Lampung Dengan Sistem Informasi Geofrafis. *Jurnal Informatika Mulawarman*. Vol. 11 No. 2.
- Hossain, M. A., Ngo, H. Hao, W. S. Guo and Nguyen, T. V. 2012. Removal of Copper from Water by Adsorption onto Banana Peel as Bioadsorbent. *Int. J. of GEOMATE*. Vol. 2, No. 2 (Sl. No. 4), pp. 227-234.
- Idrus, R., Lapanporo, B.P., & Putra, Y.G. 2013. Pengaruh Suhu Aktivasi terhadap Kualitas Karbon Aktif Berbahan Dasar Tempurung Kelapa. *Jurnal Prisma Fisika*. Vol. 1: 50-55.
- Kasman, M. 2011. Use Of Rice Husks And Its Modified Forms As Adsorbent For Leachate Treatment In Batch And Column Operations. *Tesis. Faculty Of Engineering University Of Malaya Kuala Lumpur*.
- Khairunisa, 2008. Kombinasi Teknik Elektrolisis dan Teknik Adsorpsi Menggunakan Karbon Aktif Untuk Menurunkan Konsentrasi Senyawa Fenol dalam Air. *Jurnal FMIPA*. Vol 1 (2).
- Komarawidjaja, W., S. Sukimin, dan E. Arman. 2005. Status Kualitas Air Waduk Cirata dan Dampaknya Terhadap Perumbuhan Ikan Budidaya. *Jurnal Teknik Lingkungan*. P3TL-BPPT, 6(1):268-273.
- Kriswiyanti, E. A. dan Danarto, Y. C. 2007. Model Keseimbangan Adsorpsi Cr Dengan Rumput Laut. *Jurnal Kimia UNS, Ekuilibrium*. Vol 6. No. 2 : 47-52.
- Laos, L. E dan Selan, A. 2016. Pemanfaatan Kulit Singkong Sebagai Bahan Baku Karbon Aktif. *Jurnal Ilmu Pendidikan Fisika*. Vol 1 (1).
- Lembang, M., W. Syafii dan G. Pari. 2012. Sifat dan Mutu Arang Aktif Tempurung Kemiri. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 30(2), 278- 294.
- Naswir, M., Yasdi., Caniago, M. A dan Wibowo, Y. G. 2020. Pemanfaatan Kompilasi Bantonit Dan Karbon Aktif Dari Batu Bara Untuk Menurunkan Kadar BOD Dan COD Pada Limbah Cair Industri Karet. *Jurnal Presipitasi*. Vol. 17 (2).
- Nguyen, N. H and Luong, T. T. 2012. Situation Of Wastewater Treatment Of Natural Rubber Latex Processing In The Southeastern Region, Vietnam. *Journal Of Vietnamese Environment*. Vol. 2, No. 2, pp. 58-64.
- Nurfitria, N., Febriyantiningrum, K., Utomo, W. P., Nugraheni, Z. V., Pangastuti, D. D., Maulida, H dan Ariyanti, F. N. 2019. Pengaruh Konsentrasi Aktivator Kalium Hidroksida (KOH) pada Karbon Aktif dan Waktu Kontak Terhadap Daya Adsorpsi Logam Pb dalam Sampel Air Kawasan Mangrove Wonorejo, Surabaya.

- Nurhayati, C. 2013. Optimasi Pengolahan Limbah Cair Karet Remah Menggunakan Mikroalga Indigen dalam Menurunkan Kadar BOD, COD, TSS.
- Nurjanah, S., Badrus, Z., dan Syakur, A. 2017. Penyisihan BOD dan COD Limbah Cair Industri Karet dengan Sistem Biofilter Aerob dan Plasma. *Jurnal Teknik Lingkungan*. 6(1): 1-14.
- Nurmaliakasih, D. Y., Syakur, A dan Zaman, B. 2017. Penyisihan Cod Dan Bod Limbah Cair Industri Karet Dengan Sistem Horizontal Roughing Filtration (Hrf) Dan Plasma Dielectric Barrier Discharge (Dbd). *Jurnal Teknik Lingkungan*. Vol 6 (1)
- Mu'in, R., Wulandari, S dan Pertiwi, N. P. 2017. Pengaruh Kecepatan Pengadukan Dan Massa Adsorben Terhadap Penurunan Kadar Phospat Pada Pengolahan Limbah Laundry. *Jurnal Teknik Kimia*. Vol (3). Hal : 1
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun (2014) tentang Baku Mutu Air Limbah Karet.
- Pratiwi, Y. D. 2020. Dampak Pencemaran Logam Berat (Timbal, Tembaga, Merkuri, Kadmium, Krom) Terhadap Organisme Perairan dan Kesehatan Manusia. *Jurnal Akuatek*. Vol. 1, No. 1 : 59-65.
- Purba, B, S, A. 2020. Kinetika Adsorpsi Logam Zn Menggunakan Karbon Aktif Magnetik Berbasis Limbah Daun Mahkota Nanas. *Fakultas Teknik*. Universitas Negeri Semarang.
- Putri, I. D., Daud, P dan Elystia, S. 2019. Pengaruh Massa Dan Waktu Kontak Adsorben Cangkang Buah Ketapang Terhadap Efisiensi Penyisihan Logam Fe Dan Zat Organik Pada Air Gambut. *Jom FTEKNIK*. Volume : 6.
- Rahmadani, N dan Kurniawati, P. (2017). Sintesis dan Karakterisasi Karbon Teraktivasi Asam dan Basa Berbasis Mahkota Nanas. *In Prosiding Seminar Nasional Kimia dan Pembelajaran*, 154-161.
- Ramadhani, E. D. 2021. Penyerapan Zat Warna Methylene Blue Oleh Kulit Kelengkeng (*Euphoria Longan Lour*) Sebagai Biosorben. *Skripsi*. Universitas Negeri Padang, Padang.
- Reyra, A.S., Daud, S dan Yenti, S.R. (2017). Pengaruh Massa dan Ukuran Partikel Adsorben Daun Nanas Terhadap Efisiensi Penyisihan Fe Pada Air Gambut. *Jom FTEKNIK*, 4(2), 1-9.
- Rianto, D. 2020. Analisis Kemampuan Daun Kulit dan Mahkota Nanas Dalam Menguraikan Limbah Pewarna buatan Methylene Blue. *Skripsi Fakultas Teknik*. Universitas Batang Hari, Jambi.
- Rizky, A. 2019. Pemanfaatan Karbon Aktif Ampas Tebu Untuk Menurunkan Kadar Logam Pb Dalam Larutan Air. *Skripsi*. Fakultas Matematika dan Ilmu pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang, Semarang.

- Saragih, 2008. Pembuatan dan Karakterisasi Karbon Aktif dari Batubara Riau sebagai Adsorben. *Tesis Program Pasca Sarjana Bidang Ilmu Teknik*. Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Setiawan, D.A, Argo, B.D dan Hendrawan, Y. 2017. Pengaruh Konsentrasi dan Preparasi terhadap Karakterisasi Membran Chitosan. *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem*. 3(1) : 95-99
- Sirajuddin., Harjanto dan Pipin Trijuniarti. 2019. Karakteristik Arang Aktif Dari Limbah Mahkota Nanas (*Ananas Comosus (L) Merr*) Menggunakan Aktivator Kimia H₃PO₄. *Jurnal Teknik kimia*. 978-602-60766-7-0. (pp.22-27
- Sirajuddin, Syahrir, M dan Irmawati. 2017. Optimasi Kecepatan Pengadukan Pada Proses Adsorpsi Limbah Cair Laundry Untuk Menurunkan Kadar Surfaktan Menggunakan Batu Bara. *Jurnal umj*. Hal 3-4
- Siringo-Ringo, E. P. 2019. Pengaruh Waktu Kontak, Ph Dan Dosis Adsorben Dalam Penurunan Kadar Pb Dan Cd Menggunakan Adsorben Dari Kulit Pisang. *Tugas Akhir*. Universitas Sumatera Utara.
- Suciandica,M., Indang, D., Bahrizal dan Kurniawati,D. 2019 . Penyerapan Ion Logam Zn (II) dengan Biji Buah Lengkeng (*Euphoria Longan Lour*) sebagai Biosorben. *Journal of residu*. 3(13)
- Suratman, A., Kamalia, N. Z., & Kusumawati, W. A. (2016). Adsorption and Desorption of Zn (II) and Cu (II) on Ca-alginate Immobilized Activated Rice Bran. *In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 107, No. 1, p. 012017). IOP Publishing.
- Suyono. 2015. Analisis regresi untuk penelitian. Yogyakarta : Deepublish.
- Swastha, J. T. 2010. Kemampuan Arang Aktif Dari Kulit Singkong dan Dari Tongkol Jagung Dalam Penurunan Kadar COD dan BOD Limbah Pabrik Tahu. *Tugas Akhir*. Universitas Semarang.
- Syuqiah, I. 2011. Analisis Variasi Waktu Dan Kecepatan Pengadukan Pada Proses Adsorpsi Limbah Logam Berat Dengan Arang Aktif. *Jurnal Teknik* . Vol 12, hal 7.
- Thuan, T. V., Quynh, B. T. P., Nguyen, T. D., Ho, V. T. T. dan Bach, L. G. 2016. Response Surface Methodology Approach For Optimization of Cu²⁺, Ni²⁺ dan Pb²⁺ Adsorption Using KOH-Activated Carbon From Banana Peel. *Journal of Surface Interface*. Vol. 6 Issue 3 : 209-217.
- Vinsiah, R. A., Suharman dan Desi. 2013. Pembuatan Karbon Aktif dari Cangkang Kulit Karet (*Hevea brasilliensis*). *Skripsi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Sriwijaya*, Palembang.
- Wahyuni, S., Ningsih, P., & Ratman, R. (2017). Pemanfaatan Arang Aktif Biji Kapuk (*Ceiba Pentandra L.*) sebagai Adsorben Logam Timbal (Pb). *Jurnal Akademika Kimia*. 5(4) 191.

Wati, E., I. Hajar, R.S. Sitorus, N. Mulianingtias dan F.J. Welan. 2016. Efektivitas Adsorpsi Logam Pb 2+ Dan Cd 2+ Menggunakan Media Adsorben Cangkang Telur Ayam. *Jurnal Konversi* .Vol. 5(1).

Yuwono, H dan Biomed, M. 2010. Pandemi Resistensi Antimikroba: Belajar dari MRSA. *Jurnal JKK*. No : 1.

LAMPIRAN PERHITUNGAN

Lampiran I. Perhitungan Pembuatan Reagen

1. Perhitungan Pembuatan Larutan KOH 0,3 M

$$\text{Mr KOH} = 56 \text{ gr/mol}$$

$$\text{Volume KOH} = 250 \text{ ml} = 0,25 \text{ L}$$

$$\text{M KOH} = 0,3 \text{ M}$$

a) Menentukan mol KOH

$$M = \frac{n}{v}$$

$$0,3 \text{ M} = \frac{n}{0,25 \text{ liter}}$$

$$n = 0,075 \text{ mol}$$

b) Menentukan massa KOH yang diperlukan

$$n = \frac{\text{massa}}{\text{Mr}}$$

$$0,075 \text{ mol} = \frac{\text{massa}}{56 \text{ m/mol}}$$

$$\text{Massa} = 4,2 \text{ gram}$$

Lampiran II. Perhitungan Karakterisasi Adsorben

a) Kadar Air

Berat sampel = 1 gram

Waktu = 15 menit

Suhu = 105°C

Massa cawan kosong (W1) = 62,979 gr

Massa cawan + sampel awal (W2) = 63,979 gr

Massa cawan + sampel akhir (W3) = 63,875 gr

$$\begin{aligned}\% \text{ Kadar Air} &= \frac{W_2 - W_3}{W_2 - W_1} \times 100\% \\ &= \frac{63,979 - 63,875}{63,979 - 62,979} \times 100\% \\ &= 10,4\%\end{aligned}$$

b) Kadar Abu

Berat sampel = 1 gr

Suhu = 600°C

Waktu = 5 menit

Massa cawan kosong (W1) = 7,048 gr

Massa cawan + sampel awal (W2) = 8,048 gr

Massa cawan + sampel akhir (W3) = 8,002 gr

$$\begin{aligned}\% \text{ Kadar Abu} &= \frac{W_2 - W_3}{W_2 - W_1} \times 100\% \\ &= \frac{8,048 - 8,002}{8,048 - 7,048} \times 100\% \\ &= 4,6\%\end{aligned}$$

c) Kadar Volatil

Berat sampel = 1 gram

Suhu = 900°C

Waktu = 7 menit

Massa cawan kosong (W1) = 62,979 gr

Massa cawan + sampel awal (W2) = 63,979 gr

Massa cawan + sampel akhir (W3) = 63,912 gr

$$\begin{aligned}\% \text{ Kadar Abu} &= \frac{W2-W3}{W2-W1} \times 100\% \\ &= \frac{63,979-63,912}{63,979-62,979} \times 100 \% \\ &= 6,7 \%\end{aligned}$$

Lampiran III. Perhitungan Efisiensi Penyisihan dan Kapasitas Adsorpsi

1. BOD (*Biological Oxygen Demand*)

a) Pengaruh Variasi Kecepatan Pengadukan *Biological Oxygen Demand* (BOD)

- Massa 0,5 gram

Kecepatan Pengadukan (rpm)	Konsentrasi awal Ci (mg/L)	Konsentrasi akhir Ce (mg/L)	Efisiensi Penyisihan (%)	x/m (mg/g)
50	166,34	15,38	90,7538776	60,384
100	166,34	9,39	94,35493567	62,78
150	166,34	11,33	93,18864975	62,004

$$\text{Konsentrasi awal (Co)} = 166,34$$

$$\text{Konsentrasi akhir (Ce)} = 15,38$$

$$\text{Kapasitas Penyerapan (x/m)} = \frac{150,96 \times 0,2 \text{ ml}}{0,5 \text{ gr}}$$

$$= 60,384 \text{ mg/g}$$

$$\% \text{ Penyerapan} = \frac{150,96}{166,34} \times 100 \% = 90,75388 \%$$

- Massa 1 gram

Kecepatan Pengadukan (rpm)	Konsentrasi awal Co (mg/L)	Konsentrasi akhir Ce (mg/L)	Efisiensi Penyisihan (%)	x/m (mg/g)
50	166,34	15,28	90,81399543	30,212
100	166,34	14,26	91,42719731	30,416
150	166,34	21,18	87,26704341	29,032

- 1,5 gram

Kecepatan Pengadukan (rpm)	Konsentrasi awal Co (mg/L)	Konsentrasi akhir Ce (mg/L)	Efisiensi Penyisihan (%)	x/m (mg/g)
50	166,34	16,11	90,31501743	20,03066667
100	166,34	15,58	90,63364194	20,10133333
150	166,34	8,14	95,10640856	21,09333333

b) Pengaruh Variasi Massa terhadap *Biological Oxygen Demand* (BOD)

• 50 rpm

Massa (gram)	Konsentrasi awal Co (mg/L)	Konsentrasi akhir Ce (mg/L)	Efisiensi Penyisihan (%)	x/m (mg/g)
0,5	166,34	15,38	90,75	60,384
1	166,34	15,28	90,81	30,212
1,5	166,34	16,11	90,32	20,030

• 100 rpm

Massa (gr)	Konsentrasi awal Co (mg/L)	Konsentrasi akhir Ce (mg/L)	Efisiensi Penyisihan (%)	x/m (mg/g)
0,5	166,34	9,39	94,35	62,78
1	166,34	14,26	91,43	30,41
1,5	166,34	15,58	90,63	20,10

• 150 rpm

Massa (gr)	Konsentrasi awal Co (mg/L)	Konsentrasi akhir Ce (mg/L)	Efisiensi Penyisihan (%)	x/m (mg/g)
0,5	166,34	11,33	93,19	62,004
1	166,34	21,18	87,27	29,032
1,5	166,34	8,14	95,11	21,093

2. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

a) Pengaruh Variasi Kecepatan Pengadukan *Chemical Oxygen Demand* (BOD)

- Massa 0,5 gram

Kecepatan Pengadukan (rpm)	Konsentrasi awal Co (mg/L)	Konsentrasi akhir Ce (mg/L)	Efisiensi Penyisihan (%)	x/m (mg/g)
50	524,74	45,65	91,30045356	191,636
100	524,74	25,2	95,19762168	199,816
150	524,74	36,56	93,03274002	195,272

$$\text{Konsentrasi awal (Co)} = 524,74$$

$$\text{Konsentrasi akhir (Ce)} = 45,65$$

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas Penyerapan (Qe)} &= \frac{479,09 \times 0,2 \text{ ml}}{0,5 \text{ gr}} \\ &= 191,636 \text{ mg/g} \end{aligned}$$

$$\% \text{ Penyerapan} = \frac{479,09}{524,74} \times 100 \% = 91,30045 \%$$

- Massa 1 gram

Kecepatan Pengadukan (rpm)	Konsentrasi awal Co (mg/L)	Konsentrasi akhir Ce (mg/L)	Efisiensi Penyisihan (%)	x/m (mg/g)
50	524,74	50,2	90,43335747	94,908
100	524,74	47,93	90,86595266	95,362
150	524,74	70,66	86,53428365	90,816

- Massa 1,5 gram

Kecepatan Pengadukan (rpm)	Konsentrasi awal Co (mg/L)	Konsentrasi akhir Ce (mg/L)	Efisiensi Penyisihan (%)	x/m (mg/g)
50	524,74	57,02	89,1336662	62,36266667
100	524,74	52,47	90,00076228	62,96933333
150	524,74	28,61	94,54777604	66,15066667

b. Pengaruh Variasi Massa Adsorben *Chemical Oxygen Demand* (COD)

• **50 rpm**

Massa (gr)	Konsentrasi awal Co (mg/L)	Konsentrasi akhir Ce (mg/L)	Efisiensi Penyisihan (%)	x/m (mg/g)
0,5	524,74	45,65	91,30	191,636
1	524,74	50,2	90,43	94,908
1,5	524,74	57,02	89,13	62,362

• **100 rpm**

Massa (gr)	Konsentrasi awal Ci (mg/L)	Konsentrasi akhir (Ce)	Efisiensi Penyisihan (%)	x/m (mg/g)
0,5	524,74	25,2	95,20	199,816
1	524,74	47,93	90,87	95,362
1,5	524,74	52,47	90,00	62,96933333

• **150 rpm**

Massa (gr)	Konsentrasi awal Co (mg/L)	Konsentrasi akhir Ce (mg/L)	Efisiensi Penyisihan (%)	x/m (mg/g)
0,5	524,74	36,56	93,03	195,272
1	524,74	70,66	86,53	90,816
1,5	524,74	28,61	94,55	66,15066667

3. Amonia

a) Pengaruh Variasi Kecepatan Pengadukan pada parameter amonia

- Massa 0,5 gram

Kecepatan Pengadukan (rpm)	Konsentrasi awal Co (mg/L)	Konsentrasi akhir Ce (mg/L)	Efisiensi Penyisihan (%)	x/m (mg/g)
50	12,53	2,91	76,77573823	3,848
100	12,53	3,39	72,94493216	3,656
150	12,53	2,56	79,56903432	3,988

$$\text{Konsentrasi awal (Co)} = 12,53$$

$$\text{Konsentrasi akhir (Ce)} = 2,91$$

$$\text{Kapasitas Penyerapan (Qe)} = \frac{9,62 \times 0,2 \text{ ml}}{0,5 \text{ gr}}$$

$$= 3,848 \text{ mg/g}$$

$$\% \text{ Penyerapan} = \frac{9,62}{12,53} \times 100 \% = 76,77574 \%$$

- Massa 1 gram

Kecepatan Pengadukan (rpm)	Konsentrasi awal Co (mg/L)	Konsentrasi akhir Ce (mg/L)	Efisiensi Penyisihan (%)	x/m (mg/g)
50	12,53	0,2664	97,87390263	2,4527
100	12,53	0,3015	97,59377494	2,4457
150	12,53	0,4773	96,19074222	2,4105

- Massa 1,5 gram

Kecepatan Pengadukan (rpm)	Konsentrasi awal Co (mg/L)	Konsentrasi akhir Ce (mg/L)	Efisiensi Penyisihan (%)	x/m (mg/g)
50	12,53	0,6296	94,97525938	1,58672
100	12,53	0,322	97,4301676	1,627733333
150	12,53	0,3126	97,50518755	1,628986667

b) Pengaruh Variasi Massa Adsorben pada Parameter Amonia

• 50 rpm

Massa (gr)	Konsentrasi awal Co (mg/L)	Konsentrasi akhir Ce (mg/L)	Efisiensi Penyisihan (%)	x/m (mg/g)
0,5	12,53	2,91	76,78	3,848
1	12,53	0,2664	97,87	2,45272
1,5	12,53	0,6296	94,98	1,58672

$$\text{Konsentrasi awal (Co)} = 12,53$$

$$\text{Konsentrasi akhir (Ce)} = 0,2664$$

$$\begin{aligned} \text{Konsentrasi terserap} &= 12,53 - 0,2664 \\ &= 12,2636 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas Penyerapan (Qe)} &= \frac{12,2636 \times 0,2 \text{ ml}}{1 \text{ gr}} \\ &= 2,45272 \text{ mg/g} \end{aligned}$$

$$\% \text{ Penyerapan} = \frac{12,2636}{12,53} \times 100 \% = 97,8739 \%$$

• 100 rpm

Massa (gr)	Konsentrasi awal Co (mg/L)	Konsentrasi akhir Ce (mg/L)	Efisiensi Penyisihan (%)	x/m (mg/g)
0,5	12,53	3,39	72,94	3,656
1	12,53	0,3015	97,59	2,4457
1,5	12,53	0,322	97,43	1,6277

• 150 rpm

Massa (gr)	Konsentrasi awal Co (mg/L)	Konsentrasi akhir Ce (mg/L)	Efisiensi Penyisihan (%)	x/m (mg/g)
0,5	12,53	2,56	79,57	3,988
1	12,53	0,4773	96,19	2,41054
1,5	12,53	0,3126	97,51	1,62898

Lampiran IV: Perhitungan Isotherm Adsorpsi

1. BOD (*Biological Oxygen Demand*)

- *Isotherm Freundlich*

Massa (gr)	Ci (mg/L)	Ce (mg/L)	Log Ce	Qe (mg/L)	Log Qe
0,5	166,34	9,39	0,97266	62,78	1,79782
1	166,34	14,26	1,15412	30,416	1,48310
1,5	166,34	15,58	1,19256	20,101	1,30322

Konsentrasi awal (Co) = 166,34 mg/L

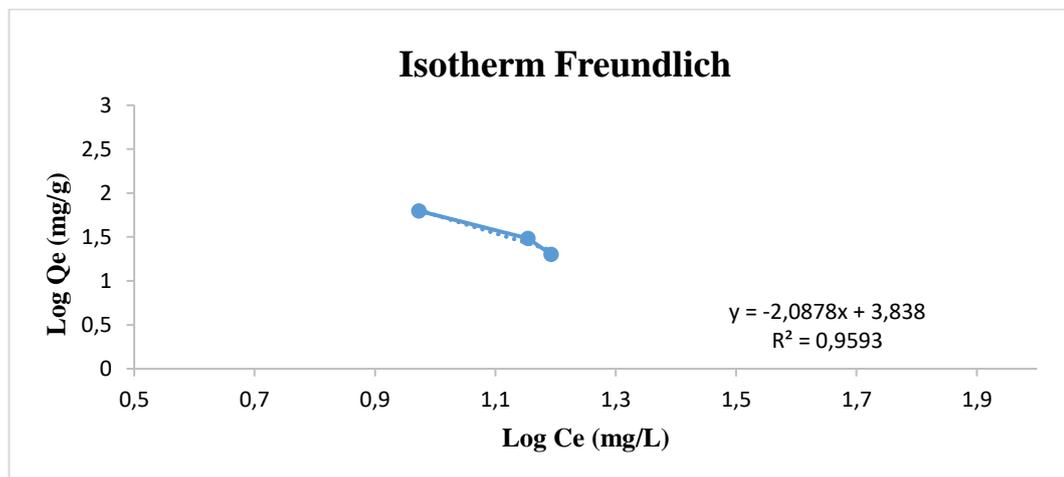
Konsentrasi akhir (Ce) = 9,39 mg/L

Massa (m) = 0,5 gr

Kapasitas adsorpsi (Qe) = $\frac{\text{Konsentrasi awal} - \text{konsentrasi akhir}}{m} \times V$

$$= \frac{166,34 - 9,39 \text{ mg/L}}{0,5 \text{ g}} \times 0,2 \text{ L}$$

$$= 62,78 \text{ mg/g}$$



Log KF = 3,838

KF = $10^{3,838}$

KF = 6886,52

1/n = 2,0878

$$n = \frac{1}{2,0878}$$

$$n = 0,478$$

• *Isotherm Langmuir*

Massa (gr)	Ci (mg/L)	Ce (mg/L)	Qe (mg/L)	Ce/Qe	m/x	1/Ce
0,5	166,34	9,39	62,78	0,14957	0,007964	0,106496
1	166,34	14,26	30,416	0,468832	0,032877	0,070126
1,5	166,34	15,58	20,10133	0,775073	0,074622	0,064185

Konsentrasi awal (Co) = 166,34 mg/L

Konsentrasi akhir (Ce) = 9,39 mg/L

Massa (m) = 0,5 gr

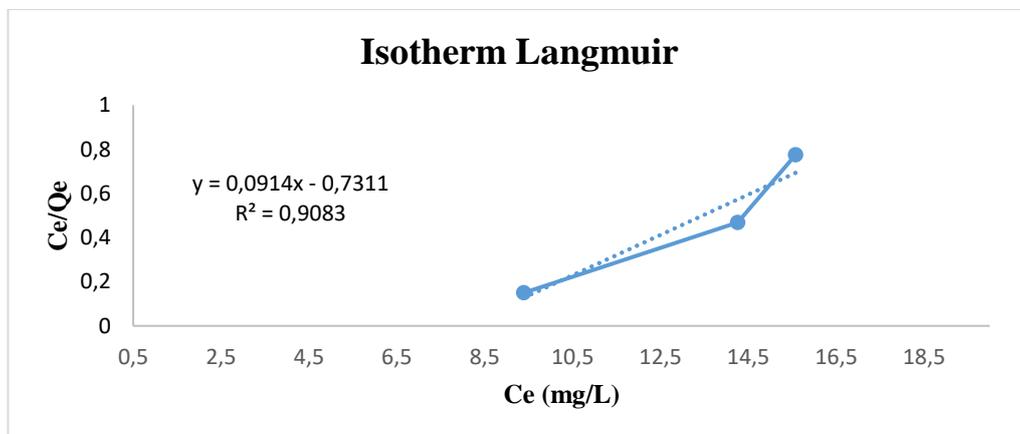
Kapasitas adsorpsi (Qe) = $\frac{\text{Konsentrasi awal} - \text{konsentrasi akhir}}{m} \times V$

$$= \frac{166,34 - 9,39 \text{ mg/L}}{0,5 \text{ g}} \times 0,2 \text{ L}$$

$$= 62,78 \text{ mg/g}$$

Ce/Qe = $\frac{9,39 \text{ mg/L}}{62,78 \text{ mg/g}}$

$$= 0,14957$$



$$Q_m = \frac{1}{\text{Slope}}$$

$$= \frac{1}{0,0914}$$

$$= 10,940 \text{ mg/g}$$

$$KL = \frac{\text{Slope}}{\text{Intersep}}$$

$$= \frac{0,0914}{0,7311}$$

$$= 0,125$$

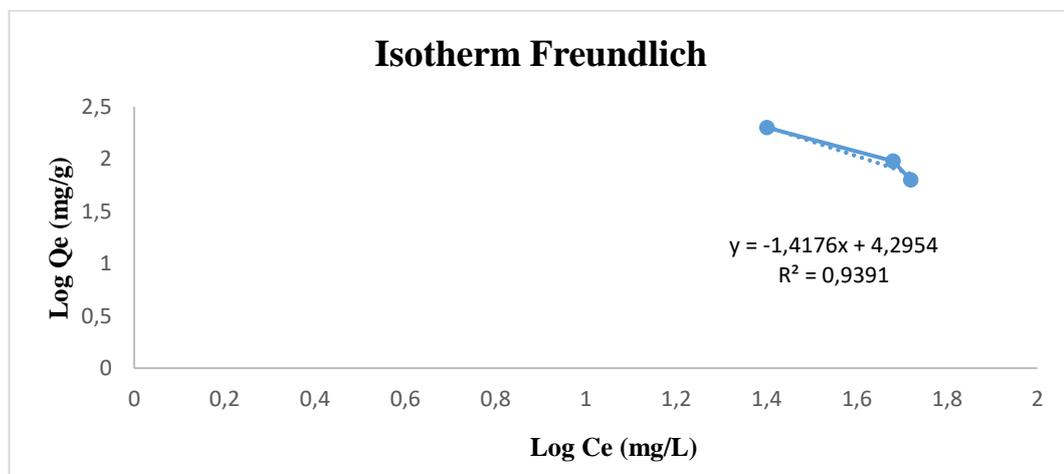
$$RL = \frac{1}{(1+KL \times C_i)}$$

$$= 0,045$$

2. COD (Chemical Oxygen Demand)

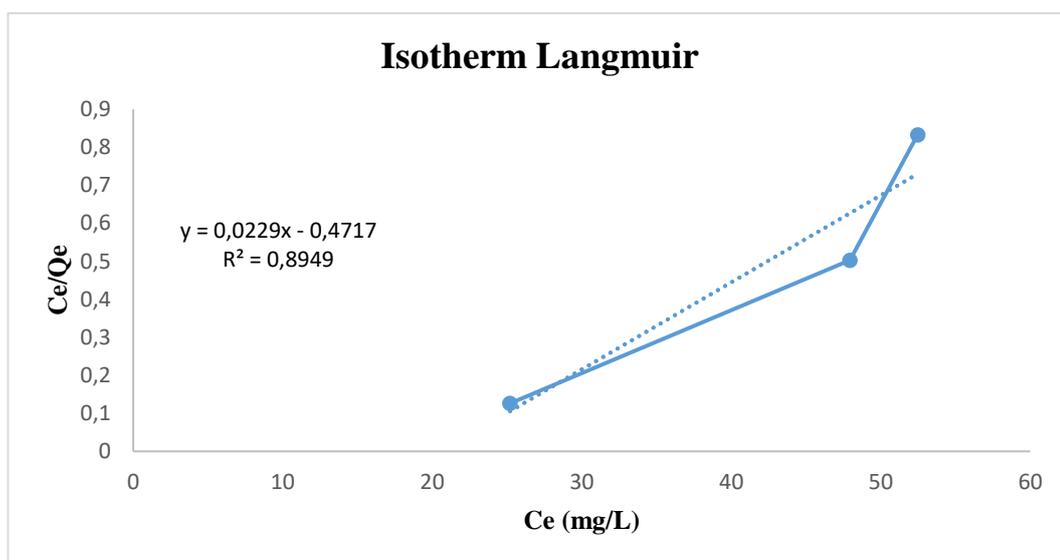
- *Isotherm Freundlich*

Massa (gr)	Ci (mg/L)	Ce (mg/L)	Log Ce	Qe (mg/L)	Log Qe
0,5	524,74	25,2	1,401401	199,816	2,30063
1	524,74	47,93	1,680607	95,362	1,979375
1,5	524,74	52,47	1,719911	62,96933	1,799129



- *Isotherm Langmuir*

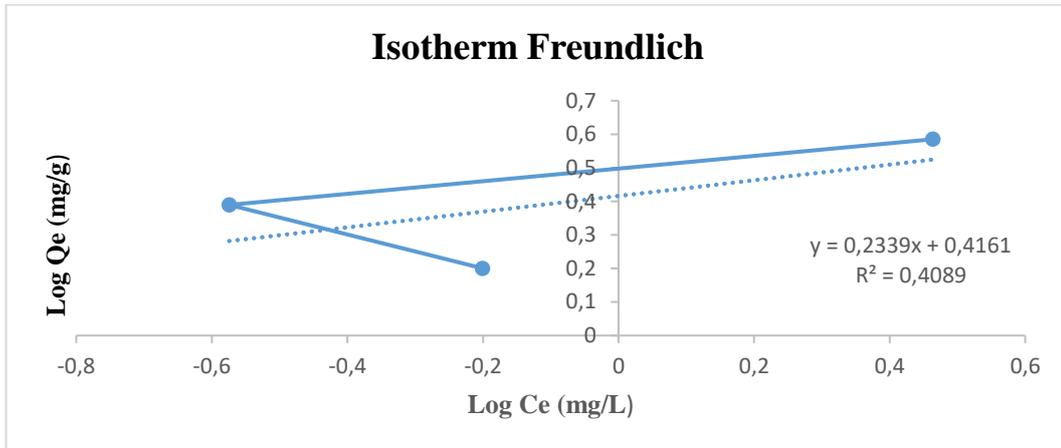
Massa (gr)	Ci (mg/L)	Ce (mg/L)	Qe (mg/L)	Ce/Qe	m/x	1/Ce
0,5	524,74	25,2	199,816	0,126116	0,002502	0,039683
1	524,74	47,93	95,362	0,502611	0,010486	0,020864
1,5	524,74	52,47	62,96933	0,833263	0,023821	0,019059



3. Amonia

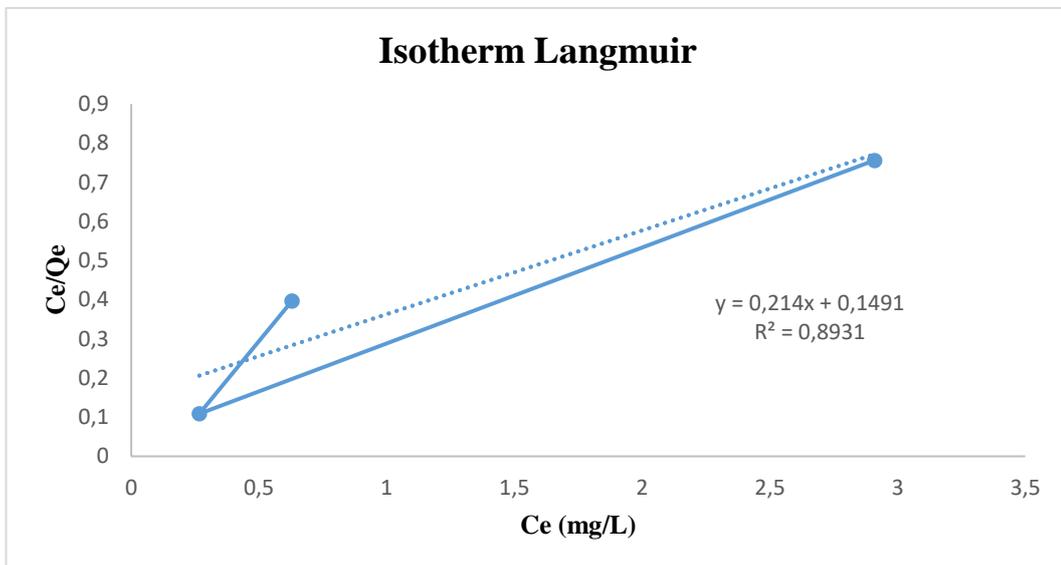
- *Isotherm Freundlich*

Massa (gr)	Ci (mg/L)	Ce (mg/L)	Log Ce	Qe (mg/L)	Log Qe
0,5	12,53	2,91	0,463893	3,848	0,585235
1	12,53	0,2664	-0,57447	2,45272	0,389648
1,5	12,53	0,6296	-0,20094	1,58672	0,2005



- **Isotherm Langmuir**

Massa (gr)	Ci (mg/L)	Ce (mg/L)	Qe (mg/L)	Ce/Qe	m/x	1/Ce
0,5	12,53	2,91	3,848	0,756237	0,129938	0,343643
1	12,53	0,2664	2,45272	0,108614	0,407711	3,753754
1,5	12,53	0,6296	1,58672	0,396793	0,945346	1,58831



LAMPIRAN V. Dokumentasi Penelitian

No	Gambar	Keterangan
1.		<p>Preparasi sampel mahkota nanas dan perajangan agar lebih memudahkan pada saat proses penjemuran.</p>
		<p>Mahkota nanas yang telah dijemur \pm 4 hari dan dioven.</p>
		<p>Mahkota nanas yang telah dihaluskan</p>
2.		<p>Proses karbonisasi mahkota nanas menggunakan <i>furnace</i> hingga menjadi arang</p>
		<p>Mahkota nanas yang telah di <i>furnace</i></p>

	<p>Proses penyaringan adsorben dengan ukuran 40 <i>mesh</i>.</p>
	<p>Proses aktivasi selama 24 jam menggunakan aktivator KOH.</p>
	<p>Proses penyaringan dan pencucian adsorben dengan aquades.</p>



Nomor Registrasi
00119/LP.J/LABLING-1/LRK/KLHK

LAPORAN HASIL PENGUJIAN
CERTIFICATE OF ANALYSIS
LAB-JLI-2202095A

Nama Pelanggan/
Customer : **SISCA AFRILIA SILALAH**
Personil Penghubung/
Contact Person : Sisca Afrilia Silalahi
Alamat Lengkap/
Address : Kota Jambi, Provinsi Jambi
Nama Kegiatan/
Project Name : Analisis Kualitas Lingkungan Untuk Kegiatan Penelitian Mahasiswa Penelitian
Mahasiswa Universitas Batanghari
Jumlah Contoh Uji/
Samples : 10



Boby Lasmana, S.Si
Manajer Teknis

PT. JAMBI LESTARI INTERNASIONAL

Jl. Nusa Indah I No. 59E-F Kel. Rawasari Kec. Alam Barajo Provinsi Jambi
Telepon : 0741-3071716 - WA: 08117447787 - Website : www.jli.co.id

Laporan ini dibuat berdasarkan hasil observasi yang objektif dan independen terhadap sampel pelanggan yang bersifat khusus dan rahasia. Data hasil pengujian, interpretasi, dan pendapat-pendapat yang ada di dalamnya mewakili penilaian terbaik dari PT. Jambi Lestari Internasional. Dalam hal penggunaan laporan ini, PT. Jambi Lestari Internasional tidak membuat jaminan secara tersirat maupun tersurat dan tidak bertanggung jawab terhadap produktivitas, kegiatan operasional, ataupun kerugian lainnya yang bersifat material maupun imaterial. Laporan ini tidak diperbolehkan untuk digandakan, kecuali secara utuh keseluruhannya dan atas persetujuan tertulis dari PT. Jambi Lestari Internasional.



INFORMASI CONTOH UJI
SAMPLE INFORMATION

Nomor Pekerjaan/Job Number : LAB-JLI-2202095A
 Nama Pelanggan/Customer : SISCA AFRILIA SILALAH
 Personil Penghubung/Contact Person : Sisca Afrilia Silalahi
 Tanggal Dilaporkan/Reported Date : 11 Februari 2022

Identifikasi Laboratorium/ Laboratory Identification	Identifikasi Contoh Uji/ Sampel Identification	Matriks/ Matrix	Tanggal Pengambilan/ Date of Sampling	Waktu Pengambilan/ Time of Sampling	Tanggal Penerimaan/ Date of Received	Waktu Penerimaan/ Time of Received	Waktu Analisis/ Time of Analysis	Koordinat/Coordinate	
								Lintang/ Latitude	Bujur/ Longitude
LAB-JLI-2202095A 1/10	AL-1 (Penguji Awal)	Air Limbah	--	--	04/02/2022	08:00	04/02 - 15/02	--	--
LAB-JLI-2202095A 2/10	AL-2 (0.5 gram, Pengadukan 50 ppm)	Air Limbah	--	--	04/02/2022	08:00	04/02 - 15/02	--	--
LAB-JLI-2202095A 3/10	AL-3 (0.5 gram, Pengadukan 100 ppm)	Air Limbah	--	--	04/02/2022	08:00	04/02 - 15/02	--	--
LAB-JLI-2202095A 4/10	AL-4 (0.5 gram, Pengadukan 150 ppm)	Air Limbah	--	--	04/02/2022	08:00	04/02 - 15/02	--	--
LAB-JLI-2202095A 5/10	AL-5 (1 gram, Pengadukan 50 ppm)	Air Limbah	--	--	04/02/2022	08:00	04/02 - 15/02	--	--
LAB-JLI-2202095A 6/10	AL-6 (1 gram, Pengadukan 100 ppm)	Air Limbah	--	--	04/02/2022	08:00	04/02 - 15/02	--	--
LAB-JLI-2202095A 7/10	AL-7 (1 gram, Pengadukan 150 ppm)	Air Limbah	--	--	04/02/2022	08:00	04/02 - 15/02	--	--
LAB-JLI-2202095A 8/10	AL-8 (1.5 gram, Pengadukan 50 ppm)	Air Limbah	--	--	04/02/2022	08:00	04/02 - 15/02	--	--
LAB-JLI-2202095A 9/10	AL-9 (1.5 gram, Pengadukan 100 ppm)	Air Limbah	--	--	04/02/2022	08:00	04/02 - 15/02	--	--
LAB-JLI-2202095A 10/10	AL-10 (1.5 gram, Pengadukan 150 ppm)	Air Limbah	--	--	04/02/2022	08:00	04/02 - 15/02	--	--





LAPORAN HASIL PENGUJIAN
CERTIFICATE OF ANALYSIS
LAB-JLI-2202095A

Identifikasi Laboratorium/ Laboratory Identification	Identifikasi Contoh Uji/ Sample Identification	Matriks/ Matrix	Tanggal Pengambilan/ Date of Sampling
LAB-JLI-2202095A 1/10	AL-1 (Pengujian Awal)	Air Limbah	---
LAB-JLI-2202095A 2/10	AL-2 (0.5 gram, Pengadukan 50 ppm)	Air Limbah	---
LAB-JLI-2202095A 3/10	AL-3 (0.5 gram, Pengadukan 100 ppm)	Air Limbah	---
LAB-JLI-2202095A 4/10	AL-4 (0.5 gram, Pengadukan 150 ppm)	Air Limbah	---
LAB-JLI-2202095A 5/10	AL-5 (1 gram, Pengadukan 50 ppm)	Air Limbah	---
LAB-JLI-2202095A 6/10	AL-6 (1 gram, Pengadukan 100 ppm)	Air Limbah	---
LAB-JLI-2202095A 7/10	AL-7 (1 gram, Pengadukan 150 ppm)	Air Limbah	---
LAB-JLI-2202095A 8/10	AL-8 (1.5 gram, Pengadukan 50 ppm)	Air Limbah	---
LAB-JLI-2202095A 9/10	AL-9 (1.5 gram, Pengadukan 100 ppm)	Air Limbah	---
LAB-JLI-2202095A 10/10	AL-10 (1.5 gram, Pengadukan 150 ppm)	Air Limbah	---

NO.	PARAMETER	HASIL/RESULT					BML/ EQS *	SATUAN/ UNIT	METODE/ METHOD
		AL-1	AL-2	AL-3	AL-4	AL-5			
1	KIMIA/CHEMICAL								
1	Kebutuhan Oksigen Biokimia/Biochemical Oxygen Demand, (BOD)	166.34	15.38	9.39	11.33	15.28	-	mg/L	SNI 6989.72:2009
2	Kebutuhan Oksigen Kimiawi/Chemical Oxygen Demand, (COD)	524.74	45.65	25.20	36.56	50.20	-	mg/L	IKM.JLI-12 (Spektrofotometer)
3	Ammonia/Ammonia, (NH ₃ -N)	12.53	2.91	3.39	2.56	0.2664	-	mg/L	SNI 06-6989.30-2005

NO.	PARAMETER	HASIL/RESULT					BML/ EQS *	SATUAN/ UNIT	METODE/ METHOD
		AL-6	AL-7	AL-8	AL-9	AL-10			
1	KIMIA/CHEMICAL								
1	Kebutuhan Oksigen Biokimia/Biochemical Oxygen Demand, (BOD)	14.26	21.18	16.11	15.58	8.14	-	mg/L	SNI 6989.72:2009
2	Kebutuhan Oksigen Kimiawi/Chemical Oxygen Demand, (COD)	47.93	70.66	57.02	52.47	28.61	-	mg/L	IKM.JLI-12 (Spektrofotometer)
3	Ammonia/Ammonia, (NH ₃ -N)	0.3015	0.4773	0.6296	0.3220	0.3162	-	mg/L	SNI 06-6989.30-2005

Keterangan/Note:

(*) BML -

EQS is -

(*) Laboratorium tidak bertanggungjawab terhadap pengambilan contoh uji
The laboratory is not responsible for sampling

Hasil hanya berhubungan dengan contoh yang di uji dan laporan ini tidak boleh digandakan kecuali seluruhnya.
The result relates only to the samples tested and this report shall not be reproduced except in full.

Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Batanghari	Form : TLD-05
---	----------------------

HALAMAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Sisca Afrilia Silalahi
 NPM : 1900825201019
 Judul Tugas Akhir : Efektivitas Mahkota Nanas Sebagai Adsorben Menggunakan Aktivator KOH Untuk Penyisihan Pencemar Air Limbah Industri Karet

No.	Tanggal	Kegiatan/Pembahasan	Paraf
	24/3/2022	ACC Jilid laporan TA	

Jambi, _____, 20____

Dosen Pembimbing I



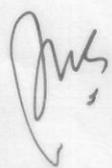
(ANGGRIKA RIYANTI S.T., M. Si)

Program Studi Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Universitas Batanghari

Form : TLD-05

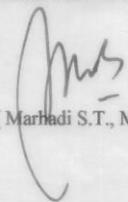
HALAMAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Sisca Afrilia Silalahi
NPM : 1900825201019
Judul Tugas Akhir : Efektivitas Mahkota Nanas Sebagai Adsorben Menggunakan Aktivator KOH Untuk Penyisihan Pencemar Air Limbah Industri Karet

No.	Tanggal	Kegiatan/Pembahasan	Paraf
	24 / 3 2022	Ace lanjut ke pembimbing I	

Jambi, 24/3, 2022

Dosen Pembimbing II

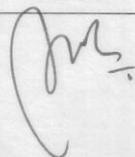

(Marhadi S.T., M.Si)

Program Studi Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Universitas Batanghari

Form : TLD-05

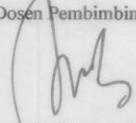
HALAMAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Sisca Afilia Silalahi
NPM : 1900825201019
Judul Tugas Akhir : Efektivitas Mahkota Nanas Sebagai Adsorben Menggunakan Aktivator KOH Untuk Penyisihan Pencemar Air Limbah Industri Karet

No.	Tanggal	Kegiatan/Pembahasan	Paraf
	11/3/2022	Rec Revisi Kompre.	

Jambi, 11/3/2022

Dosen Pembimbing II


(Marhadi S.T., M. Si)

HALAMAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Sisca Afrilia Silalahi
NPM : 1900825201019
Judul Tugas Akhir : Efektivitas Mahkota Nanas Sebagai Adsorben Menggunakan Aktivator KOH Untuk Penyisihan Pencemar Air Limbah Industri Karet

No.	Tanggal	Kegiatan/Pembahasan	Paraf
	22/2-2022	<ul style="list-style-type: none">- Perbaiki grafik variasi massa & Rpm- tambahkan penjelasan alasan pengaruh massa & kec. putaran terhadap efisiensi penyisihan- Perbaiki grafik isoterm & tambahkan perhitungan.	

Jambi, _____, 20__

Dosen Pembimbing II



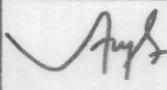
(ANGGRIKA RIYANTI S.T., M. Si)

Program Studi Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Universitas Batanghari

Form : TLD-05

HALAMAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Sisca Afrilia Silalahi
NPM : 1900825201019
Judul Tugas Akhir : Efektivitas Mahkota Nanas Sebagai Adsorben Menggunakan Aktivator KOH Untuk Penyisihan Pencemar Air Limbah Industri Karet

No.	Tanggal	Kegiatan/Pembahasan	Paraf
	12/03/22	ACC Sidang TA	

Jambi, _____, 20__

Dosen Pembimbing I



(ANGGRIKA RIYANTI S.T., M. Si)

HALAMAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Sisca Afrilia Silalahi
NPM : 1900825201019
Judul Tugas Akhir : Efektivitas Mahkota Nanas Sebagai Adsorben Menggunakan Aktivator KOH Untuk Penyisihan Pencemar Air Limbah Industri Karet

No.	Tanggal	Kegiatan/Pembahasan	Paraf
	1/3 - 2022	- Partikel terbel - Tabung alasan. massa pembatalan massa tidak terlalu berpengaruh H ₂ O Efisiensi penyisihan dan kapasitas adsorben → hubungkan dengan volume	

Jambi, _____, 20__

Dosen Pembimbing I

(ANGGRIKA RIYANTI S.T., M. Si)

HALAMAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Sisca Afrilia Silalahi
NPM : 1900825201019
Judul Tugas Akhir : Efektivitas Mahkota Nanas Sebagai Adsorben Menggunakan Aktivator KOH Untuk Penyisihan Pencemar Air Limbah Industri Karet

No.	Tanggal	Kegiatan/Pembahasan	Paraf
	9/3-2022.	- perbaiki peyelas = pada bab 4 - perbaiki judul tabel = varian isoterm menggunakan massa.	

Jambi, _____, 20__

Dosen Pembimbing I



(ANGGRIKA RIYANTI S.T., M. Si)

HALAMAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Sisca Afrilia Silalahi
NPM : 1900825201019
Judul Tugas Akhir : Efektivitas Mahkota Nanas Sebagai Adsorben Menggunakan Aktivator KOH Untuk Penyisihan Pencemar Air Limbah Industri Karet

No.	Tanggal	Kegiatan/Pembahasan	Paraf
	9/3-2022.	- perbaiki peyelas = pada bab 4 - perbaiki judul tabel = varian isotherm menggunakan massa.	

Jambi, _____, 20__

Dosen Pembimbing I



(ANGGRIKA RIYANTI S.T., M. Si)

Program Studi Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Universitas Batanghari

Form : TLD-05

HALAMAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Sisca Afrilia Silalahi
NPM : 1900825201019
Judul Tugas Akhir : Efektivitas Mahkota Nanas Sebagai Adsorben Menggunakan Aktivator KOH Untuk Penyisihan Pencemar Air Limbah Industri Karet

No.	Tanggal	Kegiatan/Pembahasan	Paraf
	9/3 2022	pd bab w fokuskan pd hasil & pembahasan penelitian, untuk selanjutnya tugas penelitian.	

Jambi, _____, 20__

Dosen Pembimbing II

(Marhadi S.T., M. Si)