

KINETIKA ADSORPSI KADMIUM DENGAN LIMBAH NANAS

TUGAS AKHIR



**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BATANGHARI**

JAMBI, 2023

KINETIKA ADSORPSI KADMIUM DENGAN LIMBAH NANAS

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BATANGHARI**

JAMBI, 2023

HALAMAN PENGESAHAN

KINETIKA ADSORPSI KADMIUM DENGAN LIMBAH NANAS

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

Nama : CLARA SARYS PURBA
NIM : 1500825201026
Hari/ Tanggal : 4 April 2022
Tempat : Ruang Sidang Fakultas Teknik

TIM PENGUJI TUGAS AKHIR

Ketua :

1. Marhadi, ST, M.Si ()
NIDN. 1008038002

Anggota :

2. Hadrah, ST, MT ()
NIDN. 1020088802

3. Anggrika Riyanti, ST, M.Si ()
NIDN. 1010028704

4. Drs. G. M. Saragih, M.Si ()
NIDN. 0001126110

5. Monik Kasman, ST, M.Eng, Sc ()
NIDN. 0003088001

Disahkan Oleh

Dekan Fakultas Teknik



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

Ketua Program Studi
Teknik Lingkungan

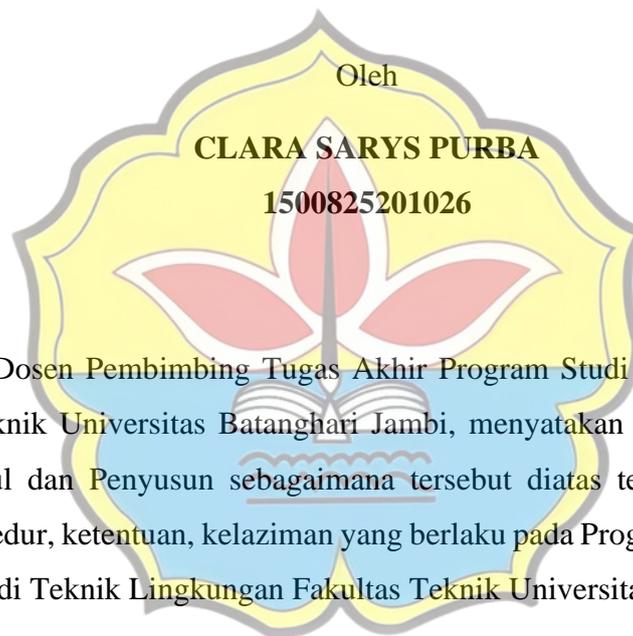


Marhadi, ST, M.Si
NIDN. 1008038002

HALAMAN PERSETUJUAN

KINETIKA ADSORPSI KADMIUM DENGAN LIMBAH NANAS

TUGAS AKHIR



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 diatas telah disetujui sesuai dengan prosedur, ketentuan, kelaziman yang berlaku pada Program Strata Satu (S1) Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Batanghari Jambi.

Jambi, Juni 2023

Pembimbing I

Pembimbing II



Monik Kasman, ST, M.Eng. Sc
NIDN. 0003088001

Hadrah, ST, MT
NIDN. 102008880

ABSTRAK

KINETIKA ADSORPSI KADMIUM DENGAN LIMBAH NANAS

Clara Sarys Purba; Dibimbing oleh Monik, ST, M.Eng, Sc^{*)} dan Hadrah, ST, MT^{*)}

xiv + 66 halaman, 17 tabel, 18 gambar, 5 lampiran

ABSTRAK

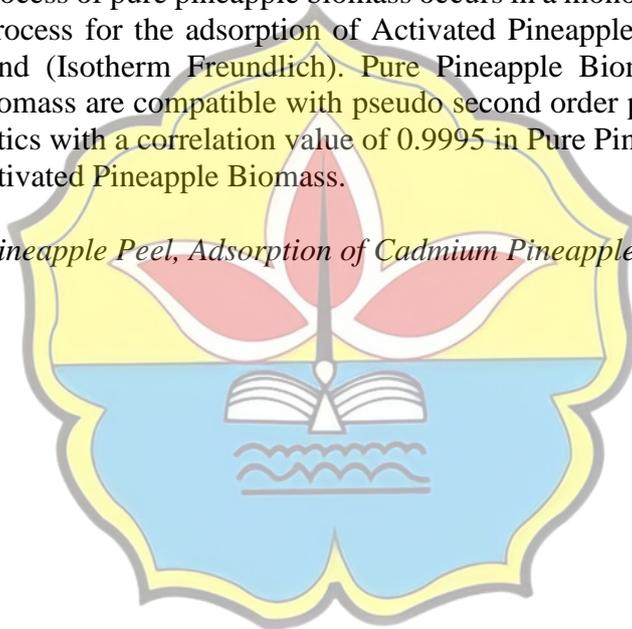
Serat daun nanas memiliki kandungan selulosa yang tinggi yang dapat dijadikan sumber selulosa sebagai alternative baru untuk adsorben dalam mengadsorb limbah kadmium. Penelitian ini bertujuan untuk, mengetahui efesiensi penyerapan limbah kadmium, mengetahui mekanisme adsorpsi limbah kadmium menggunakan biomassa nanas. Selulosa diaktivasi menggunakan NaOH 10%. Penentuan variabel bebas massa adsorben yaitu pada waktu kontak 30, 45, 60, 75 dan 90 menit dan dosis adsorbennya 0,5 gr, 1 gr, 2 gr, 4 gr dan 8 gr. Adsorpsi dilakukan dengan menggunakan metode batch experiment. Efisiensi penyerapan limbah kadmium oleh biomassa nanas murni adalah sebesar 98,65%, 98,67%, 98,66%, 98,87% dan 98,81%. Kapasitas penyerapan limbah kadmium oleh biomassa nanas aktivasi adalah sebesar 98,73%, 98,76%, 98,73%, 98,65% dan 98,83% dengan waktu kontak optimun sebesar 30 menit. Proses adsorpsi biomassa nanas murni terjadi proses penyerapan secara monolayer dan multilayer untuk adsorpsi Biomassa Nanas Aktivasi (Isotherm Langmuir) dan (Isotherm Freundlich). Biomassa Nanas Murni dan Biomassa Nanas Aktivasi memiliki kesesuaian dengan kinetika reaksi Pseudo second order semu dengan nilai kolerasi sebesar 0,9995 pada Biomassa Nanas Murni dan 0,9996 pada Biomassa Nanas Aktivasi.

Kata kunci : Kulit Nanas, Adsorpsi Kadmium Limbah Nanas, NaOH

ABSTRACT

Pineapple leaf fiber has a high cellulose content which can be used as a source of cellulose as a new alternative for adsorbents in adsorbing cadmium waste. This study aims to determine the absorption efficiency of cadmium waste, to determine the adsorption mechanism of cadmium waste using pineapple biomass. Cellulose was activated using 10% NaOH. Determination of the independent variable mass of the adsorbent was at contact time of 30, 45, 60, 75 and 90 minutes and the adsorbent dose was 0.5 gr, 1 gram, 2 gr, 4 gr and 8 gr. Adsorption was carried out using a batch experiment method. The absorption efficiency of cadmium waste by pure pineapple biomass is 98.65%, 98.67%, 98.66%, 98.87% and 98.81%. The absorption capacity of cadmium waste by activated pineapple biomass was 98.73%, 98.76%, 98.73%, 98.65% and 98.83% with optimal contact time of 30 minutes. The adsorption process of pure pineapple biomass occurs in a monolayer and multilayer adsorption process for the adsorption of Activated Pineapple Biomass (Isotherm Langmuir) and (Isotherm Freundlich). Pure Pineapple Biomass and Activated Pineapple Biomass are compatible with pseudo second order pseudo second order reaction kinetics with a correlation value of 0.9995 in Pure Pineapple Biomass and 0.9996 in Activated Pineapple Biomass.

Keywords: *Pineapple Peel, Adsorption of Cadmium Pineapple Waste, NaOH*



HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN



Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Clara Sarys Purba

NIM : 1500825201026

Judul : Kinetika Adsorpsi Kadmium Dengan
Limbah Nanas

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 Batanghari sesuai aturan yang berlaku.

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

Jambi, Juni 2023



Clara Sarys Purba

PRAKATA

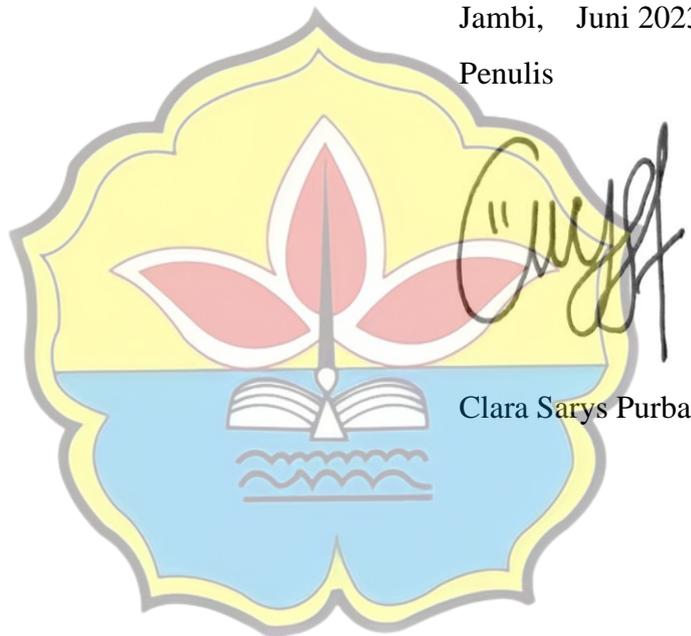
Puji syukur Saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa sehingga penyusunan Tugas Akhir dengan judul **“Kinetika Adsorpsi Kadmium Dengan Limbah Nanas”**. Penulisan Tugas Akhir ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik jurusan Teknik Lingkungan pada Fakultas Teknik Universitas Batanghari. Penulis menyadari tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, Tugas Akhir ini tidak dapat terselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Dr. Ir. H. Fakhru Rozi Yamali, ME Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Batanghari;
2. Bapak Marhadi, ST, M.Si Selaku Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Batanghari;
3. Ibu Monik Kasman, ST, M.Eng, Sc Selaku Pembimbing I yang telah bersedia meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk membimbing penulis serta memberikan kritik hingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik;
4. Ibu Hadrah ST, MT Selaku Pembimbing II yang telah bersedia meluangkan waktu tenaga dan pikiran untuk membimbing penulis serta memberikan kritik hingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik;
5. Seluruh Jajaran Dosen Fakultas Teknik Lingkungan Universitas Batanghari yang telah membimbing dan memotivasi penulis selama masa perkuliahan hingga penyusunan Tugas Akhir;
6. Kepada Keluarga. Bapak, Mama dan Adik terima kasih sudah memberikan semangat buat Aku selama masa kuliah dan memberikan bantuan berupa moril, materi, dukungan, nasehat dan doa sehingga Aku dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

7. Terimakasih Natacha Laras Ayu, Vadila, Titania Eno Widyaningsih, Lucya Handayani dan rekan- rekan Teknik Lingkungan Universitas Batanghari untuk semua bantuan dan dukungan selama masa perkuliahan hingga penyusunan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik;
8. Terimakasih buat partner Irvan Sari Sidabalok, Gresy Saragih, Cindya Ani Motan Tumanggor, Cheptiana Sitepu, Desi Purba dan Kakak Ichi Damanik yang memberikan dukungan sehingga Tugas Akhir ini dapat saya terselesaikan di Universitas Batanghari.

Jambi, Juni 2023

Penulis



Clara Sarys Purba

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Clara Sarys Purba

NIM : 1500825201026

Judul : Kinetika Adsorpsi Kadmium Dengan Limbah Nanas

Memberikan izin kepada pembimbing dan Universitas Batanghari untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju untuk menempatkan pembimbing sebagai penulis korespondensi (*Corresponding Author*).

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

Jambi, Juni 2023

Penulis



Clara Sarys Purba

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iv
ABSTRAK.....	v
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN	
Error! Bookmark not defined.	
PRAKATA.....	ix
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Ruang Lingkup	4
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Adsorpsi.....	6
2.1.1 Pengertian Adsorpsi	6
2.1.2 Mekanisme Adsorpsi.....	6
2.1.3 Jenis Adsorpsi.....	7
2.2 Faktor yang Mempengaruhi Proses Adsorpsi.....	8
2.3 Metode Adsorpsi.....	10
2.4 Adsorption Isotherm	11
2.5 Kinetika Adsorpsi	13
2.6 Kadmium	14
2.7 Nanas	17
2.7.1 Pengertian Nanas	17
2.7.2 Morfologi Nanas (Ananas comosus L)	17

2.7.3	Klasifikasi tanaman buah Nanas	20
2.7.4	Jenis buah Nanas	21
2.7.5	Kandungan nanas	24
2.8	Penelitian-Penelitian Terkait dengan Pemanfaat Limbah Nanas sebagai Adsorben	27
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		30
3.1	Jenis Penelitian	30
3.2	Waktu dan Lokasi Penelitian	30
3.3	Alur Penelitian	31
3.4	Bahan dan Alat Penelitian.....	32
3.5	Variabel Penelitian.....	32
3.6	Prosedur Penelitian	33
3.7	Karakterisasi Adsorben Biomassa Nanas	34
3.8	Batch Experiment	35
3.9	Pengaruh Adsorben Biomassa Nanas terhadap Penyerapan Limbah Kadmium	36
3.10	Analisis Data.....	37
BAB IV PEMBAHASAN.....		41
4.1	Karakterisasi Adsorben.....	41
4.1.1	Pembuatan Adsorben.....	41
4.1.2	Uji Karakteristik Adsorben	42
4.2	Pengaruh Massa Adsorben Terhadap Penyerapan Kadmium (Cd).....	47
4.3	Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Penyerapan Limbah Kadmium (Cd).....	49
4.4	Mekanisme Adsorpsi Kadmium (Cd) Menggunakan Model Langmuir Isotherm dan Freundlich Isotherm	52
4.5	Kinetika Adsorpsi	57
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		62
5.1	Kesimpulan	62
5.2	Saran	62
DAFTAR PUSTAKA		64
LAMPIRAN.....		1

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Gambar 1 bagian-bagian nanas	18
2.2 Gambar 2 Buah Nanas Jenis Cayenn	21
2.3 Gambar 3 Buah Nanas Jenis Queen	22
2.4 Gambar 4 Jenis Buah Nanas Spanyol	22
2.5 Gambar 5 Buah Nanas Jenis Meipure	23
3.1 Gambar 6 Alur Penelitian	31
4.1 Gambar 7 Biomassa yang Telah Dipotong Dengan Ukuran 1 Cm	41
4.2 Gambar 8 Biomassa Nanas Setelah Dikeringkan	42
4.3 Gambar 9 Karbonisasi Biomassa Nanas Furnace	42
4.4 Gambar 10 Arang Aktif Biomassa Nanas	42
4.5 Gambar 11 grafik removal kadmium (Cd) dengan variasi massa adsorben.....	49
4.6 Gambar 12 Removal Kadmium (Cd) Dengan Variasi Waktu Kontak	51
4.7 Gambar 13 Grafik Isoterm Langmuir Pada Biomassa Nanas Murni (BMM)	54
4.8 Gambar 14 Grafik Isoterm Freundlich pada Biomassa Nanas Murni (BMM)	54
4.9 Gambar 15 Grafik Isoterm Langmuir pada Biomassa Nanas Aktivasi (BMA)	56
4.10 Gambar 16 Grafik Isoterm Freundlich pada Biomassa Nanas Aktivasi (BMA)	57
4.11 Gambar 17 Pseudo First Order Model Pada Kinetika Reaksi Adsorben Biomassa Nanas Murni (BMM) dan Biomassa Nanas Aktivasi (BMA)	59
4.12 Gambar 18 Pseudo Second Order Model pada Kinetika Reaksi Adsorben Biomassa Nanas Murni (BMM) dan Biomassa Nanas Aktivasi (BMA)	60

DAFTAR TABEL

		Halaman
2.1	Tabel 1 Jenis Adsorpsi	8
2.2	Tabel 2 Kandungan Biomelin	24
2.3	Tabel 3 penelitian terdahulu	27
3.1	Tabel 4 Metode Pengujian Sampel	33
3.2	Tabel 5 Variabel Bebas Eksperimen	35
3.3	Tabel 6 Variabel Adsorben Nanas	35
4.1	Tabel 7 Pengaruh Massa Adsorben Terhadap Penyerapan Kadmium (Cd) Menggunakan Adsorben Biomassa Nanas Murni (BMM)	48
4.2	Tabel 8 Pengaruh Adsorben Terhadap Penyerapan Kadmium (Cd) Menggunakan Adsorben Biomassa Nanas Aktivasi (BMA)	48
4.3	Tabel 9 Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Kapasitas Penyerapan Kadmium (Cd) Menggunakan Adsorben Biomassa Nanas Murni (BMM)	50
4.4	Tabel 10 Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Kapasitas Penyerapan Kadmium (Cd) Menggunakan Adsorben Biomassa Nanas Aktivasi (BMA)	50
4.5	Tabel 11 Perhitungan Isoterm Langmuir Pada Biomassa Nanas Murni (BMM)	53
4.6	Tabel 12 Perhitungan Isoterm Freundlich Pada Biomassa Nanas Murni (BMM)	53
4.7	Tabel 13 Konstanta Isoterm Freundlich Dan Langmuir AM	55
4.8	Tabel 14 Perhitungan Isoterm Langmuir Adsorben Biomassa Nanas Aktivasi (BMA)	55
4.9	Tabel 15 Perhitungan Isoterm Freundlich Adsorben Biomassa Nanas Aktivasi (BMA)	56
4.10	Tabel 16 Konstanta Isoterm Freundlich Dan Langmuir (BMA)	57
4.11	Tabel 17 Perbandingan Koefisien Korelasi (R^2)	58

DAFTAR LAMPIRAN



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring berkembangnya industri di Indonesia, terjadi peningkatan kuantitas limbah yang dibuang ke lingkungan sehingga berpotensi mendegradasi kualitas lingkungan. Salah satu padatan industri adalah logam kadmium (Cd).

Kadmium (Cd) merupakan salah satu logam berat yang keberadaannya berbahaya di perairan. Sumber-sumber pencemaran kadmium diantaranya terdapat pada limbah cair industri eat, minuman ringan, industri peleburan, pelapisan logam, dan lain-lain. Kadmium termasuk dalam logam berat bersifat toksik tinggi setelah merkuri. Akibat dari sifat toksisitas logam ini maka kadarnya dalam perairan juga harus sangat kecil. Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 tentang Lingkungan hidup, kadar untuk logam kadmium dalam perairan adalah 0,01 ppm. Kadmium dapat menyebabkan penyakit akut dan berbahaya bagi manusia, seperti kerusakan ginjal, *emphyseme*, hipertensi, dan lain- lain (Sembiring,2008).

Adanya potensi bahaya dan kerugian yang ditimbulkan oleh cecaran logam berat kadmium, maka perlu dilakukan pengolahan limbah cair yang mengandung kadmium. Cara pengolahan yang mudah, umum, ekonomis serta dapat diregenerasi adalah adsorpsi. Adsorpsi merupakan salah satu metode yang digunakan untuk menghilangkan zat pencemar dari air limbah. Adsorben dapat dibuat dengan bahan yang mengandung selulosa. Hasil studi menyatakan bahwa material-material yang mengandung selulosa dapat digunakan untuk mengolah limbah logam berat (Igwe, dkk, 2005). Faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensi proses adsorpsi adalah

agitasi, karakteristik adsorben, kelarutan adsorbat, ukuran pori adsorben, pH, temperature dan waktu kontak. Salah satu limbah pertanian yang mengandung selulosa dan dapat dimanfaatkan sebagai adsorben adalah biomassa nanas.

Penggunaan adsorben dari bahan tumbuhan disebabkan karena adanya selulosa yang merupakan komponen utama yang menyelubungi sel-sel tumbuhan. Selulosa alam ataupun turunannya dapat berinteraksi dengan permukaan gugus fungsi secara fisik atau kimia (ibbet,2006). Daun nanas merupakan salah satu bagian tanaman yang memiliki kandungan serat yang tinggi. Menurut Handayani (2010), kandungan selulosa dalam daun nanas (*Ananas comosus*) sebesar 69,6 sampai 71%, sedangkan dalam hidayat (2008) disebutkan terdapat 69,5% sampai 71,5 %. Kandungan selulosa dalam serat daun nanas yang tinggi ini diharapkan dapat dijadikan sumber selulosa sebagai alternatif baru untuk adsorben dalam mengadsorb limbah kadmium (Cd).

Hasil penelitian menunjukkan limbah nanas mampu menyisihkan 9 % logam Cu dengan waktu kontak 90 menit (Novi Eka Mayangsari). Inilah yang menjadi tantangan untuk penulis dalam mengambil topik ini karena nanas memiliki potensi sebagai adsorben dalam penyisihan pencemar di dalam air buangan. Pada Tugas Akhir ini, dilakukan penelitian yang ditunjukan untuk menyisihkan limbah kadmium (Cd) artificial.

Karakterisasi adsorben biomassa nanas dilakukan dengan menghitung kadar air, kadar abu dan kadar volatile. Proses logam kadmium dengan adsorpsi biomassa nanas digambarkan menggunakan metode isotherm langmuir dan freundlich. Selain

itu dilakukan uji kinetika reaksi untuk mengetahui mekanisme adsorpsi limbah kadmium oleh nanas biomassa.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan Masalah pada penelitian ini adalah :

1. Bagaimana efisiensi penyerapan limbah kadmium oleh biomassa nanas dengan variasi massa adsorben dan waktu kontak?
2. Bagaimana mekanisme adsorpsi limbah kadmium ditinjau dari isothermal adsorpsi dengan menggunakan adsorben limbah nanas?
3. Bagaimana kinetika reaksi adsorpsi limbah kadmium menggunakan biomassa nanas?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan Penelitian ini adalah :

1. Mengetahui kapasitas penyerapan limbah kadmium oleh biomassa nanas dengan variasi massa adsorben dan waktu kontak?
2. Mengetahui mekanisme adsorpsi limbah kadmium ditinjau dari isothermal adsorpsi dengan menggunakan adsorben limbah nanas?
3. mengetahui kinetika reaksi adsorpsi limbah kadmium menggunakan biomassa nanas?

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bentuk kontribusi penulis dalam pengelolaan lingkungan dalam hal ini penerapan metode adsorpsi menggunakan limbah nanas sebagai adsorben untuk menyerap limbah kadmium.
2. Referensi tambahan terkait dengan pengelolaan lingkungan khususnya limbah cair.
3. Menjadi bahan masukan dan pertimbangan untuk perusahaan dan masyarakat dalam mengelola limbah nanas sebagai adsorben untuk menyerap limbah kadmium dengan menggunakan adsorben limbah nanas.

1.5 Ruang Lingkup

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Lokasi penelitian di Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Batanghari Jambi
2. Limbah nanas meliputi daun, mahkota dan kulit didapatkan di perkebunan nanas di Tangkit Kota Jambi
3. Limbah kadmium yang digunakan adalah limbah artificial.
4. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah waktu kontak pengadukan, massa adsorben dan kecepatan pengadukan.
5. Isotherma adsorpsi yang diuji adalah Freundlich dan Langmuir serta dilakukan perhitungan kinetika adsorpsi.
6. Kinetika adsorpsi yang diuji adalah *pseudo first order*

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan dalam penyusunan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut.

BAB I. PENDAHULUAN

Pada bab ini akan diterangkan mengenai latar belakang studi yang mendasari pengangkatan tema pada tugas akhir ini, permasalahan yang berisi tentang masalah yang hendak dipecahkan oleh penulis, tujuan yang ingin dicapai, manfaat yang diharapkan, batasan masalah untuk membatasi ruang lingkup, dan sistematika penulisan laporan yang dipakai dalam tugas akhir ini sehingga bias dipahami secara sistematis.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

Dalam penyelesaian tugas akhir ini penulis berpedoman pada beberapa penelitian tentang penggunaan limbah kadmium (Cd) dengan menggunakan adsorben limbah nanas.

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang urutan pengerjaan yang dilakukan dalam penelitian yang berupa survey dan analisis.

BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan mengenai adsorpsi kadmium dengan limbah nanas.

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi menjelaskan kesimpulan dari penyelesaian masalah yang diangkat dan memberi saran bagi penelitian.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Adsorpsi

2.1.1 Pengertian Adsorpsi

Adsorpsi adalah proses penggumpalan substansi terlarut dalam larutan oleh permukaan zat penyerap yang membuat masuknya bahan dan mengumpul dalam suatu zat penyerap. Keduanya sering muncul bersamaan dengan suatu proses maka ada yang menyebutnya sorpsi. Pada Adsorpsi ada yang disebut Adsorben dan Adsorbat. Adsorben adalah zat penyerap, sedangkan adsorbat adalah zat yang diserap (Giyatmi, 2008).

Adsorben merupakan zat padat yang dapat menyerap komponen tertentu dari suatu fase fluida. Adsorben biasanya menggunakan bahan-bahan yang memiliki pori-pori sehingga proses adsorpsi terjadi di pori-pori atau pada letak-letak tertentu di dalam partikel tersebut. Pada umumnya pori-pori yang terdapat di adsorben biasanya sangat kecil, sehingga luas permukaan dalam menjadi lebih besar dari pada permukaan luar. Pemisahan terjadi karena perbedaan bobot molekul atau karena perbedaan polaritas yang menyebabkan sebagian molekul melekat pada permukaan tersebut lebih erat dari pada molekul lainnya (Saragih, 2008).

2.1.2 Mekanisme Adsorpsi

Proses Adsorpsi dapat berlangsung jika padatan atau molekul gas atau cair dikontakkan dengan molekul-molekul adsorbat, sehingga di dalamnya terjadi gaya kohesif atau gaya hidrostatis dan gaya ikatan hidrogen yang bekerja diantara

molekul seluruh material. Gaya-gaya yang tidak seimbang menyebabkan perubahan-perubahan konsentrasi molekul pada interface solid/fluida. Molekul fluida yang diserap tetapi tidak terakumulasi/melekat kepermukaan adsorben disebut adsorptif sedangkan yang terakumulasi/melekat disebut adsorbat (Ginting, 2008). Proses adsorpsi menunjukkan dimana molekul akan meninggalkan larutan dan menempel pada permukaan zat adsorben akibat reaksi kimia dan fisika. Proses adsorpsi tergantung pada sifat zat pada yang mengadsorpsi, sifat antara molekul yang diserap, konsentrasi, temperatur dan lain-lain (khairunisa, 2008).

2.1.3 Jenis Adsorpsi

Berdasarkan kekuatan dalam berinteraksi, adsorpsi dapat dibedakan menjadi 2, yaitu adsorpsi fisika dan adsorpsi kimia.

- a. Adsorpsi fisika terjadi bila gaya intermolekular lebih besar dari gaya tarik antara molekul atau gaya tarik menarik yang relatif lemah antara adsorbat dengan permukaan adsorben. Gaya ini disebut gaya *Van der Waals* sehingga adsorbat dapat bergerak dari satu bagian permukaan ke bagian permukaan lain dari adsorben. Gaya antar molekul adalah gaya tarik antara molekul-molekul fluida dengan permukaan padat, sedangkan gaya intermolekular adalah gaya tarik antar molekul-molekul fluida itu sendiri (Sudirjo,2005).
- b. Adsorpsi kimia terjadi karena adanya pertukaran atau pemakaian bersama elektron antara molekul adsorbat dengan permukaan adsorben sehingga terjadi reaksi kimia. Ikatan yang terbentuk antara adsorbat dengan adsorben adalah ikatan kimia dan ikatan itu lebih kuat dari pada adsorpsi fisika.

Adsorpsi fisika dan adsorpsi kimia dibedakan berdasarkan kriteria anatara lain, dapat dilihat pada Tabel 2.1 (Bansal, 2005).

Tabel 2.1 Jenis Adsorpsi

Adsorpsi Fisika	Adsorpsi Kimia
Entalpi adsorpsi kecil (biasanya kurang dari 20 KJ/mol)	Entalpi adsorpsi besar (biasanya antara 40-400 KJ/mol)
Terjadi adsorpsi multiayer	Kebanyakan monolayer
Terjadi pada temperatur dibawah titik didih adsorbat	Dapat terjadi pada temperatur tinggi
Tidak melibatkan energi aktivasi	Proses adsorpsi terjadi bila sistem mempunyai energi aktivitasi

Sumber; Bansal(2005)

2.2 Faktor yang Mempengaruhi Proses Adsorpsi

Dalam proses adsorpsi banyak faktor yang dapat mempengaruhi laju proses adsorpsi dan banyaknya adsorbat yang dapat dijerap. Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi sebagai berikut:

1. Agitasi

Agitasi adalah keadaan bergolak atau bisa disebut turbulen. Laju proses adsorpsi dikendalikan oleh difusi lapisan dan difusi pori, tergantung pada keadaan larutan, tenang atau bergolak/turbulen.

2. Karakteristik Adsorben

Karakteristik adsorben yang mempengaruhi laju adsorpsi adalah ukuran dan luas permukaan partikel. Semakin kecil adsorben maka laju adsorpsi akan

semakin cepat, sementara semakin luas permukaan adsorben maka jumlah partikel adsorbat yang diserap akan semakin banyak.

3. Kelarutan Adsorbat

Proses adsorpsi terjadi saat adsorbat terpisah dari larutan dan menempel dipermukaan adsorben. Partikel adsorbat yang terlarut memiliki afinitas yang kuat. Tetapi ada pengecualian, beberapa senyawa yang sangat larut namun mudah untuk diserap (Hassler, 1974).

4. Ukuran Pori Adsorben

Ukuran pori merupakan salah satu faktor penting dalam proses adsorpsi, karena senyawa adsorbat harus masuk kedalam pori adsorben. Proses adsorpsi akan lancar apabila ukuran pori dari adsorben cukup besar untuk dapat memasukan adsorbat kedalam pori adsorben. Kebanyakan air limbah mengandung berbagai ukuran partikel adsorbat. Keadaan ini dapat merugikan, karena partikel yang lebih besar akan menghalangi partikel kecil untuk dapat masuk ke dalam pori adsorben. Akan tetapi gerakan konstan dari partikel adsorbat dapat mencegah terjadinya penyumbatan. Gerakan partikel kecil yang cepat membuat partikel adsorbat yang lebih kecil akan terfudisi lebih cepat kedalam pori (Culp & Culp, 1986).

5. pH

pH memiliki pengaruh yang besar terhadap tingkat proses adsorpsi, disebabkan ion hidrogen dapat menjerap dengan kuat, selain itu pH juga dapat mempengaruhi ionisasi. Senyawa organik asam lebih mudah diadsorpsi pada suasana pH rendah, sedangkan senyawa organik basa lebih

mudah diadsorpsi pada suasana pH tinggi. Nilai optimum pH bisa ditentukan dengan melakukan pengujian dilaboratorium.

6. Temperatur

Temperatur dapat mempengaruhi laju adsorpsi. Laju adsorpsi akan meningkat dengan meningkatnya temperatur, begitu pula sebaliknya. Proses adsorpsi merupakan proses eksotermik, maka derajat adsorpsi akan meningkat saat temperatur rendah dan turun pada temperatur tinggi.

7. Waktu Kontak

Waktu kontak mempengaruhi banyaknya adsorbat yang terserap, disebabkan perbedaan kemampuan adsorben dalam menyerap adsorbat berbeda-beda (Low, 1995). Kondisi *equilibrium* akan dicapai pada waktu yang tidak lebih dari 150 menit, setelah waktu itu jumlah adsorbat yang terserap tidak signifikan berubah terhadap waktu (Han, 2007).

2.3 Metode Adsorpsi

Metode adsorpsi dapat dilakukan dengan dua cara yaitu statis (*batch*) dan dinamis (kolom).

1. Cara statis (*batch*) yaitu memasukan larutan dengan komponen yang diinginkan ke dalam wadah berisi adsorben, selanjutnya diaduk dalam waktu yang tertentu. Kemudian dipisahkan dengan cara penyaringan atau dekantasi. Komponen yang telah terikat pada adsorben dilepaskan kembali dengan melarutkan adsorben dalam pelarut tertentu dan volumenya lebih kecil dari volume larutan mula-mula.

2. Cara dinamis (kolom) yaitu memasukan larutan dengan komponen yang diinginkan kedalam wadah berisi adsorben, selanjutnya komponen yang telah terserap dilepaskan kembali dengan mengalirkan pelarut (*efluen*) sesuai yang volumenya lebih kecil (Apriliani, 2010).

2.4 Adsorption Isotherm

Adsorption isotherm adalah berfungsi sebagai konsentrasi zat terlarut yang terserap pada zat padat terhadap konsentrasi larutan. Persamaan yang didapatkan untuk menjelaskan data percobaan *Isotherm* yaitu Freundlich, Langmuir, dan Brunauer, Emmet dan Teller (BET). Tipe isotherm adsorpsi dapat digunakan untuk mempelajari mekanisme adsorpsi fase cair maupun padat yang pada umumnya menganut tipe *Isotherm*, Freundlich dan langmuir. Adsorben yang baik memiliki kapasitas adsorpsi dan presentase penyerapan yang tinggi (Apriliani, 2010).

1. Isotherm Adsorpsi Langmuir

Pada tahun 1918, Langmuir yang menurunkan teori *isotherm* adsorpsi dengan menggunakan model sederhana berupa padatan yang mengadsorpsi gas pada permukaannya. Pendekatan meliputi lima asumsi mutlak, yaitu:

- a. Gas yang teradsorpsi berkelakuan ideal dalam fase uap
- b. Gas yang teradsorpsi dibatasi sampai lapisan *monolayer*
- c. Permukaan adsorbat homogen, artinya afinitas setiap kedudukan ikatan untuk molekul gas sama
- d. Tidak ada antaraksi lateral antar molekul adsorbat

- e. Molekul gas yang teradsorpsi terlokalisasi, artinya mereka tidak bergerak pada permukaan.

Persamaan isotherm Langmuir dapat dinyatakan dalam persamaan (2.1)

$$\frac{C}{m} = \frac{1}{bK} + \frac{C}{b}$$

persamaan (2.1)

Dimana:

m= jumlah logam yang teradsorpsi per g pada konsentrasi C

K= konstanta kesetimbangan (aktifitas adsorpsi)

C= konsentrasi adsorbat pada kesetimbangan

b= kapasitas adsorpsi maksimum

plot x/m terhadap C akan menghasilkan garis lurus sehingga konstanta kesetimbangan, K, dan kapasitas adsorpsi maksimum, b, dapat ditentukan dari kemiringan dan intersep (Oscik,1983; Khan dan Zareen,2004).

2. Adsorption Isotherm Freundlich

Adsorpsi zat terlarut (dari suatu larutan) pada padatan adsorban merupakan hal yang penting. Aplikasi penggunaan prinsip ini antara lain pengilang warna larutan (*decolorizing*) dengan menggunakan batu apung (*charcoal*) dan proses pemisahan dengan menggunakan teknik kromatografi.

Persamaan Isotherm Freundlich merupakan persamaan yang teradsorpsi dengan konsentrasi adsorbat dalam larutan (yang tidak teradsorpsi) yang dirumuskan dalam bentuk persamaan (2.2) dan (2.3).

$$x/m = K C^{1/n}$$

Persamaan (2.2)

$$\log m = \log k + 1/n \log C$$

Persamaan (2.3)

Dimana:

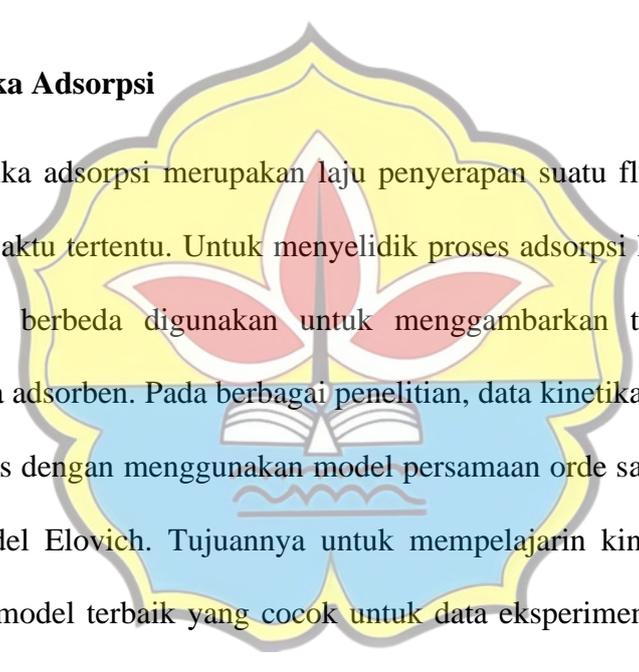
x/m = jumlah g teradsorpsi per g adsorben

C = konsentrasi adsorbat pada kesetimbangan

n, k = tetapan

Dengan mengukur x/m sebagai fungsi C maka nilai n dan k akan ditentukan dari slop dan intersepnya (arief,dkk. 2015).

2.5 Kinetika Adsorpsi



Kinetika adsorpsi merupakan laju penyerapan suatu fluida oleh adsorben dalam jangka waktu tertentu. Untuk menyelidik proses adsorpsi logam berat, model kinetik yang berbeda digunakan untuk menggambarkan tingkat penyerapan adsorbat pada adsorben. Pada berbagai penelitian, data kinetika adsorpsi diperoleh secara empiris dengan menggunakan model persamaan orde satu, persamaan orde dua dan model Elovich. Tujuannya untuk mempelajari kinetika adsorpsi dan menemukan model terbaik yang cocok untuk data eksperimen. Ketiga model ini telah banyak digunakan untuk menggambarkan kinetika penyerapan logam maupun senyawa organik pada berbagai jenis adsorben yang berbeda.

a. Persamaan orde satu

Dalam banyak kasus, model kinetika persamaan orde satu kurang cocok dengan seluruh rentang waktu kontak, dan umumnya berlaku pada tahap awal proses adsorpsi. Persamaan orde satu dinyatakan sebagai berikut:

$$\frac{1}{q_t} = \frac{k_1}{q_{e1}t} + \frac{1}{q_{e1}} \quad \text{Persamaan (2.4)}$$

Dimana q_e dan q_t adalah adsorbat (logam berat) yang diserap (mg/g) pada keadaan setimbang dan selang waktu tertentu, t (min) dan k_1 merupakan tetapan laju adsorpsi persamaan orde satu (min^{-1}). Plot antara $\frac{1}{q_t}$ vs t akan menghasilkan sebuah garis lurus untuk mendapatkan tingkat parameter. Parameter tersebut adalah nilai k_1 , kapasitas adsorpsi ($q_{e,\text{cal}}$) dan koefisien korelasi (R^2).

b. Persamaan Orde Dua

Seperti dapat diamatin, persamaan persamaan orde dua tampaknya memiliki model yang lebih baik dibandingkan dua persamaan lainnya. Hal ini dapat dibuktikan dengan nilai koefisien korelasi (R^2) yang didupatkannya cukup besar [31] dan nilai q_e teoritis yang dihasilkan sangat dekat dengan nilai q_e eksperimental, hal ini menunjukkan bahwa data adsorpsi sangat cocok dibuat dengan menggunakan persamaan orde dua [23]. Persamaan tersebut dapat dilihat di bawah ini:

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{1}{q_e} t \quad \text{Persamaan (2.5)}$$

Dimana k_2 merupakan tetapan laju adsorpsi persamaan orde dua (g/mg.min).

2.6 Kadmium

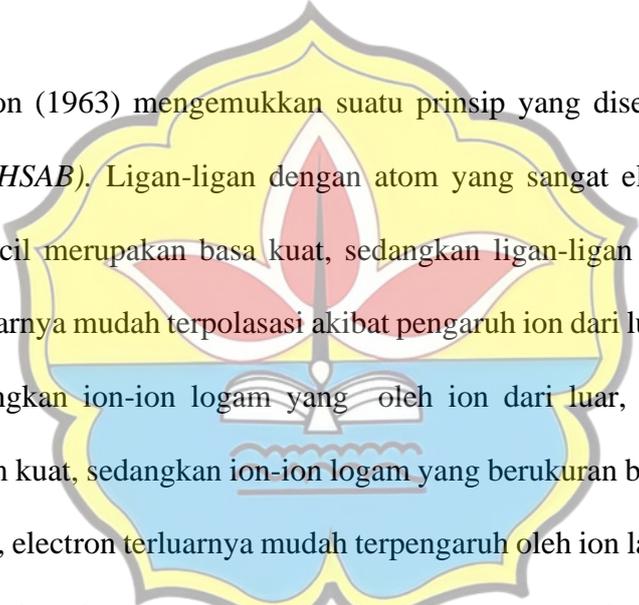
Kadmium adalah suatu unsur kimia dalam table periodik yang memiliki lambang Cd dan nomor atom 48. Kadmium merupakan salah satu jenis logam berat yang berbahaya karena elemen ini beresiko tinggi terhadap pembuluh darah. Kadmium berpengaruh terhadap manusia dalam jangka waktu panjang dan dapat

terkumulasi pada tubuh khususnya hati dan ginjal. Secara prinsip pada konsentrasi rendah berefek terhadap gangguan pada paru-paru, emphysema dan renal tubular disease yang kronis. Jumlah normal kadmium di tanah berada di bawah 1 ppm, tetapi angka tertinggi (1.700 ppm) dijumpai pada permukaan sampel tanah yang diambil di dekat pertambangan biji seng (Zn).

Kadmium (Cd) merupakan logam berat yang paling banyak dipermukaan pada lingkungan, khususnya lingkungan perairan, serta memiliki efek toksik yang tinggi, bahkan pada konsentrasi yang rendah (Almeida *et al.*, 2009). Logam berat kadmium dapat masuk ke dalam tubuh melalui berbagai cara, diantaranya dari udara yang tercemar, kontaminasi perairan, jalur rantai makanan dan wadah makanan/minuman yang terlapisi kadmium. Kadmium dalam tubuh dapat merusak system fisiologis tubuh antara lain system urinaria, sistem respirasi (paru-paru), sistem sirkulasi darah dan jantung, kerapuhan tulang dan system reproduksi (Widowati, 2008).

Kadmium dan bentuk garamnya banyak digunakan pada beberapa jenis pabrik untuk proses produksinya. Industri pelapisan logam adalah pabrik yang paling banyak menggunakan kadmium murni sebagai pelapis, begitu juga pabrik yang membuat Ni-Cd beteri. Kadmium lebih beracun bila berisap melalui saluran pernapasan dari pada saluran pencernaan. Kasus keracunan akut kadmium kebanyakan dari menghisap debu dan asap kadmium, terutama kadmium oksida (CdO). Dalam beberapa jam setelah menghisap, korban akan mengeluh gangguan saluran pernapasan, muntah, kepala pusing, dan sakit pinggang (Darmono, 2001).

Kadmium dengan tingkat oksidasi +2 mempunyai konfigurasi (${}_{36}\text{Kr}$) $4d^{10} 5s^0 5p^0 5d^0$ sehingga pada orbital di electron belum terisi penuh. Adanya peran d-orbital back donation dari logam ini dapat menjadi dasar konsep pembentukan khelat. Pearson (1963) mengklasifikasikan asam-basa Lewis menurut sifat kuat dan lemahnya. Menurut Pearson, situs aktif pada permukaan padatan dapat dianggap sebagai ligan yang dapat mengikat logam secara selektif. Logam dan ligan dikelompokkan menurut sifat kuat dan lemahnya berdasarkan pada polarisabilitas unsur.



Pearson (1963) mengemukakan suatu prinsip yang disebut *Hard and Soft Acid Bases (HSAB)*. Ligan-ligan dengan atom yang sangat electro negative dan berukuran kecil merupakan basa kuat, sedangkan ligan-ligan dengan atom yang electron terluarnya mudah terpolasasi akibat pengaruh ion dari luar merupakan basa lemah. Sedangkan ion-ion logam yang oleh ion dari luar, ini dikelompokkan kedalam asam kuat, sedangkan ion-ion logam yang berukuran besar dan bermuatan kecil atau nol, electron terluarnya mudah terpengaruh oleh ion lain, dikelompokkan ke dalam asam lemah. Menurut prinsip HSAB Pearson, asam kuat akan berinteraksi dengan basa kuat untuk membentuk kompleks, begitu juga asam lemah dengan basa lemah. Interaksi asam kuat dengan basa kuat merupakan interaksi ion, sedangkan interaksi asam lemah dengan basa lemah, interaksinya lebih bersifat kovalen.

2.7 Nanas

2.7.1 Pengertian Nanas

Nanas (*Ananascomosus (L) Merr*) adalah sejenis tumbuhan tropis yang berperawakan tumbuhannya rendah dengan 30 atau lebih daun yang panjang, burujung tajam, tersusun dalam bentuk roset mengelilingi batang yang tebal.

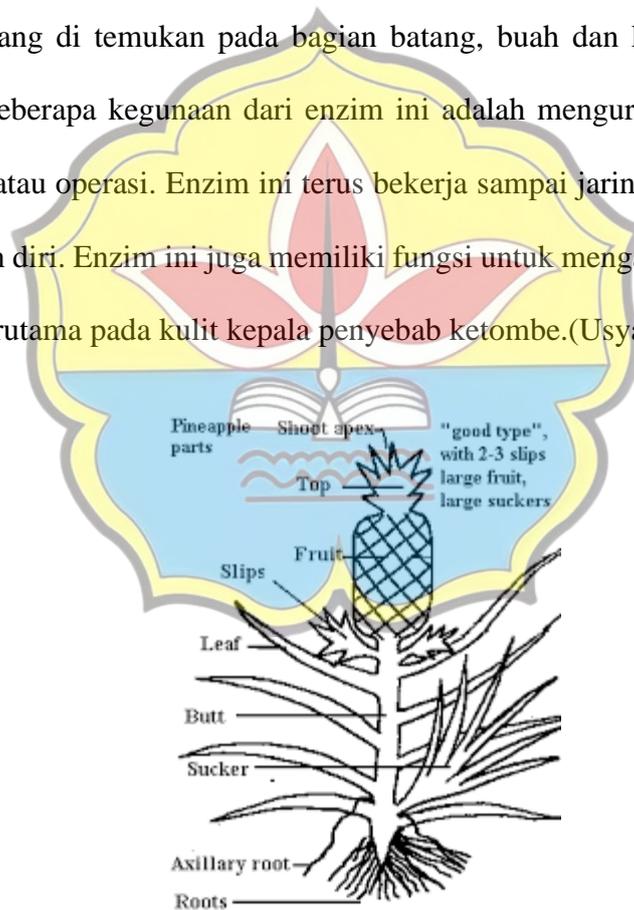
Nanas (*Ananascomosus L*) bukan tanaman asli Indonesia, melainkan berasal dari Brazilla, Argentina dan Paraguay yang merupakan daerah tropis, namun ada juga yang menyebutkan nanas berasal dari Amerika Selatan dan pada abad ke-16, bangsa spanyol membawa tanaman nanas ke Filipina dan Semananjung Malaysia dan pada akhirnya masuk kewilayah nusantara. Tanaman nanas selanjutnya berkembang meluas keseluruhan dunia yang beriklim panas (tropis) (Puspaningtyas 2013).

2.7.2 Morfologi Nanas (*Ananas comosus L*)

Di indonesia, kabupaten subang yang merupakan salah satu daerah penghasil nanas terbesar di indonesia. Tumbuhan yang mempunyai nama latin *Ananas comosus* ini termasuk kedalam keluarga Bromeliaceae atau keluarga nanas yang merupakan salah satu anggota tumbuhan terbunga. Nanas di indonesia mulanya hanya sebagai tanaman pekarangan, kemudian berkembang dan meluas menjadi tanam kebun, lahan kering. Nanas adalah salah satu jenis tanaman yang banyak di gemari orang karena rasanya enak, segar, dan sedikit asam. Secara umum, nanas memiliki kandungan gizi dan vitamin, diantaranya kalori, protein, lemak, karbohidrat, kalsium, vitamin A, vitamin C, dan sedikit vitamin B. Selain itu, nanas

merupakan sumber vitamin A yang baik karena 100 gram nanas dapat menyumbangkan sekitar 10-395 dari kebutuhan vitamin A sehari. Vitamin A sangat di perlukan bagi kesehatan sistem kekebalan tubuh dan pertumbuhan. Vitamin A dan C pada nanas bekhasiat sebagai antioksidasi (Soedaryo, 2014).

Nanas (*Ananas comosus*) juga memiliki kandungan air 90% dan kaya akan Kalium, Kalsium, Lodium, Sulfur, dan Khlor. Selain itu juga kaya akan asam, Biotin, Vitamin serta Enzim Bromelin. Bromelin pada buah nanas adalah enzim proteolitik yang di temukan pada bagian batang, buah dan kulit nanas (*Ananas comosus*). Beberapa kegunaan dari enzim ini adalah mengurangi pembengkakan karena luka atau operasi. Enzim ini terus bekerja sampai jaringan kulit yang sehat menampakan diri. Enzim ini juga memiliki fungsi untuk mengangkat jaringan kulit yang mati terutama pada kulit kepala penyebab ketombe.(Usyan 2014).



Gambar 2.1 Bagian-bagian Nanas (Namal 2014)

Tanaman nanas (*Ananas comosus*) berbentuk semak dan hidupnya bersifat tahunan susunan tanaman nanas terdiri dari bagian utama meliputi : akar, batang, daun, bunga dan buah (Namal 2014).

1. Akar

Nanas tumbuh di tanah dengan menggunakan akar. Akarnya berupa akar tunggang dengan susunan akar serabut, bercabang banyak, berbentuk bulat sampai agak pesegi dan berbatang lemah. Akar tanaman nanas menyebar, tetapi dangkal, akar-akar cabang dan rambut-rambut akar banyak terdapat di permukaan tanah.

2. Batang

Nanas merupakan herba tahunan atau dua tahunan dengan tinggi 50-150 cm memiliki tunas yang keluar pada bagian pangkalnya. Batang tanaman nanas tegak, mengandung sedikit zat kayu, terutama di dekat permukaan tanah. Batang berwarna kehijauan sampai keunguan dengan ruas berwarna hijau, bergantung pada varietasnya.

3. Daun

Daun berkumpul dalam roset akar dan pada bagian pangkalnya melebar menjadi pelepah daun. Helai daun berbentuk pedang, tebal, liat dengan panjang 80-120cm, lebar daun berkisar antara 2-6 cm. Warna daunnya adalah hijau atau hijau kemerahan.

4. Bunga

Bunga nanas bersifat *inflorescente*, tumbuh dari titik tumbuh batang tanaman. Bunga tersebut muncul sekitar 450 hari sesudah tanam. Tangkai

buah pendek 7-15 cm, jumlah bunga 100-200. Bunga-bunga tersebut tumbuh spiral mengelilingi tangkai buah membentuk buah majemuk bersatu kokoh. Bunganya bermaprodit, kelopaknya 3, pendek dan berdaging, mahkotanya 3. Tangkai putik lebih panjang dari pada tangkai sari. Bunga mekar pada pagi hari.

5. Buah

Buah nanas bukan buah sejati, melainkan gabungan buah-buah sejati, yang bekasnya terlihat pada setiap sisik pada kulit buah, yang dalam perkembangannya tergabung bersama dengan tongkol menjadi buah. Nanas merupakan tanaman buah yang buahnya selalu tersedia sepanjang tahun. Buahnya tergolong buah buni majemuk dengan bentuk bulat panjang, berdaging. Rasa buah nanas adalah manis hingga asam manis. Berat buah lebih kurang 0,9-1,8 kg. (Murniati,2014).

2.7.3 Klasifikasi tanaman buah Nanas

Menurut Soedarya (2013) tanaman nanas mempunyai nama botani *Ananas comosus*. Tanaman nanas, jika di klasifikasikan termasuk tanaman berbunga, klasifikasi dari tanaman nanas adalah sbagai berikut :

Kingdom : Plantae
Divisi : Spermatophytæ
Sub divisi : Angiospermae
Kelas : Monocotyledoneae
Ordo : Farinosae (Bromeliales)
Family : Bromeliaceae
Genus : Ananas
Species : *Ananas comosus Merr*

2.7.4 Jenis buah Nanas

Berdasarkan bentuk daun dan buah. Tanaman nanas dapat di golongkan menjadi empat, yaitu *cayenne*, *Queen*, *Spanish*, dan *Abacaxi*. Namun, di Indonesia pada umumnya hanya di kembangkan dua golongan nanas sebagai berikut.

1. Golongan *Cayenne*



Gambar 2.2 Buah nanas jenis cayenne (CV. Mutiaratani Agrisarana, 2020)

Ciri-cirinya daun halus, berduri sampai tidak berduri: ukuran buah besar, silindris, mata buah agak datar, berwarna hijau kekuningan-kuningan, dan rasanya agak masam.

Contoh : nanas subang memiliki buah besar menggelambung, mahkota buah kecil, banyak berair, aroma kuat, dan rasanya manis.

2. Golongan *Queen*



Gambar 2.3 Buah nanas jenis queen (Sampul Pertanian,2020)

Ciri-cirinya daun pendek dan berduri tajam; buah berbentuk lonjong mirip kerucut sampai silindris, mata buah menonjol, berwarna kuning kemerahan, dan rasanya manis.

Contoh : nanas Palembang memiliki buah kecil, mahkota buah besar, dan rasanya manis sekali.

Contoh lain, nanas Bogor memiliki buah kecil, kulit kuning, daging buah berserat halus, dan rasanya manis.

3. Golongan *Spanyol* (*spanish*)



Gambar 2.4 Jenis buah nanas Spanyol ([Agricolaer.@cor](#), 2020)

Ciri-cirinya mempunyai daun panjang, bobot buah 0,9-1,8 kg, bentuk buah membulat, mata menonjol, warna buah *respondene* atau merah, warna daging buah kuning pucat sampai putih, hati besar berserat asam. Varietas yang termasuk Spanish yaitu red Spanish, Singapura, Spanish nanas merah dan nenas putih.

4. Golongan *Maipure*



Gambar 2.5 Buah nanas jenis Maipure ([AllFresh.co.id](#), 2020)

Ciri-cirinya memiliki pinggir daun berduri, bobot buah sekitar 0,8-2,5 kg, silinder, warna buah kuning atau merah, warna daging buah putih atau kuning tua, hati kecil sampai medium, rasanya lebih manis dari pada cayenne, berserat. Nenas maipure di budidayakan di Amerika Tengah dan Selatan.

2.7.5 Kandungan nanas

Daging buah nanas mengandung berbagai macam zat gizi yang memberikan kontribusi bagi kesehatan. Daging buah nanas mengandung 85% air, 0,4% protein, 14% karbohidrat, 0,1% lemak, dan 0,5 % serat. Selain itu, nanas juga kaya akan vitamin A, vitamin B, vitamin B6, vitamin n, dan serat (Desty Ervira Puspaningtyas 2013). Bromelin spesialis anti peradangan kehadiran bromelin dalam nanas sudah diketahui sejak 1891 oleh Lotz-Winter. Bromelin adalah suatu enzim protease yang dapat di ekstraksi dan di ambil sarinya dari buah atau kulit nanas(*Ananas comosus*) yang dapat menghidrolisis protein protease atau peptida. Baik nanas yang muda maupun yang tua mengandung bromelin, bromelin juga terdapat pada seluruh bagian buah nanas seperti bagian daging, buah, kulit nanas dan bonggol. Bromelin di percaya memberikan efek anti peradangan, anti nyeri, dan anti kanker. Bromelin memiliki kemampuan untuk mengurangi kondisi inflamasi (Puspaningtyas 2013).

Tabel 2.2 Kandungan Biomelin

Bagian buah	Jumlah %
Buah utuh masak	0,06 – 0,08
Daging buah masak	0,08 – 0,13
Kulit buah	0,05 – 0,08
Tangkai	0,04 – 0,06
Buah utuh mentah	0,04 – 0,06
Daging buah mentah	0,05 – 0,07

Sumber : Tabel Komposisi Pangan Indonesia (Irfandi,2008)

2.8 Penelitian-Penelitian Terkait dengan Pemanfaat Limbah Nanas sebagai Adsorben

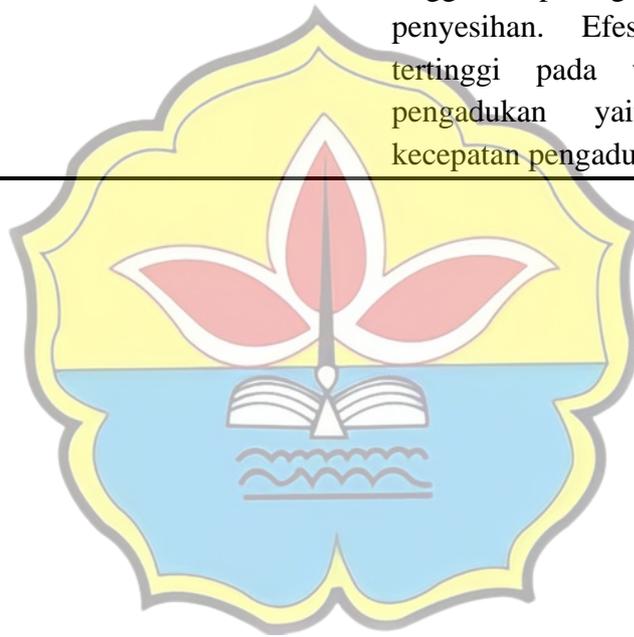
Adapun penelitian terdahulu yang berkaitan dengan pemanfaatan nanas sebagai adsorben adalah sebagai berikut

Table 2.3 tabel penelitian terdahulu

NO	Adsorben	Jenis air Limbah	Parameter	Efisiensi	Referensi
1	Limbah daun nanas sebagai adsorben	Logam Cu dan Ag	Cu Ag dan HCl	Hasil penelitian memperlihatkan bahwa karbon aktif dari daun Nanas (<i>Ananascomosus</i>) memiliki kadar air 0,6% , kadar abu 3,2% dan daya serap terhadap I2 73,67%. Untuk logam Cu adsorpsi optimum diperoleh pada massa adsorben 2 gram/100 mL dengan daya adsorpsi 69,07% dan untuk logam Ag adsorpsi optimum diperoleh pada massa adsorben 1,5 gram/100 mL dengan daya adsorpsi 74,56%. Kenaikan massa adsorben memiliki kecenderungan meningkatkan dayaadsorpsi.	Ardi Yudi Wardani, 2012
2	Limbah daun nanas sebagai adsorben	Logam berat dan Fe	Air lindi dan Fe	hasil sebelum perlakuan kadar Fe adalah 6,603 mg/l dengan simpangan baku 0,085, sedangkan kadar Fe sesudah perlakuan dengan nilai rata rata sebesar 3,612 mg/l dan simpangan baku sebesar 0,321. Hasil rata rata penurunan kadar Fe sesudah perlakuan adalah 2,698 mg/l dengan simpangan baku 0,941. Ada perubahan ukuran partikel adsorben limbah daun nanas terhadap penurunan kadar Fe pada air lindi dengan <i>p value</i> =0,000 ($p < 0,05$), ada perubahan waktu kontak adsorben	Amanatul Awalia Juniarsih, 2018

				limbah daun nanas terhadap penurunan kadar Fe pada air lindi dengan $p\ value = 0,000$ ($p < 0,05$) dan tidak ada interaksi antara ukuran partikel dengan waktu kontak terhadap penurunan kadar Fe pada air lindi dengan $p\ value = 0,079$ ($p > 0,05$).	
3	Limbah daun nanas	Logam berat dan Cu	Cu dan NaOH	Hasil Analisis Chesson menunjukkan selulosa daun nanas memiliki kandungan selulosa 25,33% dan waktu delignifikasi 70 menit menghasilkan kadar selulosa tertinggi yaitu sebesar 59,12%. Hasil difraktogram XRD menunjukkan selulosa daun nanas termasuk jenis selulosa tipe I. Derajat kristalinitas tertinggi diperoleh oleh selulosa daun nanas dengan waktu delignifikasi 90 menit yaitu sebesar 65,98%. Proses adsorpsi diamati dengan variasi waktu kontak 30, 60, 90, dan 120 menit. Adsorpsi logam Cu tertinggi yaitu daun nanas dengan proses delignifikasi 70 menit dengan waktu kontak selama 90 menit.	Novi Eka Mayangsari, 2019
4	Limbah Methylene blue dan Limbah biomassa nanas	Limbah nanas	Zat Pewarna	Hasil eksperimen menunjukkan bahwa massa adsorben yang di variasikan menjadi 0, 5, 1, 2, 5, 3 dan 3,5 g/250mg/L, bahwa massa adsoben tidak mempengaruhi penyisihan warna. Dimana efesiensi penyesisihan tertinggi adalah 68%. Adsorben biomassa nanas yang diaktifasi (AA) lebih banyak menyerap limbah <i>methylene blue</i> dibandingkan adsorben biomassa nanas tanpa aktifasi (AM). Sedangkan waktu kontak pada saat uji coba terdiri dari 5 variasi dengan rentang waktu 60, 75,	Allukman Nur Hakim, 2021

90, 100, 120, 150 rpm disimpulkan semakin lama waktu kontak antara adsorben dan adsorbat semakin tinggi penyerapan zat warna. Namun jika terlalu lama, dapat menurunkan tingkat penyerapan hingga terjadi penurunan efisiensi 32%. Kecepatan pengadukan yang digunakan dalam eksperimen terdiri dari 30, 60, 90, 120, 150 rpm, didapatkan semakin tinggi kecepatan pengadukan semakin tinggi peningkatan efisiensi penyesihan. Efisiensi penyesihan tertinggi pada variasi kecepatan pengadukan yaitu 72%, pada kecepatan pengadukan 90rpm.



BAB III

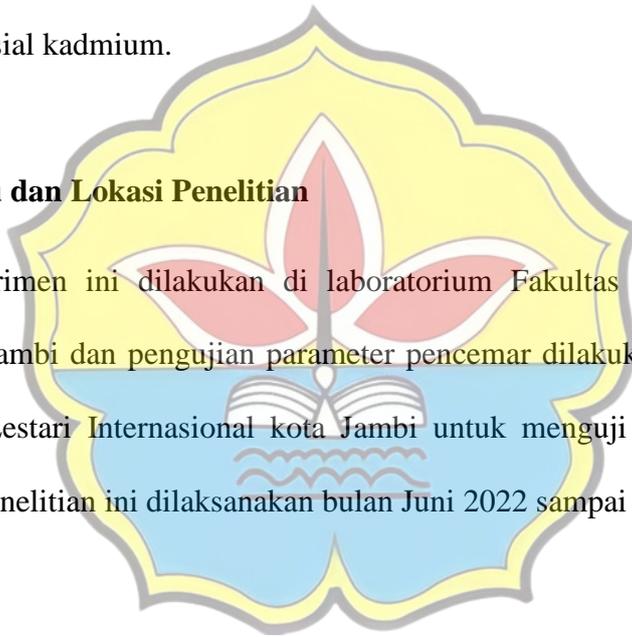
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian dilakukan secara *batch experiment* dengan mengamati adsorpsi limbah artifisial kadmium menggunakan biomassa nanas. Penelitian ini menggunakan daun, mahkota, kulit nanas sebagai adsorben dalam penyisihan limbah artifisial kadmium.

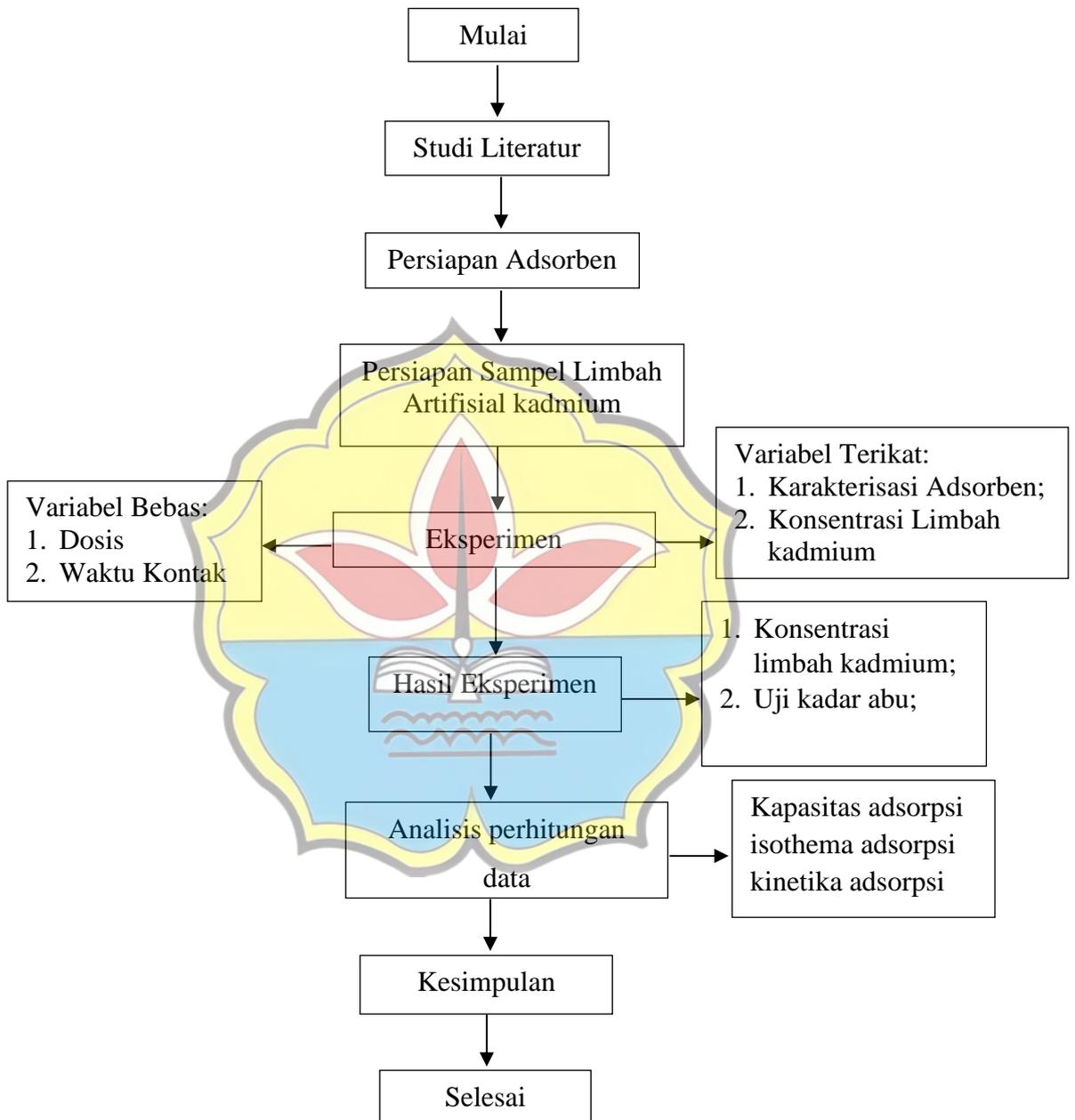
3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian

Ekperimen ini dilakukan di laboratorium Fakultas Teknik Universitas Batanghari Jambi dan pengujian parameter pencemar dilakukan di Laboratorium PT. Jambi Lestari Internasional kota Jambi untuk menguji konsentrasi limbah kadmium. Penelitian ini dilaksanakan bulan Juni 2022 sampai Agustus 2022.



3.3 Alur Penelitian

Penelitian dilakukan mengacu pada alur gambar 3.1 sebagai berikut :



Gambar 3.1 Alur Penelitian

Alur penelitian ini dimulai dari studi literatur, persiapan adsorben, persiapan sampel limbah artifisial kadmium, setelah itu melakukan experimen dengan

variabel bebas dan variabel terikat. Hasil eksperimen di uji dengan AAS untuk mengetahui konsentrasi limbah artifisial kadmium, uji kadar abu dan SEM. Lalu dilakukan perhitungan untuk mengetahui kapasitas adsorpsi, isotherma adsorpsi dan kinetika adsorpsi.

3.4 Bahan dan Alat Penelitian

Alat yang digunakan adalah gelas ukur, neraca analitik, oven, desikator, ayakan no. 40 mesh, shaker, AAS, dan kertas saring whatman 42. Bahan yang digunakan adalah limbah nanas, limbah artifisial kadmium dan NaOH 10%.

3.5 Variabel Penelitian

Variabel penelitian terbagi menjadi 2 (dua) yaitu variabel bebas dan variabel terikat sebagai berikut :

a. Variabel bebas yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- 1) Waktu kontak 30, 45, 60, 75 dan 90 menit;
- 2) Dosis adsorben 0,5 gr, 1 gr, 2 gr, 4 gr, dan 8 gr;

b. Variabel terikat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu :

- 1) Kapasitas adsorpsi;
- 2) Isotherm adsorpsi;
- 3) Kinetika adsorpsi.

Pada tabel 3.1 pengujian uji sampel dijelaskan bahwa 2 data uji sampel yaitu konsentrasi limbah artifisial kadmium dengan acuan metode SNI 6989.16-2004

yang berlokasi di PT Jambi Lestari internasional Kota Jambi dengan data sebanyak 21 sampel. Metode uji sampel lebih jelasnya dapat dilihat ditabel 3.1

Tabel 3.1 Metode Pengujian Sampel

Jenis Uji	Metode	Jumlah data
Uji Konsentrasi	SNI. No	21 sampel
Limbah Artifisial	6989.16.2004	
kadmium		

3.6 Prosedur Penelitian

1. Preparasi Adsorben

Biomassa nanas dijemur dibawah sinar matahari selama 4 bulan. Setelah kering dipotong kecil-kecil.

2. Proses Karbonisasi

Proses karbonisasi dilakukan menggunakan furnace dengan suhu 700°C selama 30 menit. Kemudian dari furnace arang adsorben didinginkan dalam desikator, setelah dingin adsorben ditumbuk menjadi halus kedalam ayak dengan ukuran 40 mesh. Setelah di ayak dicuci pakai air aquades sehingga bersih dan dikeringkan dioven selama 3 jam sampai kering.

3. Proses Aktivasi

Arang yang telah di ayak kemudian diaktivasi dengan cara direndam dengan NaOH 10% dan dioven selama 30 menit pada suhu 110°C. Setelah itu disaring dengan kertas saring lalu dipanaskan dengan oven di suhu 105-110°C selama

1 jam kemudian didinginkan di dalam desikator dan disimpan di dalam box (laboratorium).

3.7 Karakterisasi Adsorben Biomassa Nanas

Karakteristik adsorben biomassa nanas mengacu kepada SNI 06-3730-1995:

1. Kadar Air

Sebanyak 1 gram arang aktif dimasukkan ke dalam cawan yang telah diketahui beratnya, kemudian dimasukkan ke dalam oven pada suhu 105°C-110°C selama 1 jam. Selanjutnya didinginkan dalam desikator dan ditimbang beratnya;

2. Kadar Abu

Sebanyak 1 gram arang aktif dari masing-masing adsorben biomassa nanas dipisahkan terlebih dahulu dan dimasukkan kedalam masing-masing cawan yang telah diketahui beratnya, kemudian dimasukkan ke dalam oven pada suhu 150°C. Sampai massa konstan, kemudian sampel dimasukkan kedalam furnace diabukan pada temperatur 150°C selama 2 jam, Setelah itu di dinginkan di dalam desikator dan ditimbang beratnya konstan;

3. Kadar volatile

Sebanyak 1 gram arang aktif dimasukkan ke dalam cawan yang telah diketahui beratnya, kemudian dimasukkan ke dalam oven pada suhu 105°C selama 1 jam. Setelah itu di dinginkan di dalam desikator dan ditimbang beratnya.

3.8 Batch Experiment

Experiment dilakukan secara *batch*, dimana terdapat 2 jenis adsorben dan 2 variabel bebas yaitu waktu kontak, dan massa adsorben. Tiap variabel bebas mempunyai 5 variasi seperti pada tabel 3.2.

Tabel 3.2 Variabel Bebas Eksperimen

Variabel Bebas	Variasi Eksperimen				
	1	2	3	4	5
Massa Adsorben (gr)	0,5	1	2	4	8
Waktu Kontak (menit)	30	45	60	75	90

Pada tabel 3.2 variabel bebas eksperimen dijelaskan bahwa penelitian ini memiliki variabel bebas yang divariasikan. Mulai dari massa adsorben yang divariasikan yaitu 0,5 gram, 1 gram, 2 gram, 4 gram, 8 gram, waktu kontak 30 menit, 45 menit, 60 menit, 75 menit dan 90 menit.

Data penelitian variasi biomassa nanas lebih jelasnya ditunjukkan pada Tabel 3.3

Jenis Adsorben	Label Adsorben	A (gr/ 250 ml)	B (menit)
Adsorben Murni 40 Mesh	BMM	0,5	30
		1	45
		2	60
		4	75
		8	90
Adsorben Aktivasi 40 Mesh	BMA	0,5	30
		1	45
		2	60
		4	75
		8	90

Keterangan : A : dosis adsorben B : waktu kontak

Tabel 3.3 menjelaskan bahwa akan dilakukan 2 variasi eksperimen. Variasi ini akan dilakukan di tiap jenis adsorben untuk kedua adsorben yaitu adsorben biomassa nanas murni (BMM) dan biomassa nanas aktivasi (BMA) berukuran 40 mesh dengan masing-masing massa 0,5 gram, 1 gram, 2 gram, 4 gram, dan 8 gram, waktu kontaknya 30 menit, 45 menit, 60 menit, 75 menit dan 90 menit.

3.9 Pengaruh Adsorben Biomassa Nanas terhadap Penyerapan Limbah Kadmium

1. Pengaruh Massa Adsorben Biomassa terhadap Penyerapan Limbah kadmium

Sebanyak 10 ml limbah artifisial Cd dimasukkan kedalam *Erlenmeyer* 250 ml dengan aquades 500 ml. Massa adsorben yang digunakan adalah 0,5 gram, 1 gram, 2 gram, 4 gram dan 8 gram. Waktu kontak dan kecepatan pengadukan yang digunakan adalah 30 menit dengan kecepatan 100 rpm.

2. Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Efisiensi Penyisihan Limbah kadmium

Sebanyak 10 ml limbah artifisial Cd dimasukkan kedalam *Erlenmeyer* 250 ml. Masing-masing ditambahkan biomassa limbah nanas sebanyak 0,5 gr dengan kecepatan pengadukan 100 rpm selama 30, 45, 60, 75 dan 90 menit. Kemudian larutan dipisahkan dengan cara menyaring filtratnya dengan kerta saring.

3.10 Analisis Data

Dari data yang diperoleh pada adsorben biomassa nanas ditentukan uji kualitas karbon aktif dengan menghitung kadar air dan kadar abu sebagai berikut.

1. Kadar Air

Prosedur penetapan kadar air mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-3730-1995 tentang syarat mutu dan pengujian arang aktif. Contoh uji arang sebanyak 1 gram dikeringkan dalam oven pada suhu 110°C sampai beratnya konstan. Kemudian dimasukkan ke dalam desikator sampai bobotnya tetap dan ditentukan kadar airnya dalam persen (%). Persamaannya adalah sebagai berikut:

$$\% \text{ Kadar Air} = \frac{(W_2 - W_3)}{(W_2 - W_1)} \times 100\% \quad \text{Persamaan (3.1)}$$

Keterangan :

W1 = Berat *crusible* kosong (gr)

W2 = Berat *crusible* + sampel sebelum pemanasan (gr)

W3 = Berat *crusible* + sampel setelah pemanasan (gr)

2. Kadar Abu

Prosedur penetapan Kadar Abu mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-3730-1995 tentang syarat mutu dan pengujian arang aktif.

Cawan yang sudah berisi contoh yang kadar air dan kadar zat menguapnya sudah ditetapkan, digunakan untuk mengukur kadar abu. Caranya cawan tersebut diletakkan dalam tanur, perlahan-lahan dipanaskan mulai dari suhu kamar sampai 100°C-110°C selama 2 jam. Selanjutnya didinginkan dalam desikator sampai beratnya konstan, kemudian ditimbang bobotnya.

$$\text{Rumus : \% Kadar Abu} = \frac{(W_3 - W_1)}{(W_2 - W_1)} \times 100\% \quad \text{persamaan} \quad (3.2)$$

Keterangan :

W1 = Berat *crusible* kosong (gr)

W2 = Berat *crusible* + sampel sebelum pembakaran (gr)

W3 = Berat *crusible* + sampel setelah pembakaran (gr)

3. Kadar volatile

Caranya timbang cawan kosong yang sudah dipanaskan 1 jam dalam oven 100°C lalu dicatat, kemudian di dalam cawan tersebut ditimbang arang aktif 1 gram, lalu masukan cawan yang telah berisi arang aktif tersebut ke dalam oven 105°C-110°C selama 1 jam, selanjutnya matikan oven keluarkan cawan biarkan dingin masukan ke desikator, setelah itu ditimbang beratnya. Persamaannya adalah sebagai berikut.

$$\text{Rumus: \% Kadar Volatile} = \frac{(W_3 - W_1)}{(W_2 - W_1)} \times 100\% \quad \text{persamaan} \quad (3.3)$$

Keterangan:

W1 = Berat *crusible* kosong (gr)

W2 = Berat *crusible* + sampel sebelum pemanasan (gr)

W3 = Berat *crusible* + sampel setelah pemanasan (gr)

4. Isotherm Langmuir

Persamaan isotherm Langmuir dapat dinyatakan dalam (4).

$$\frac{C}{m} = \frac{1}{bK} + \frac{C}{b} \quad \text{Persamaan (3.4)}$$

Dimana:

m = jumlah logam yang teradsorpsi per g pada konsentrasi C

K = konstanta kesetimbangan (aktifitas adsorpsi)

C = konsentrasi adsorbat pada kesetimbangan

b = kapasitas adsorpsi maksimum

plot x/m terhadap C akan menghasilkan garis lurus sehingga konstanta kesetimbangan, K , dan kapasitas adsorpsi maksimum, b , dapat ditentukan dari kemiringan dan intersep (Oscik,1983; Khan dan Zareen,2004).

5. Isotherm Freundlich

Persamaan Isotherm Freundlich merupakan persamaan yang teradsorpsi dengan konsentrasi adsorbat dalam larutan (yang tidak teradsorpsi) yang dirumuskan dalam bentuk persamaan (3.5) dan (3.6).

$$\frac{x}{m} = K C^{\frac{1}{n}} \quad \text{persamaan (3.5)}$$

$$\log m = \log k + \frac{1}{n} \log C \quad \text{persamaan (3.6)}$$

Dimana :

x/m = jumlah g teradsorpsi per g adsorben

C = konsentrasi adsorbat pada kesetimbangan

n, k = tetapan

Dengan mengukur x/m sebagai fungsi C maka nilai n dan k akan ditentukan dari slop dan intersepnya (Arief,dkk., 2015).

6. Kinetika adsorpsi

Penentuan kinetika adsorpsi dapat dilakukan dengan menggunakan metode regresi linear terhadap persamaan orde nol, orde satu, orde dua, orde tiga. Model kinetika orde ke nol dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$C_e = -k_0t + C_0 \quad \text{persamaan (3.7)}$$

Model kinetika orde satu dirumuskan

$$\ln C_e = -K_1t + \ln C_0 \quad \text{persamaan (3.8)}$$

Persamaan orde dua, dirumuskan

$$1/C_e - 1/C_0 = k_2t \quad \text{persamaan (3.9)}$$

Sedangkan untuk persamaan orde ke tiga dapat dirumuskan

$$1/C_0^2 = 1/C_e^2 + 2k_3t \quad \text{persamaan (3.10)}$$

Melalui pengaluran data C_e , $\ln C_e$, $1/C_e$, $1/C_e^2$ terhadap t dapat diketahui kesesuaian data terhadap model kinetika, yaitu nilai korelasi (R^2) sedangkan nilai konstanta reaksi orde 0 (k_0), orde 1 (k_1), orde 2 (k_2) dan orde 3 (k_3) diperoleh dari kemiringan (*slope*) dan perpotongan (*intercept*) (Singh et al, 2008).

BAB IV

PEMBAHASAN

4.1 Karakterisasi Adsorben

4.1.1 Pembuatan Adsorben

Biomassa nanas yang telah dipotong dan dicacah kecil dikeringkan dengan cahaya matahari dan oven. Pengeringan dengan cahaya matahari selama 4 bulan, setelah itu pengeringan dilanjutkan dengan menggunakan oven suhu 110°C selama 1 jam. Tujuan penggunaan oven ini untuk mempercepat proses pengeringan.

Setelah dikeringkan, biomassa nanas dikarbonisasi dengan furnace pada suhu 700°C hingga menjadi karbon (arang). Adsorben ini disebut adsorben murni (BMM). Adapun adsorben lainnya yaitu biomassa yang dikarbonisasi pada suhu 700°C selanjutnya diaktivasi dengan menambahkan larutan NaOH 10%. Adsorben ini disebut adsorben biomassa nanas yang diaktivasi (BMA).



Gambar 4.1 biomassa yang telah dipotong dengan ukuran 1 cm



Gambar 4.2 biomassa nanas setelah di keringkan



Gambar 4.3 karbonisasi biomassa nanas menggunakan Furnace



Gambar 4.4 arang aktif biomassa nanas

4.1.2 Uji Karakteristik Adsorben

Uji karakteristik adsorben limbah nanas yaitu dengan melakukan uji kadar air, kadar abu, dan kadar volatile untuk memantau apakah adsorben tersebut memenuhi standar SNI 06-3730-1995 tentang karbon aktif. Berikut perhitungannya.

1. Adsorben Biomassa Nanas Murni (BMM)

a. Kadar Air

Sebanyak 1 gram arang aktif dimasukan ke dalam cawan yang telah diketahui beratnya, kemudian dimasukan ke dalam oven pada suhu 105°C-110°C selama 1 jam. Selanjutnya didinginkan dalam desikator dan ditimbang beratnya sebesar 1,503%.

Persentase kadar air adalah :

Berat cawan dan sampel sebelum pemanasan (w2) = 62,97 gr

Suhu = 150°C

Berat cawan kosong (W1) = 62,97gr

Berat cawan dan sampel sebelum pemanasan (W2) = 63,97 gr

Berat cawan + sampel setelah pemanasan (W3) = 62,46 gr

$$\begin{aligned} \text{persentase (\%)} \text{ kadar air} &= \frac{(w2-w3)}{(w2-w1)} \times 100 \% \\ &= \frac{(63,97-62,46)}{(63,97-62,97)} \times 100 \% \\ &= 1,51 \% \end{aligned}$$

b. Kadar Abu

Penentuan kadar abu bertujuan untuk mengetahui kandungan mineral yang tersisa dalam adsorben biomassa nanas darah karena bahan dasar pembuatan adsorben biomassa nanas tidak hanya mengandung senyawa karbon saja melainkan terdapat beberapa mineral. Kandungan abu akan mengakibatkan kualitas dari arang turun sehingga terjadi penyumbatan dari adsorben, hal ini akan mempengaruhi daya serap pada adsorpsi (Herlandien, 2013).

Perhitungan didapat sebagai berikut.

Kadar abu (T = 110 °C)

Berat cawan kosong = 6,28 gr (W1)

Berat cawan kosong + sampel sebelum pemanasan = 7,28 (W2)

Berat cawan kosong + sampel setelah pemanasan = 5,27 (W3)

$$\begin{aligned}\text{Persentase (\%)} \text{ kadar abu} &= \frac{(w3 - w1)}{(w2 - w1)} \times 100\% \\ &= \frac{(7,28 - 5,27)}{(7,28 - 6,28)} \times 100\% \\ &= 2,01 \%\end{aligned}$$

c. Kadar Volatile

Sebanyak 1 gram arang aktif dimasukkan ke dalam cawan yang telah diketahui beratnya, kemudian dimasukkan ke dalam oven pada suhu 105°C-110°C selama 1 jam. Setelah itu di dinginkan di dalam desikator dan ditimbang beratnya sebesar 1%.

Suhu (T) = 110°C

Berat cawan kosong 63,97 gr (W1)

Berat cawan kosong + sampel sebelum pemanasan = 64,97 gr (W2)

Berat cawan kosong + sampel setelah pemanasan = 62,97 gr (W3)

Persentase (%) kadar volatile

$$\begin{aligned}&= \frac{(w2 - w3)}{(w2 - w1)} \times 100 \% \\ &= \frac{(64,97 - 62,97)}{(64,97 - 63,97)} \times 100 \% \\ &= 2 \%\end{aligned}$$

2. Adsorben Biomassa Nanas Aktivasi (BMA)

a. Kadar Air

Penentuan kadar air bertujuan untuk mengetahui kandungan air yang berada dalam rongga atau menutupi pori-pori pada arang aktif biomassa nanas. Kandungan air yang terdapat pada arang aktif biomassa nanas dihilangkan dengan menguapkan terlebih dahulu dengan menggunakan oven pada suhu 105°C-110°C selama 60 menit. Tinggi rendahnya kadar air yang menutupi pori-pori arang aktif. Kadar air yang rendah menunjukkan banyak rongga atau celah dalam pori yang dapat ditempati oleh adsorbat sehingga adsorpsi berlangsung secara optimal (Mu'jizah, 2010). Kadar air yang terkandung pada arang aktif biomassa nanas aktivasi NaOH sebesar 0,054%. Aktivator yang dapat mengikat air dengan baik dalam arang aktif cenderung menghasilkan kadar air yang relatif rendah (Budiono dkk., 2006). Hasil ini menunjukkan bahwa kadar air arang aktif biomassa nanas yang dihasilkan sesuai dengan Standar Nasional Indonesia yakni tidak melewati batas 15%.

Berat cawan kosong (W1) = 61,729 gr

Berat cawan dan sampel sebelum pemanasan (w2) = 62,729 gr

Berat cawan + sampel setelah pemanasan (W3) = 62,675 gr

$$\begin{aligned}\text{persentase (\%)} \text{ kadar air} &= \frac{(w2-w3)}{(w2-w1)} \times 100 \% \\ &= \frac{(62,729-62,675)}{(62,729-61,729)} \times 100 \% \\ &= 0,054 \%\end{aligned}$$

b. Kadar Abu

Penentuan kadar abu bertujuan untuk mengetahui kandungan mineral yang tersisa dalam arang aktif karena bahan dasar pembuatan arang aktif tidak hanya mengandung senyawa karbon saja melainkan terdapat beberapa mineral. Mineral umumnya akan hilang pada saat proses karbonisasi serta aktivasi tetapi masih dimungkinkan terdapat kandungan yang tertinggal di dalam pori-pori arang aktif. Kandungan abu akan mengakibatkan kualitas dari arang aktif turun menyebabkan penyumbatan dari pori arang aktif sehingga akan mempengaruhi daya serap pada adsorpsi (Herlandien, 2013). Luas permukaan pada arang aktif akan berkurang akibat dari penyumbatan pori tersebut. Berdasarkan hasil yang diperoleh, hasil kadar abu pada arang aktif teraktivasi NaOH sebesar 0,915%. Hasil penentuan kadar abu yang diperoleh menyatakan bahwa sisa-sisa kandungan mineral dalam arang aktif yang diperoleh mengalami penguapan pada saat proses aktivasi sehingga tidak mengalami penutupan pori pada arang aktif. Berdasarkan Standar Nasional Indonesia kadar abu arang aktif biomassa nanas masih masuk dalam rentang yang diperolehkan yaitu maksimum 10%.

Berat cawan kosong = 61,174 (W1)

Berat cawan kosong + sampel sebelum pemanasan = 62,174 (W2)

Berat cawan kosong + sampel setelah pemanasan = 62,089 (W3)

$$\begin{aligned}\text{Persentase (\%)} \text{ kadar abu} &= \frac{(w2 - w3)}{(w2 - w1)} \times 100\% \\ &= \frac{(62,174 - 62,089)}{(62,174 - 61,174)} \times 100\% \\ &= 0,085 \%\end{aligned}$$

c. Kadar Volatile

Nilai kadar zat volatile yang diperoleh pada penelitian ini telah sesuai dengan SII No. 0258-88 yaitu kurang dari 25%. Nilai kadar zat volatile biomassa nanas teraktivasi NaOH sebesar 1%. Hal ini menunjukkan senyawa non karbon sudah menguap pada suhu 105°C-110°C (Ikawati dan Melati, 2010).

Berat cawan kosong 61,729 (W1)

Berat cawan kosong + sampel sebelum pemanasan = 62,729 (W2)

Berat cawan kosong + sampel setelah pemanasan = 60,629 (W3)

Persentase (%) kadar volatile

$$= \frac{(w2 - w3)}{(w2 - w1)} \times 100\%$$

$$= \frac{(62,729 - 60,629)}{(62,729 - 61,729)} \times 100\%$$

$$= 2,1 \%$$

4.2 Pengaruh Massa Adsorben Terhadap Penyerapan Kadmium (Cd)

Pengaruh massa adsorben biomassa nanas terhadap Kapasitas Penyerapan Kadmium (Cd) dijabarkan pada tabel 4.1 dan 4.2

Tabel 4.1 Pengaruh Massa Adsorben Terhadap Kapasitas Penyerapan Kadmium (Cd) menggunakan adsorben BMM

Variasi Massa Adsorben	Konsentrasi Awal (mg/l)	Konsentrasi Akhir (mg/l)	Penyerapan Kadmium (Cd)
0,5	10	0,1350	98,65%
1	10	0,1334	98,67%
2	10	0,1339	98,66%
4	10	0,1128	98,87%
8	10	0,1186	98,81%

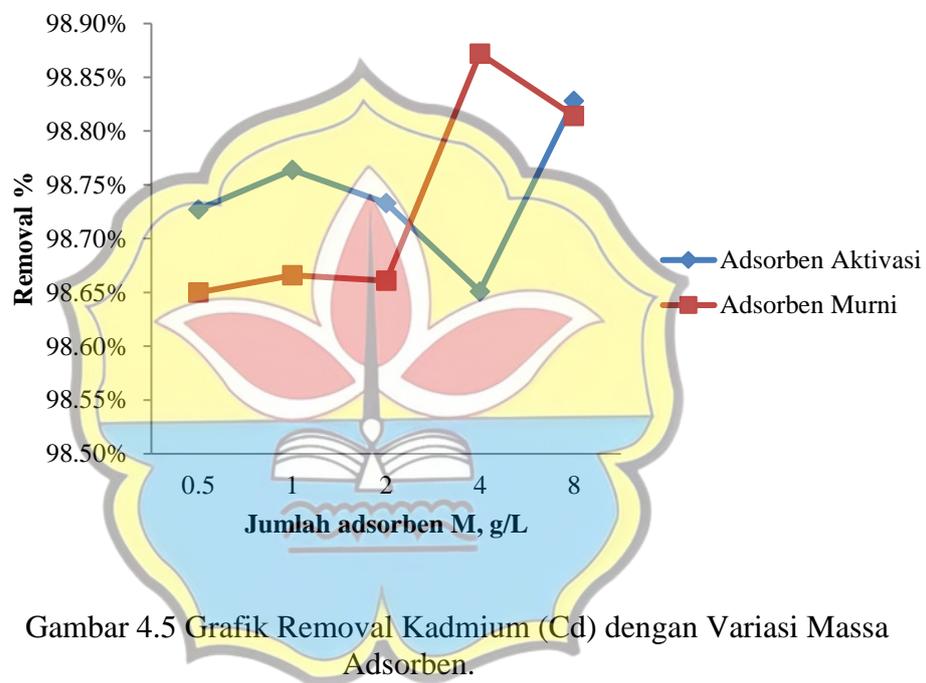
Tabel 4.2 Pengaruh Massa Adsorben Terhadap Kapasitas Penyerapan Kadmium (Cd) menggunakan adsorben BMA

Variasi massa adsorben	Konsentrasi Awal (mg/l)	Konsentrasi Akhir (mg/l)	Penyerapan Kadmium (Cd)
0,5	10	0,1273	98,73%
1	10	0,1236	98,76%
2	10	0,1267	98,73%
4	10	0,1349	98,65%
8	10	0,1172	98,83%

Dari Tabel 4.1 dan Tabel 4.2 terlihat pengaruh massa adsorben biomassa nanas murni (BMM) dan biomassa nanas aktivasi (BMA) terhadap adsorpsi kadmium. antara adsorben dengan adsorbat dilakukan penelitian dengan variasi massa adsorben yaitu 0,5 gr/250 ml, 1 gr/250 ml, 2 gr/250 ml, 4 gr/250 ml, 8 gr/250 ml pada waktu kontak 30 menit dengan kecepatan pengadukan 100 rpm. Pada massa adsorben murni 0,5 dan massa adsorben aktivasi 4 gr terjadi penurunan efisiensi yang diakibatkan oleh agregasi parsial atau pengumpulan dari adsorben yang menyebabkan penurunan luas permukaan untuk penyerapan adsorbat (Anwar dkk, 2010).

Persentase grafik gambar 4.2 dibawah ini nilai efisiensi massa adsorben murni pada 0,5 gr dengan 98,65% pada 1 gr dengan 98,67% pada 2 gr dengan 98,66% pada 4 gr dengan 98,87% dan pada 8 gr dengan 98,81% sedangkan nilai efisiensi massa adsorben aktivasi pada 0,5 gr dengan 98,73% pada 1 gr 98,76% pada 2 gr dengan 98,73% pada 4 gr dengan 98,65 dan pada 8 gr dengan 98,83%. Pada massa adsorben murni 0,5 gr dan massa adsorben aktivasi 4 gr terjadi penurunan nilai efisiensi hal ini disebabkan karena interaksi antara adsorben dan adsorbat

kurang optimal sehingga terjadi penurunan nilai efisiensi. Selain itu, dengan bertambahnya massa adsorben dalam volume yang sama justru akan menyebabkan interaksi yang tidak sempurna, karena adsorben tertutup oleh padatan lainnya atau saling tumpang-tindih sehingga banyak pori adsorben yang tidak bekerja dengan baik dalam menyerap zat organik (Swastha, 2010).



Gambar 4.5 Grafik Removal Kadmium (Cd) dengan Variasi Massa Adsorben.

4.3 Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Penyerapan Limbah Kadmium (Cd)

Penentuan waktu kontak sangat berpengaruh pada jumlah adsorbat yang terserap. Berdasarkan pada hasil pengaruh waktu kontak adsorben biomassa nanas dapat dilihat pada tabel 4.3 dan 4.4.

Tabel 4.3 Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Kapasitas Penyerapan Kadmium (Cd) Menggunakan Adsorben AM

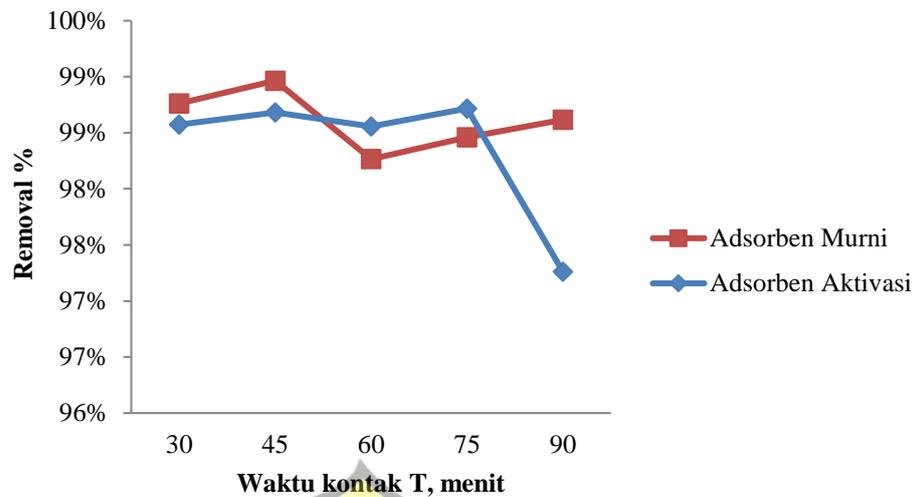
Variasi Waktu Kontak	Konsentrasi Awal (mg/l)	Konsentrasi Akhir (mg/l)	Penyerapan Kadmium (Cd)	Kapasitas
30	10	0,1427	99%	9,857
45	10	0,1317	99%	9,868
60	10	0,1444	99%	9,856
75	10	0,1283	99%	9,872
90	10	0,2738	97%	9,726

Tabel 4.4 Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Kapasitas Penyerapan Kadmium (Cd) Menggunakan Adsorben AA

Variasi Waktu Kontak	Konsentrasi Awal (mg/l)	Konsentrasi Akhir (mg/l)	Penyerapan Kadmium (Cd)	Kapasitas
30	10	0,1238	99%	9,876
45	10	0,1035	99%	9,897
60	10	0,1735	98%	9,827
75	10	0,1541	98%	9,846
90	10	0,1383	99%	9,862

Pada Tabel 4.3 dan Tabel 4.4 bahwa pengaruh waktu kontak antara adsorben dengan adsorbat dilakukan dengan melakukan variasi massa adsorben 0,5 mg/l pada waktu kontak 30,45,60,75 dan 90 menit dengan kecepatan pengadukan 100 rpm untuk biomassa nanas murni (BMM) dan biomassa nanas aktivasi (BMA). Dari penelitian ini terjadi peningkatan serapan sejalan dengan peningkatan waktu.

Waktu kontak optimum untuk biomassa nanas murni (BMM) dan biomassa nanas aktivasi (BMA) dengan Kadmium (Cd) yaitu pada 45 menit dengan konsentrasi akhir 0,1317 mg/l pada BMM dan 0,1035 mg/l pada BMA. Kapasitas penyerapan optimum BMM pada waktu 45 menit yaitu 98,68% sedangkan BMA sebesar 98,97%.



Gambar 4.6 Removal Kadmium (Cd) dengan Variasi Waktu Kontak

Pengaruh waktu kontak terendah yaitu pada 90 menit kapasitas penyerapan biomassa nanas murni (BMM) mencapai 97% dengan serapan sebesar 0,2738 mg/l dan mencapai kondisi optimum pada 45 menit dengan konsentrasi akhir sebesar 0,1317 mg/l pada BMM dan 0,1035 mg/l pada BMA sedangkan untuk biomassa nanas aktivasi (BMA) pada waktu kontak terendah yaitu pada 60 menit serapan terhadap cadmium (Cd) 0,1735 mg/l dan kapasitas penyerapan 98% dan mencapai kondisi optimum pada 90 menit dengan serapan sebesar 0,1383 dengan kapasitas penyerapan 99%. Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa semakin lama waktu kontak antara adsorben dengan adsorbat memungkinkan terjadinya peningkatan penyerapan kadmium (Cd).

Pada BMM waktu kontak 45 menit adalah waktu optimum untuk proses penyerapan limbah kadmium (Cd) sedangkan pada BMA waktu kontak 45 menit masih belum optimum untuk kapasitas penyerapan kadmium (Cd) karena memungkinkan gugus aktif dari selulosa biomassa nanas belum mencapai

kejenuhan, artinya masih banyak gugus aktif yang belum digunakan untuk mengadsorb kadmium dalam jumlah optimum. Setelah 45 menit, daya serap mengalami kondisi yang hampir-hampir mendatar. Hal ini disebabkan karena gugus aktif pada selulosa biomassa nanas telah jenuh setelah pemberian waktu 45 menit. Bernard dan Jimoh (2013) menunjukkan bahwa setelah adsorpsi mencapai keadaan setimbang pada waktu kontak optimum, penambahan waktu kontak antara adsorben dan adsorbat selanjutnya tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap kapasitas penyerapan kadmium (Cd).

4.4 Mekanisme Adsorpsi Kadmium (Cd) Menggunakan Model Langmuir isotherm dan Freundlich isotherm

Analisis *adsorption isotherm* dilakukan untuk mengamati mekanisme adsorpsi yang terjadi pada biomassa nanas. *Adsorption isotherm* menggunakan metode Langmuir dan Freundlich. Model *isotherm adsorpsi* yang terjadi pada adsorben biomassa nanas terhadap Kadmium (Cd) dapat diketahui dengan melakukan pengujian persamaan regresi linear isotherm langmuir yaitu dengan menghubungkan antara nilai konsentrasi adsorbat pada kesetimbangan jumlah zat yang teradsorpsi persatuan adsorben (C_e/Q_e). Freundlich model didapatkan dengan memplotkan antara $\log C_e$ dan $\log Q_e$ sehingga diperoleh persamaan garis dan nilai regresi linear. Massa adsorben yang digunakan 0,5 mg/l. Perhitungan Isotherm Langmuir dan Freundlich adsorben murni (AM) terdapat pada tabel 4.5 dan 4.6.

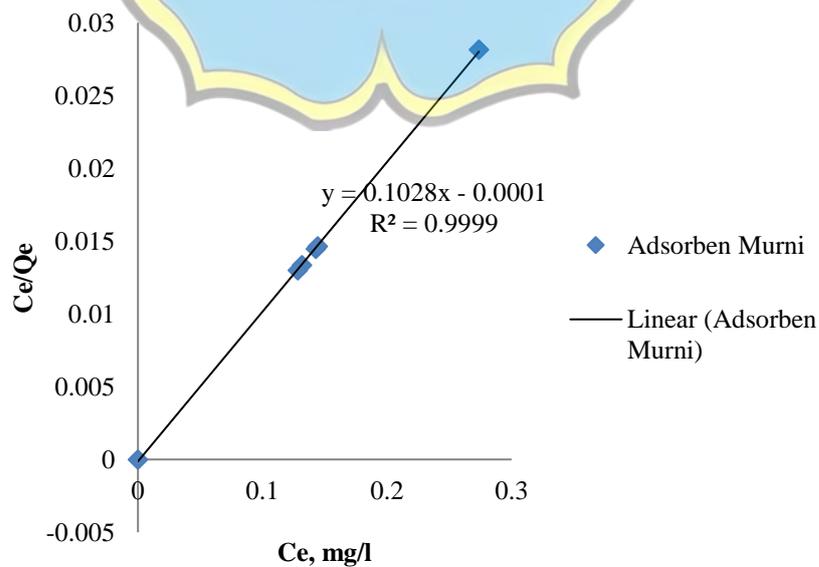
Tabel 4.5 Perhitungan Isotherm Langmuir pada biomassa nanas murni (BMM)

Waktu Kontak	Cin (mg/l)	Ce (mg/l)	Qe (mg/l)	Ce/Qe (mg/l)
30	10	0,1427	9,857	0,014
45	10	0,1317	9,868	0,013
60	10	0,1444	9,856	0,015
75	10	0,1283	9,872	0,013
90	10	0,2738	9,726	0,028

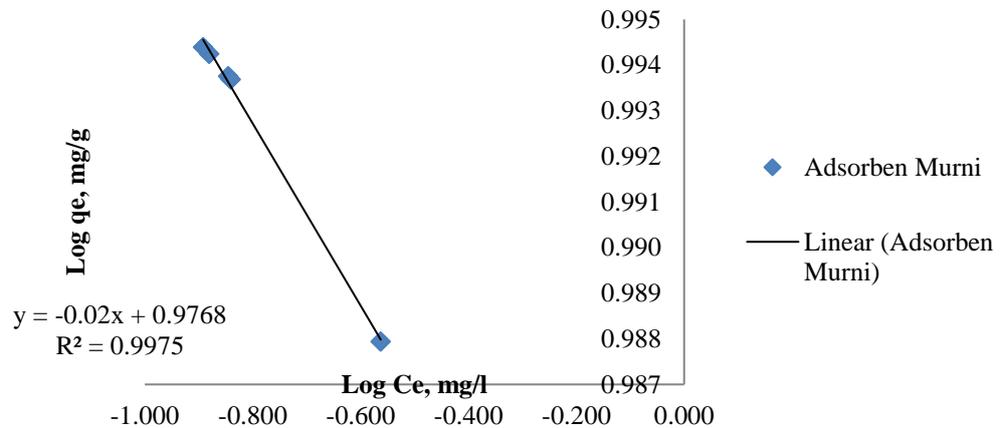
Tabel 4.6 Perhitungan Isotherm Freundlich pada biomassa nanas murni (BMM)

Waktu kontak	Cin (mg/l)	Ce (mg/l)	Log Ce (mg/l)	Qe (mg/l)	Log Qe (mg/l)
30	10	0,1427	-0,846	9,857	0,994
45	10	0,1317	-0,880	9,868	0,994
60	10	0,1444	-0,840	9,856	0,994
75	10	0,1283	-0,892	9,872	0,994
90	10	0,2783	-0,563	9,726	0,998

Dari tabel 4.7 dan 4.8 yang diolah berdasarkan model isotherm langmuir dan freundlich diperoleh kurva pada gambar 4.8 dan 4.9.



Gambar 4.7 grafik Isoterm Langmuir pada Biomassa Nanas Murni (BMM)



Gambar 4.8 Grafik Isotherm Freundlich pada biomassa nanas murni (BMM)

Gambar 4.7 dan 4.8 yang diolah berdasarkan model isotherm Langmuir dan Freundlich diperoleh konstanta pada tabel 4.9.

Tabel 4.7 Konstanta Isotherm Freundlich dan Langmuir AM

Adsorbent type	Model	Parameters	R ²
AM	Langmuir	Q ₀ 9,597	0,9999
		b 260,500	
		R _L 0,000	
	Freundlich	K _f 9,596	0,9975
		n 72,993	

Konstanta yang dihitung untuk model Freundlich dan Langmuir pada adsorben murni yang ditunjukkan pada tabel 4.9 untuk model Freundlich nilai $1/n < 1$ 0,0014 dan untuk model Langmuir nilai $R_L < 1$ 0,000384 menunjukkan bahwa proses adsorpsi baik. Koefisien regresi menghitung kedua model menunjukkan bahwa kolerasi model isotherm Freundlich adalah lebih kuat jadi dapat disimpulkan pada proses adsorpsi di AM terjadi proses penyerapan secara monolayer dan multilayer. Mekanisme adsorpsi cenderung terdapat pada satu lapisan monolayer atau mengacu pada Langmuir isotherm.

Perhitungan isotherm Langmuir dan Freundlich dengan adsorben aktivasi

(AA) terdapat pada tabel 4.8 dan 4.9.

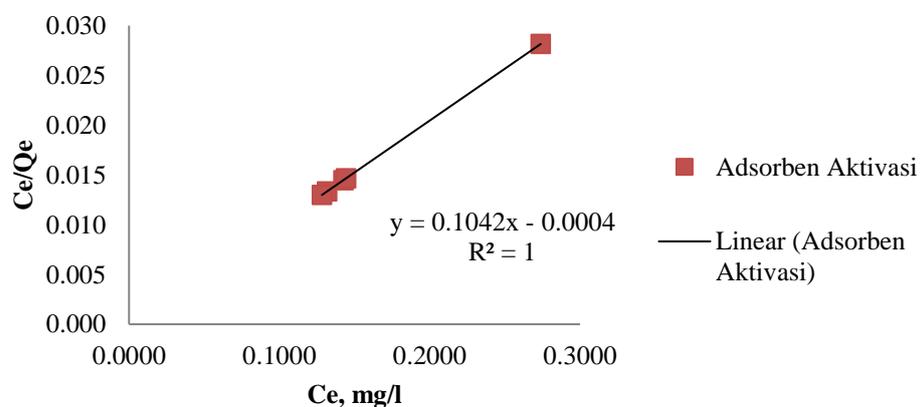
Tabel 4.8 Perhitungan Isotherm Langmuir pada Adsorben Nanas Aktivasi (BMA)

Waktu kontak	Cin (mg/l)	Ce (mg/l)	Qe (mg/l)	Ce/Qe
30	10	0,1238	9,876	0,013
45	10	0,1035	9,897	0,010
60	10	0,1735	9,827	0,018
75	10	0,1541	9,846	0,016
90	10	0,1383	9,862	0,014

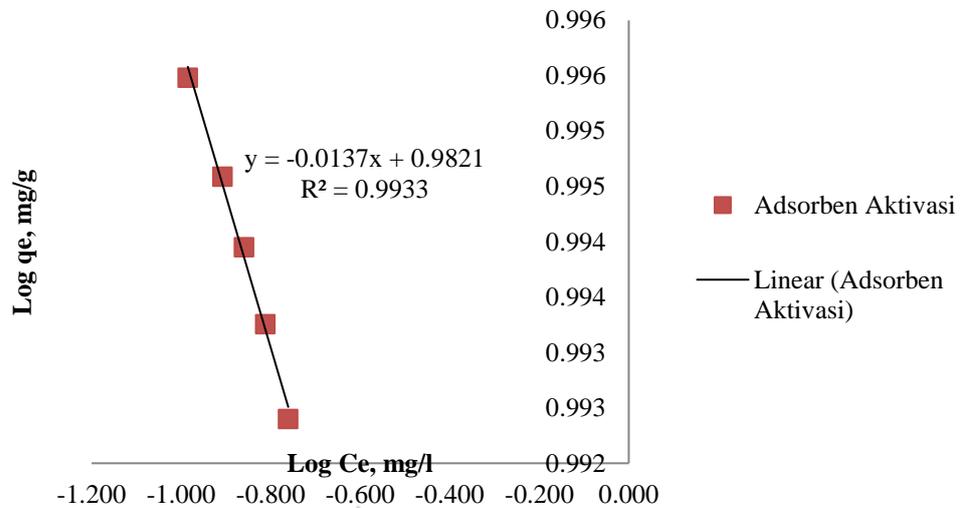
Tabel 4.9 Perhitungan Isotherm Freundlich Adsorben Nanas Aktivasi (BMA)

Waktu kontak	Cin (mg/l)	Ce (mg/l)	Log Ce (mg/l)	Qe (mg/l)	Log Qe (mg/l)
30	10	0,1238	-0,907	9,876	0,995
45	10	0,1035	-0,985	9,897	0,995
60	10	0,1735	-0,761	9,827	0,992
75	10	0,1541	-0,812	9,846	0,993
90	10	0,1383	-0,859	9,862	0,994

Dari Tabel 4.8 dan Tabel 4.9 yang diolah berdasarkan isotherm Langmuir dan Freundlich diperoleh kurva pada gambar 4.9 dan 4.10.



Gambar 4.9 Grafik Isotherm Langmuir pada biomassa nanas aktivasi (BMA)



Gambar 4.10 Grafik Isotherm Freundlich pada Biomassa Nanas Aktivasi (BMA)

Dari gambar 4.9 dan 4.10 yang diolah berdasarkan model isotherm langmuir dan freundlich diperoleh konstanta pada tabel 4.10.

Tabel 4.10 Konstanta Isotherm Freundlich dan Langmuir (BMA)

AA	Langmuir	Qo	9,728	1,000
		b	1028,000	
		R _L	0,000	
	Freundlich	Kf	9,480	0,9975
		n	50,000	

Konstanta yang dihitung untuk model freundlich dan langmuir pada adsorben aktivasi (AA) yang di tunjukan pada tabel 4.10 untuk model freundlich nilai $1/n < 1$ yaitu 0,020 dan untuk model langmuir nilai $R_L < 1$ yaitu 0,000097 menunjukkan bahwa proses adsorpsi berjalan dengan baik. Koefesiensi regresi menghitung kedua model menunjukkan bahwa kolerasi model isotherm langmuir adalah lebih tinggi.

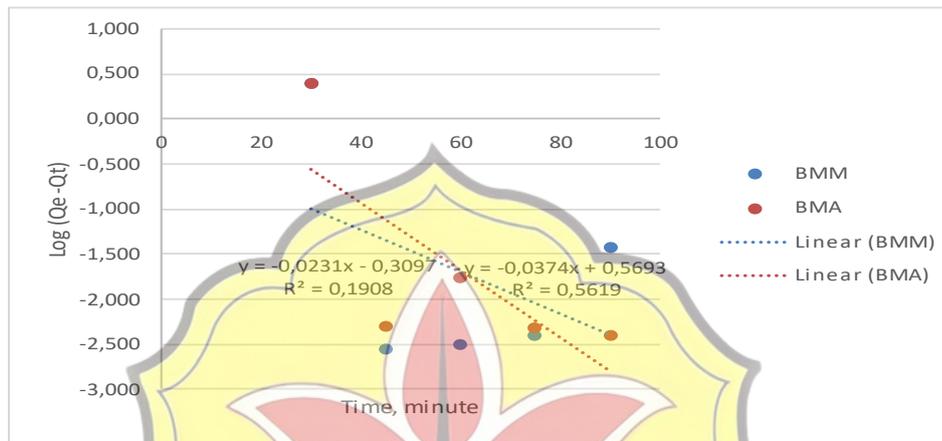
4.5 Kinetika Adsorpsi

Kinetika adsorpsi merupakan salah satu faktor penting dalam proses adsorpsi karena menunjukkan tingkat kecepatan penyerapan adsorben terhadap adsorbatnya. Kemampuan penyerapan dapat dilihat dari laju adsorpsinya dalam hal ini pengujian terhadap laju adsorpsi yang dilakukan melalui penentuan orde reaksi secara eksperimen (Widihati, 2012). Orde reaksi yang digunakan yaitu orde satu dan orde dua. Pada penentuan orde reaksi ini ditentukan melalui pengaruh variasi waktu kontak yang digunakan 30,45,60,75 dan 90 menit. Kurva regresi linear menghubungkan antara perbandingan waktu kontak murni dan aktivasi. Pada orde satu nilai y merupakan nilai \ln dari konsentrasi awal dibagi konsentrasi akhir dan pada orde dua nilai y merupakan nilai $1/\text{konsentrasi akhir}$. Nilai perbandingan koefisien korelasi (R^2) masing-masing adsorben murni dan aktivasi dapat dilihat pada tabel 4.11 dibawah ini.

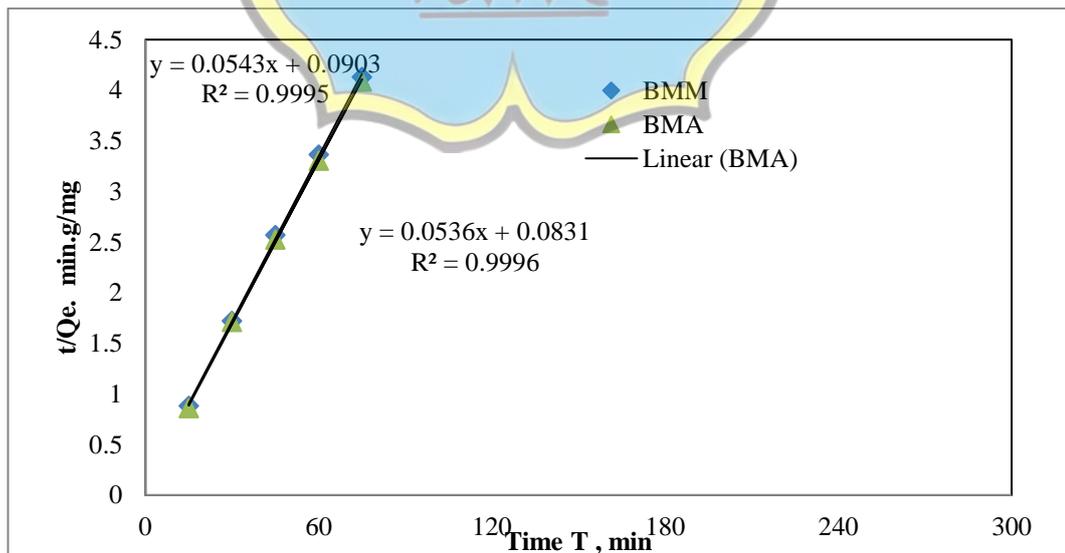
Tabel 4.11 Nilai Perbandingan Koefisien Kolerasi (R^2)

Adsorbent type	Model	Parameters	R^2
BMM	Pseudo First Order	K1	0,053
		Qe	1,415
	Pseudo second order	K2	0,054
		Qe	11,074
BMA	Pseudo First Order	K1	0,086
		Qe	3,709
	Pseudo second order	K2	0,054
		Qe	12,034

Hasil dari perhitungan orde reaksi dengan menggunakan variasi waktu kontak pada adsorben murni dan aktivasi menunjukkan bahwa adsorben aktivasi mengikuti alur orde dua, dimana nilai R^2 yang dihasilkan lebih tinggi jika dibandingkan dengan nilai R^2 adsorben murni. Nilai R^2 yang dihasilkan pada orde satu orde dua adsorben aktivasi adalah 0,562, 0,9996 dan adsorben murni 0,1908, 1995.

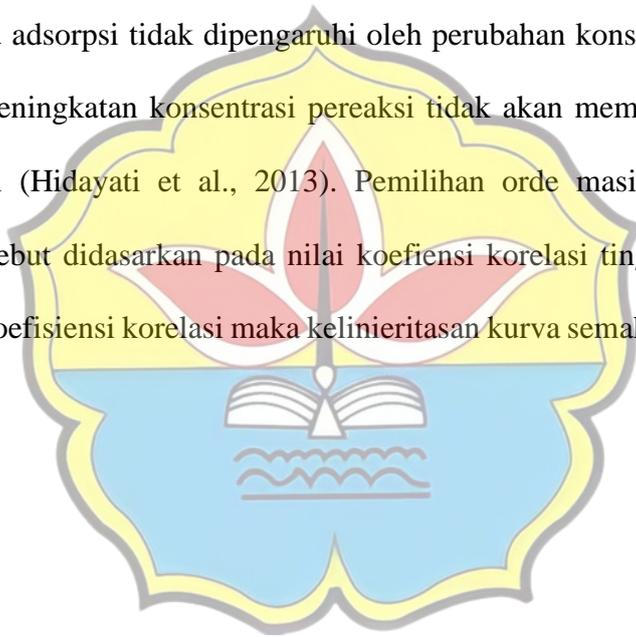


Gambar 4.11 pseudo first order model pada kinetika reaksi adsorben biomassa nanas murni dan biomassa nanas aktivasi



Gambar 4.12 Pseudo Second Order Model pada Kinetika Reaksi Adsorben Biomassa Nanas Murni dan Biomassa Nanas Aktivasi

Hasil perhitungan menggunakan kurva regresi linear pada adsorben murni dan aktivasi menunjukkan bahwa nilai R^2 adsorben murni dihasilkan memiliki nilai tertinggi pada orde satu murni dibandingkan dengan orde satu aktivasi. Hal ini dapat dilihat dari masing-masing nilai R^2 yang dihasilkan pada orde satu murni 0,1908 dan orde satu aktivasi 0,562. Berdasarkan data yang didapatkan dapat dilihat bahwa kinetika adsorpsi pada orde satu meskipun angka yang dihasilkan tidak menunjukkan perbedaan yang cukup signifikan. Orde satu yang dihasilkan menunjukkan jika besarnya laju adsorpsi tidak dipengaruhi oleh perubahan konsentrasi pereaksinya. Berapapun peningkatan konsentrasi pereaksi tidak akan mempengaruhi besarnya laju adsorpsi (Hidayati et al., 2013). Pemilihan orde masing-masing kinetika adsorpsi tersebut didasarkan pada nilai koefisiensi korelasi tinggi, dimana semakin tinggi nilai koefisiensi korelasi maka kelinieritasan kurva semakin baik (Hajar et al, 2016).



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian tentang adsorpsi limbah Kadmium (Cd) terhadap limbah biomassa nanas adalah sebagai berikut :

1. Efisiensi penyerapan limbah kadmium oleh biomassa nanas murni dengan variasi massa adsorben 0,5 gr, 1 gr, 2 gr, 4 gr, 8 gr, adalah sebesar 98,65%, 98,67%, 98,66%, 98,87% dan 98,81% sedangkan kapasitas penyerapan limbah kadmium oleh biomassa nanas aktivasi dengan massa adsorben 0,5 gr, 1 gr, 2 gr, 4 gr dan 8 gr adalah sebesar 98,73%, 98,76%, 98,73%, 98,65% dan 98,83% dengan waktu kontak optimum sebesar 30 menit.
2. Pada proses adsorpsi dengan menggunakan biomassa nanas murni terjadi proses penyerapan secara monolayer (isotherm Freundlich) dan multilayer (isotherm Langmuir) sedangkan dengan menggunakan adsorpsi biomassa nanas aktivasi (isotherm Langmuir).
3. Berdasarkan uji kinetika adsorpsi, diketahui bahwa biomassa nanas murni dan biomassa nanas aktivasi memiliki kesesuaian dengan kinetika reaksi pseudo second order semu dengan nilai korelasi sebesar 0,9995 pada biomassa nanas murni dan 0,9996 pada biomassa nanas aktivasi.

5.2 Saran

Saran yang dapat diambil dari hasil penelitian tentang adsorpsi limbah Kadmium (Cd) terhadap biomassa nanas adalah sebagai berikut :

1. Penambahan variabel bebas seperti pH dan suhu
2. Penambahan referensi adsorben biomassa nanas meliputi mahkota, daun dan kulit.



DAFTAR PUSTAKA

- Agricolar. @cor, 2020 Tentang jenis Buah Nanas Spanyol beserta ciri-cirinya
- 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).
- Allukman Nur Hakim, 2021 Adsorpsi Limbah Methylene Blue terhadap Limbah Biomassa Nanas.
- Apriliani, Ade., 2010. Pemanfaatan Arang Ampas Tebu Sebagai Adsorben Ion Logam Cd, Cr, Cu, dan Pb, dalam Air Limbah, Skripsi , Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Syarif Hidayatullah, Jakarta.
- Arief, Latar Muhammad, 2016. *Pengolahan Limbah Industri Dasar Pengetahuan dan Aplikasi ditempat Kerja*, Andi Offset, Yogyakarta.
- CV. Mutiaratani Agrisarana, 2020 Tentang Jenis Buah Nanas Cayenne beserta ukuran dan ciri-cirinya.
- Novi Eka Mayangsari, 2019 Pemanfaatan Limbah Daun Nanas (Ananas Cosmosus) sebagai Adsorben Logam Berat Cu.
- Suasana. 2011. Ekstraksi Selulosa Limbah Mahkota Nanas. *Jurnal Politeknik Negeri Pontianak*.
- Giyatmi, dkk. 2008. *Penurunan Kadar Cu, Cr, dan Ag dalam Limbah Cair Industri Perak di Kotagede setelah Diadsorpsi dengan Tanah Liat dari Daerah Godean*. Yogyakarta.
- Hidayat, P.2008. Teknologi Pemanfaatan Serat Daun Nanas Sebagai Alternatif Bahan Baku Tekstil. *Teknoin* 13: 31-35.

Peraturan Pemerintah. Nomor 82 Tahun 2001. Tentang Pengelolaan Kualitas Air

Sudirjo, E. 2005. *Penentuan Distribusi Benzen Toluene pada Kolom Adsorpsi Fixed*

Bed Carbon Aktive. Jakarta: Jurusan Teknik. Fakultas Teknik Universitas
Indonesia.



LAMPIRAN





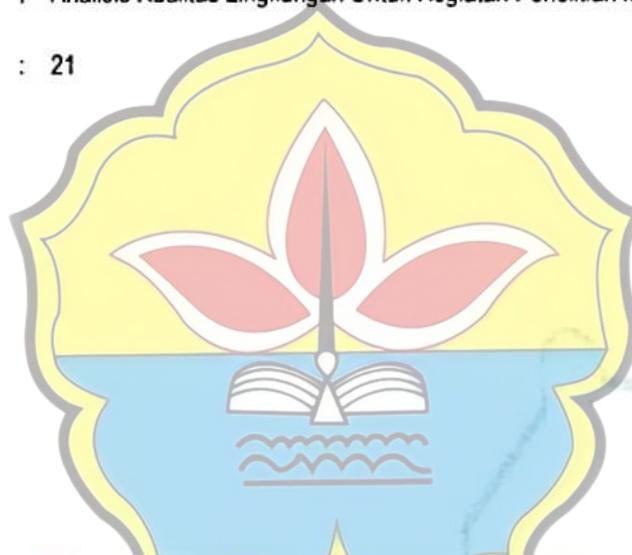


LAPORAN HASIL PENGUJIAN
CERTIFICATE OF ANALYSIS
LAB-JLI-2208906.1A

Nama Pelanggan/
Customer : **CLARA SARYS PURBA**
Personil Penghubung/
Contact Person : Clara Sarys Purba
Alamat Lengkap/
Address : Perumahan Aur Duri Permai II, Kota Jambi, Provinsi Jambi
Nama Kegiatan/
Project Name : Analisis Kualitas Lingkungan Untuk Kegiatan Penelitian Mahasiswa
Jumlah Contoh Uji/
Samples : 21

Jambi, 23 Agustus 2022

Boby Lasmana, S.Si
Manajer Teknis



PT. JAMBI LESTARI INTERNASIONAL

Jl.Nusa Indah I No. 59E-F Kel. Rawasari Kec. Alam Barajo Kota Jambi 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 materiel maupun imateriel. 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-2208906.1A
 Nama Pelanggan/Customer : CLARA SARYS PURBA
 Personil Penghubung/Contact Person : Clara Sarys Purba
 Tanggal Dilaporkan/Reported Date : 23 Agustus 2022

Identifikasi Laboratorium/ Laboratory Identification	Identifikasi Contoh Uji/ Sample 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-2208906.1A-1/21	A-1 (Larutan Cd)	Air	06/08/2022	11:45	05/08/2022	08:00	05/08 - 16/08	—	—
LAB-JLI-2208906.1A-2/21	A-2 (Adsorben Aktivasi (AA) Waktu Kontak 45 Menit)	Air	06/08/2022	11:45	05/08/2022	08:00	05/08 - 16/08	—	—
LAB-JLI-2208906.1A-3/21	A-3 (Adsorben Aktivasi (AA) Waktu Kontak 60 Menit)	Air	06/08/2022	11:45	05/08/2022	08:00	05/08 - 16/08	—	—
LAB-JLI-2208906.1A-4/21	A-4 (Adsorben Aktivasi (AA) Waktu Kontak 85 Menit)	Air	06/08/2022	11:45	05/08/2022	08:00	05/08 - 16/08	—	—
LAB-JLI-2208906.1A-5/21	A-5 (AM: Adsorben Murni Waktu Kontak 90 Menit)	Air	06/08/2022	11:45	05/08/2022	08:00	05/08 - 16/08	—	—
LAB-JLI-2208906.1A-6/21	A-6 (AA1: Adsorben Aktivasi (AA) Dosis 1 gr)	Air	06/08/2022	11:45	05/08/2022	08:00	05/08 - 16/08	—	—
LAB-JLI-2208906.1A-7/21	A-7 (AA2: Adsorben Aktivasi (AA) Dosis 2 gr)	Air	06/08/2022	11:45	05/08/2022	08:00	05/08 - 16/08	—	—
LAB-JLI-2208906.1A-8/21	A-8 (AA3: Adsorben Aktivasi (AA) Dosis 8 gr)	Air	06/08/2022	11:45	05/08/2022	08:00	05/08 - 16/08	—	—
LAB-JLI-2208906.1A-9/21	A-9 (AA4: Adsorben Aktivasi (AA) Waktu Kontak 90 Menit)	Air	06/08/2022	11:45	05/08/2022	08:00	05/08 - 16/08	—	—
LAB-JLI-2208906.1A-10/21	A-10 (AA5: Adsorben Aktivasi (AA) Dosis 0,5 gr)	Air	06/08/2022	11:45	05/08/2022	08:00	05/08 - 16/08	—	—
LAB-JLI-2208906.1A-11/21	A-11 (AA6: Adsorben Aktivasi (AA) Dosis 4 gr)	Air	06/08/2022	11:45	05/08/2022	08:00	05/08 - 16/08	—	—
LAB-JLI-2208906.1A-12/21	A-12 (AA7: Adsorben Aktivasi (AA) Waktu Kontak 30 Menit)	Air	06/08/2022	11:45	05/08/2022	08:00	05/08 - 16/08	—	—
LAB-JLI-2208906.1A-13/21	A-13 (AM1: Adsorben Murni (AM) Waktu Kontak 30 Menit)	Air	06/08/2022	11:45	05/08/2022	08:00	05/08 - 16/08	—	—
LAB-JLI-2208906.1A-14/21	A-14 (AM2: Adsorben Murni (AM) Dosis 8 gr)	Air	06/08/2022	11:45	05/08/2022	08:00	05/08 - 16/08	—	—
LAB-JLI-2208906.1A-15/21	A-15 (AM3: Adsorben Murni (AM) Dosis 1 gr)	Air	06/08/2022	11:45	05/08/2022	08:00	05/08 - 16/08	—	—
LAB-JLI-2208906.1A-16/21	A-16 (AM4: Adsorben Murni (AM) Dosis 0,5 gr)	Air	06/08/2022	11:45	05/08/2022	08:00	05/08 - 16/08	—	—
LAB-JLI-2208906.1A-17/21	A-17 (AM5: Adsorben Murni (AM) Waktu Kontak 45 Menit)	Air	06/08/2022	11:45	05/08/2022	08:00	05/08 - 16/08	—	—
LAB-JLI-2208906.1A-18/21	A-18 (AM6: Adsorben Murni (AM) Waktu Kontak 75 Menit)	Air	06/08/2022	11:45	05/08/2022	08:00	05/08 - 16/08	—	—
LAB-JLI-2208906.1A-19/21	A-19 (AM7: Adsorben Murni (AM) Waktu Kontak 60 Menit)	Air	06/08/2022	11:45	05/08/2022	08:00	05/08 - 16/08	—	—
LAB-JLI-2208906.1A-20/21	A-20 (AM8: Adsorben Murni (AM) Dosis 4 gr)	Air	06/08/2022	11:45	05/08/2022	08:00	05/08 - 16/08	—	—
LAB-JLI-2208906.1A-21/21	A-21 (AM8: Adsorben Murni (AM) Dosis 2 gr)	Air	06/08/2022	11:45	05/08/2022	08:00	05/08 - 16/08	—	—



LAPORAN HASIL PENGUJIAN

CERTIFICATE OF ANALYSIS

LAB-JLI-2208906.1A

Identifikasi Laboratorium/ Laboratory Identification	Identifikasi Contoh Uji/ Sample Identification	Matriks/ Matrix	Tanggal Pengambilan/ Date of Sampling
LAB-JLI-2208906.1A-1/21	A-1 (Larutan Cd)	Air	06/08/2022
LAB-JLI-2208906.1A-2/21	A-2 (Adsorben Aktivasi (AA) Waktu Kontak 45 Menit)	Air	06/08/2022
LAB-JLI-2208906.1A-3/21	A-3 (Adsorben Aktivasi (AA) Waktu Kontak 60 Menit)	Air	06/08/2022
LAB-JLI-2208906.1A-4/21	A-4 (Adsorben Aktivasi (AA) Waktu Kontak 85 Menit)	Air	06/08/2022
LAB-JLI-2208906.1A-5/21	A-5 (AM: Adsorben Murni Waktu Kontak 90 Menit)	Air	06/08/2022
LAB-JLI-2208906.1A-6/21	A-6 (AA1: Adsorben Aktivasi (AA) Dosis 1 gr)	Air	06/08/2022
LAB-JLI-2208906.1A-7/21	A-7 (AA2: Adsorben Aktivasi (AA) Dosis 2 gr)	Air	06/08/2022
LAB-JLI-2208906.1A-8/21	A-8 (AA3: Adsorben Aktivasi (AA) Dosis 8 gr)	Air	06/08/2022
LAB-JLI-2208906.1A-9/21	A-9 (AA4: Adsorben Aktivasi (AA) Waktu Kontak 90 Menit)	Air	06/08/2022
LAB-JLI-2208906.1A-10/21	A-10 (AA5: Adsorben Aktivasi (AA) Dosis 0,5 gr)	Air	06/08/2022

NO.	PARAMETER	HASIL/RESULT					BML/ EQS *	SATUAN/ UNIT	METODE/ METHOD
		AL-1	AL-2	AL-3	AL-4	AL-5			
1	KIMIA/CHEMICAL								
1	Kadmium/Cadmium, (Cd)	0.2574	0.1035	0.1735	0.1541	0.2738	-	mg/L	SNI 06-6989 38-2005

NO.	PARAMETER	HASIL/RESULT					BML/ EQS *	SATUAN/ UNIT	METODE/ METHOD
		AL-6	AL-7	AL-8	AL-9	AL-10			
1	KIMIA/CHEMICAL								
1	Kadmium/Cadmium, (Cd)	0.1238	0.1267	0.1472	0.1383	0.1273	-	mg/L	SNI 06-6989 38-2005

Keterangan/Note:

- (*) BML -
- EQS is -

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

LAPORAN HASIL PENGUJIAN

CERTIFICATE OF ANALYSIS

LAB-JLI-2208906.1A

Identifikasi Laboratorium/ Laboratory Identification	Identifikasi Contoh Uji/ Sample Identification	Matriks/ Matrix	Tanggal Pengambilan/ Date of Sampling
LAB-JLI-2208906.1A-11/21	A-11 (AAB: Adsorben Aktivasi (AA) Dosis 4 gr)	Air	06/08/2022
LAB-JLI-2208906.1A-12/21	A-12 (AA7: Adsorben Aktivasi (AA) Waktu Kontak 30 Menit)	Air	06/08/2022
LAB-JLI-2208906.1A-13/21	A-13 (AM1: Adsorben Murni (AM) Waktu Kontak 30 Menit)	Air	06/08/2022
LAB-JLI-2208906.1A-14/21	A-14 (AM2: Adsorben Murni (AM) Dosis 8 gr)	Air	06/08/2022
LAB-JLI-2208906.1A-15/21	A-15 (AM3: Adsorben Murni (AM) Dosis 1 gr)	Air	06/08/2022
LAB-JLI-2208906.1A-16/21	A-16 (AM4: Adsorben Murni (AM) Dosis 0.5 gr)	Air	06/08/2022
LAB-JLI-2208906.1A-17/21	A-17 (AM5: Adsorben Murni (AM) Waktu Kontak 45 Menit)	Air	06/08/2022
LAB-JLI-2208906.1A-18/21	A-18 (AM6: Adsorben Murni (AM) Waktu Kontak 75 Menit)	Air	06/08/2022
LAB-JLI-2208906.1A-19/21	A-19 (AM7: Adsorben Murni (AM) Waktu Kontak 60 Menit)	Air	06/08/2022
LAB-JLI-2208906.1A-20/21	A-20 (AM8: Adsorben Murni (AM) Dosis 4 gr)	Air	06/08/2022
LAB-JLI-2208906.1A-21/21	A-21 (AM8: Adsorben Murni (AM) Dosis 2 gr)	Air	06/08/2022

NO.	PARAMETER	HASIL/RESULT					BML/ EQS *	SATUAN/ UNIT	METODE/ METHOD
		AL-11	AL-12	AL-13	AL-14	AL-15			
1	KIMIA/CHEMICAL								
1	Kadmium/Cadmium, (Cd)	0.1349	0.1238	0.1427	0.1186	0.1334	-	mg/L SNI 06-6989.38-2005	

NO.	PARAMETER	HASIL/RESULT					BML/ EQS *	SATUAN/ UNIT	METODE/ METHOD
		AL-16	AL-17	AL-18	AL-19	AL-20			
1	KIMIA/CHEMICAL								
1	Kadmium/Cadmium, (Cd)	0.1350	0.1317	0.1283	0.1444	0.1128	-	mg/L SNI 06-6989.38-2005	

NO.	PARAMETER	HASIL/RESULT					BML/ EQS *	SATUAN/ UNIT	METODE/ METHOD
		AL-21							
1	KIMIA/CHEMICAL								
1	Kadmium/Cadmium, (Cd)	0.1339					-	mg/L SNI 06-6989.38-2005	

Keterangan/Note

(*) BML -
EQS is -

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



Universitas Batanghari Fakultas Teknik

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN

JALAN SLAMET RIYADI BRONI JAMBI INDONESIA TELP. (0741) 668280

Nomor : 41 /TL-UBR/IX/2022
Lampiran : 1 (satu) TA
Perihal : Undangan Sebagai Penguji Tugas Akhir

Jambi, 7 September 2022

Kepada Yth,
Bapak Marhadi, ST, M.Si (Ketua Sidang)
Ibu Hadrah, ST, MT (Sekretaris Sidang)
Ibu Anggrika Riyanti, ST, M.Si (Penguji I)
Bapak Drs.G.M. Saragih, M.Si (Penguji II)
Ibu Monik Kasman, ST, M.Eng.Sc (Penguji III)
Di
Tempat

Dengan hormat,
Sehubungan dengan telah selesainya pembuatan Laporan Tugas akhir Mahasiswa, maka kami mengundang Bapak/Ibu untuk menghadiri Sidang Kompre Tugas akhir yang akan dilaksanakan pada :

Hari/ Tanggal : Kamis/8 September 2022
Jam : 08.30 WIB s/d selesai
Tempat : Ruang Sidang Fakultas Teknik
Nama Mahasiswa : Clara Sarys Purba
NPM : 1500825201026
Ujian : Online
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul Tugas Akhir : "Kinetika Adsorpsi Kadmium Dengan Limbah Nanas"

Demikian, atas kesediaan Bapak/ Ibu untuk menguji dan datang tepat pada waktunya diucapkan terima kasih.

Ketua Program Studi Teknik Lingkungan


Marhadi, ST, M. Si

Tembusan Disampaikan Kepada :

1. Yth Dekan Fakultas Teknik
2. Yth, Bapak Wakil Dekan I
3. Bendahara
4. Arsip

Catatan : Untuk Penguji pria, Pakaian memakai kemeja lengan panjang dan dasi kecuali Hari Kamis memakai baju batik



YAYASAN PENDIDIKAN JAMBI
Universitas Batanghari
FAKULTAS TEKNIK

Jalan Letkol Slamet Riyadi Broni - Jambi 36122 Telp./F ax. (0741) 668280 Website www.unbari.ac.id

SURAT KEPUTUSAN
DEKAN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BATANGHARI JAMBI
NOMOR : 273 TAHUN 2020
T E N T A N G
PENUNJUKKAN DOSEN PEMBIMBING TUGAS AKHIR
MAHASISWA PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN PROGRAM STRATA SATU (S-1)
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BATANGHARI

DEKAN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BATANGHARI :

- MEMBACA : Usulan Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Tentang Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
- MENIMBANG : a. Bahwa untuk melengkapi syarat-syarat yang diperlukan guna menyelesaikan studi Strata Satu (S-1) Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Unbari perlu diselenggarakan Tugas Akhir Mahasiswa.
b. Bahwa mahasiswa yang namanya tercantum pada lampiran keputusan ini telah memenuhi syarat dan berhak untuk melaksanakan Tugas Akhir.
c. Bahwa Staf Pengajar yang namanya tercantum pada lampiran keputusan ini dianggap mampu dan memenuhi syarat untuk ditunjuk sebagai Dosen Pembimbing Tugas Akhir Mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Batanghari.
d. Bahwa untuk pelaksanaan Tugas Akhir Mahasiswa dimaksud perlu dibuat Keputusan Dekan
- MENINGATAT : 1. Undang Undang Nomor 12 Tahun 2012 Tentang Pendidikan Nasional.
2. Undang Undang Nomor : 14 Tahun 2005 Tentang Guru dan Dosen.
3. Peraturan Pemerintah Nomor : 04 Tahun 2014 Tentang Pendidikan Tinggi
4. Peraturan Akademik Universitas Batanghari Tahun 2018
5. Surat Keputusan Rektor Nomor : 45 Tahun 2018 tentang Pemberhentian dan Pengangkatan Pejabat wakil Rektor, Dekan, Kepala Biro, Pustaka, Lembaga dan Badan di lingkungan Universitas Batanghari.
- MEMUTUSKAN
- MENETAPKAN :
Pertama : Mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan Program Strata Satu (S-1) yang nama dan NPM nya tercantum pada kolom (2) untuk melaksanakan Tugas Akhir dengan Judul seperti pada kolom (3) Lampiran Keputusan ini dan berhak untuk mendapat bimbingan Tugas Akhir.
Kedua : Menunjuk Staf Pengajar yang namanya tercantum pada kolom (4) menjadi Dosen Pembimbing I dan kolom (5) menjadi Dosen Pembimbing II mahasiswa dalam melaksanakan Tugas Akhir.
Ketiga : Dosen Pembimbing bertugas memberi petunjuk dan arahan kepada mahasiswa dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
Keempat : Dosen pembimbing bertanggung jawab kepada Dekan melalui Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Unbari.
Kelima : Program Studi agar menyelenggarakan seminar proposal Tugas Akhir bersangkutan agar judul, tujuan, ruang lingkup, dan metode penelitian Tugas Akhir mahasiswa benar dari kaidah-kaidah ilmiah.
Keenam : Masa berlaku Surat Keputusan ini adalah 6 (enam) bulan dan setelahnya dapat diperpanjang maksimal dua (2) kali atau diganti dengan pembimbing lain.
Ketujuh : Keputusan ini berlaku sejak tanggal ditetapkan dan apabila dikemudian hari terdapat kekeliruan akan diadakan perbaikan sebagaimana mestinya.



DITETAPKAN DI : JAMBI
PADA TANGGAL : 20 NOPEMBER 2020

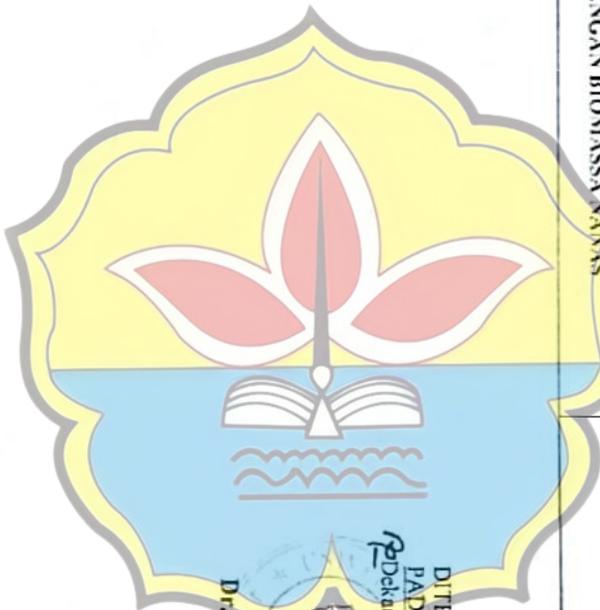
Dr. Ir. H. Fakhru Rofi Yamali, ME

Tembusan Disampaikan kepada :-

- 1 Yth Rektor Universitas Batanghari
- 2 Yth Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Unbari
- 3 Yth. Dosen Pembimbing yang bersangkutan
- 4 Mahasiswa yang bersangkutan
- 5 Arsip

LAMPIRAN : SK DEKAN NOMOR : 273 TAHUN 2020 TENTANG PENUNJUKAN DOSEN PEMBIMBING TUGAS AKHIR MAHASISWA PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN PROGRAM STRATA SATU (S-1) FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS BATANGHARI.

NO	NAMA NPM	JUDUL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING I	DOSEN PEMBIMBING II
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	CLARA SARYS PURBA 1500825201026	"KINETIKA ADSORPRI KADMIUM (Cd) DARI LIMBAH ARTIFISIAL DENGAN BIOMASSA NANAS"	MONIK KASMAN, ST, M. Eng, Sc	HADRAH, ST, MT



DITETAPKAN DI : JAMBI
PADA TANGGAL : 20 NOPEMBER 2020
Dr. Ir. H. Fakhruddin Rofiqi Yamali, ME



FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
UNIVERSITAS BATANGHARI

HALAMAN ASISTENSI

NAMA : CLARA SARYS PURBA
N P M : 1500825201026
DOSEN PEMBIMBING I : MONIK KASMAN, ST, M. Eng, Sc
DOSEN PEMBIMBING II : HADRAH, ST, MT

NO	TANGGAL	URAIAN/PEMBAHASAN	PARAF
	18/06/2021	Revisi bab I, II, III ke p II	
	05/07/2021	ACC Skripsi Proposal Sabtu 10/07/2021	

Jambi, Maret 2021

DOSEN PEMBIMBING I

DOSEN PEMBIMBING II

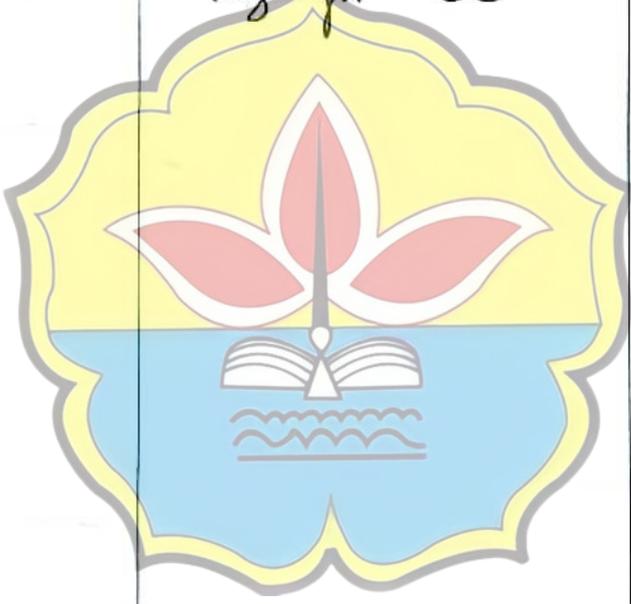
MONIK KASMAN, ST, M. Eng, Sc

HADRAH, ST, MT

HALAMAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

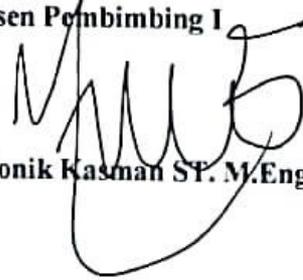
Nama : Clara Sarys Purba
NPM : 1500825201026
Judul Tugas Akhir : KINETIKA ADSORPSI KADMIUM DENGAN
LIMBAH NANAS

No.	Tanggal	Kegiatan/Pembahasan	Paraf
	05-05-22	Acc sedang TA kegiatan U.	



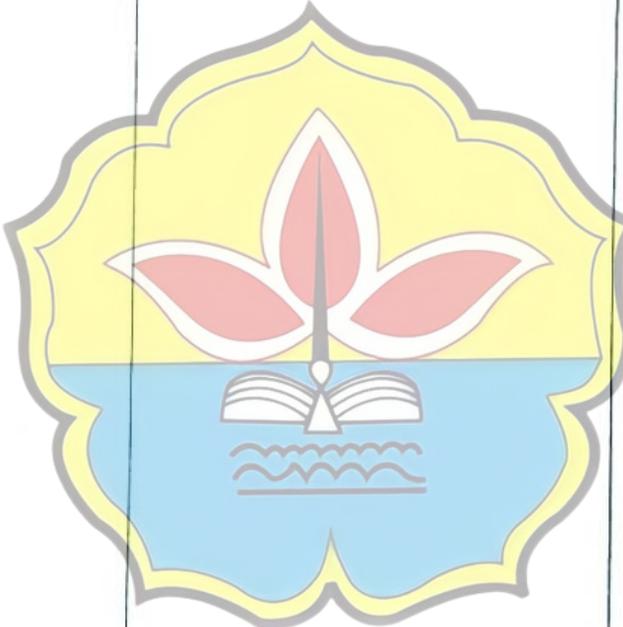
Jambi, 05. 05 2022

Dosen Pembimbing I


(Monik Kasman ST. M.Eng, Sc)

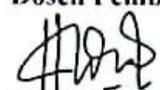
HALAMAN ASISTENSI PROPOSAL TUGAS AKHIR

Nama : Clara Sarys Purba
NPM : 1500825201026
Judul Tugas Akhir : KINETIKA ADSORPSI KADMIUM DENGAN
LIMBAH NANAS

No.	Tanggal	Kegiatan/Pembahasan	Paraf
1.	2 Sept 2022	Acc sedang T.A 	

Jambi, 2 September 2022

Dosen Pembimbing II


(Hadrah, ST, MT)