

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI HIDROGEL DARI  
MIKROSELULOSA LIMBAH DAUN NANAS (*Ananas comosus*)  
DENGAN KITOSAN-GLUTARALDEHID SEBAGAI ADSORBEN  
LOGAM BERAT Pb DAN Zn**

**(Skripsi)**

**Oleh**

**RAMAH NIA FALIHA**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2023**

## ABSTRACT

### SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF HYDROGEL FROM MICROCELLULOSE OF PINEAPPLE LEAF WASTE (*Ananas comosus*) WITH CHITOSAN-GLUTARALDEHID AS ADSORBENT HEAVY METALS Pb AND Zn

By

**RAMAH NIA FALIHA**

Pineapple leaves are one of the species of the bromeliaceae family which has the Latin name *Ananas comosus* which is used as fiber in the textile industry. Pineapple fiber contains about 62.9% - 65.7% cellulose. Cellulose as an alternative in the production of hydrogels with chitosan polymer modification for heavy metal absorption because of its water insoluble but environmentally friendly. The purpose of this study was to determine the morphology of pineapple leaf waste microcellulose hydrogels, determine the best volume of glutaraldehyde, and its ability to absorb  $Pb^{2+}$  and  $Zn^{2+}$  ions. The research stages include sample preparation, cellulose isolation, hydrogel synthesis, testing the degree of crosslinking, swelling ratio, FTIR analysis for functional group analysis, SEM analysis to see the morphology of hydrogels, application of hydrogels in adsorbing  $Pb^{2+}$  and  $Zn^{2+}$  ions, as well as testing the sorption value using SSA and determining the adsorption isotherm pattern for  $Pb^{2+}$  and  $Zn^{2+}$  ions. The results showed that the hydrogel with the best variation in water absorption is in the variation of glutaraldehyde 1 mL with, percentage swelling ratio of 1730%, and the value of the degree of crosslinking of 16.08%. The identified functional groups are C=O at 1714 peak of glutaraldehyde and  $NH_3$  groups at 1670 peak. The morphological shape of the hydrogel is closed after adsorption by  $H_2O$ . Hydrogels interacted with  $Pb^{2+}$  ions showed an adsorption value of 9.13 mg/g while on  $Zn^{2+}$  metal of 10.65 mg/g. Isotherm pattern that applies to  $Pb^{2+}$  metal adsorbate is Langmuir isotherm, while on  $Zn^{2+}$  metal Freundlich isotherm applies.

**Keywords:** *Ananas comosus*, Microcellulose, Hydrogel, Chitosan, Glutaraldehyde, Langmuir, Freundlich,

## ABSTRAK

### SINTESIS DAN KARAKTERISASI HIDROGEL DARI MIKROSELULOSA LIMBAH DAUN NANAS (*Ananas comosus*) DENGAN KITOSAN-GLUTARALDEHID SEBAGAI ADSORBEN LOGAM BERAT Pb DAN Zn

Oleh

**RAMAH NIA FALIHA**

Daun nanas merupakan salah satu spesies dari famili *bromeliaceae* yang memiliki nama latin *Ananas comosus* yang dimanfaatkan sebagai serat dalam industri tekstil. Dalam serat nanas terkandung selulosa sekitar 62,9% - 65,7%. Selulosa sebagai alternatif dalam produksi hidrogel dengan modifikasi polimer kitosan untuk peyerapan logam berat karena sifatnya yang tidak larut air namun ramah lingkungan. Tujuan penelitian ini yaitu mengetahui morfologi hidrogel mikroselulosa limbah daun nanas, mengetahui volume glutaraldehid terbaik, dan kemampuannya dalam penyerapan pada ion  $Pb^{2+}$  dan  $Zn^{2+}$ . Tahapan penelitian meliputi persiapan sampel, isolasi selulosa, sintesis hidrogel, pengujian derajat ikat silang, rasio swelling, analisis FTIR untuk analisa gugus fungsi, Analisis SEM untuk melihat morfologi hidrogel, pengaplikasian hidrogel dalam penyerap ion  $Pb^{2+}$  dan  $Zn^{2+}$ , serta uji nilai serapan menggunakan SSA dan penentuan pola isoterm adsorpsi untuk ion  $Pb^{2+}$  dan ion  $Zn^{2+}$ . Hasil penelitian menunjukkan bahwa hidrogel dengan variasi terbaik dalam penyerapan air yaitu pada variasi glutaraldehid 1 mL dengan, persentase rasio swelling sebesar 1730%. dan nilai derajat ikat silang sebesar 16,08%. Gugus fungsi yang teridentifikasi yaitu C=O pada puncak 1714 dari glutaraldehid dan gugus  $NH_3$  pada puncak 1670. Bentuk morfologi hidrogel yang tertutup setelah terjadi adsorpsi oleh  $H_2O$ . Hidrogel yang diinteraksikan dengan ion  $Pb^{2+}$  menunjukkan nilai adsorpsi sebesar 9,13 mg/g sedangkan pada logam  $Zn^{2+}$  sebesar 10,65 mg/g. Pola Isoterm yang berlaku pada adsorbat logam  $Pb^{2+}$  yaitu isoterm Langmuir, Sedangkan pada logam  $Zn^{2+}$  berlaku isoterm Freundlich.

**Kata kunci:** *Ananas comosus*, Mikroselulosa, Hidrogel, Kitosan, Glutaraldehid, Langmuir, Freundlich,

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI HIDROGEL DARI  
MIKROSELULOSA LIMBAH DAUN NANAS (*Ananas comosus*)  
DENGAN KITOSAN-GLUTARALDEHID SEBAGAI ADSORBEN  
LOGAM BERAT Pb DAN Zn**

Oleh

*Ramah Nia Faliha*

**Skripsi**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar  
SARJANA SAINS**

**Pada**

**Jurusan Kimia  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Lampung**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2023**

Judul Skripsi : **SINTESIS DAN KARAKTERISASI HIDROGEL  
DARI MIKROSELULOSA LIMBAH DAUN NANAS  
(Ananas comosus) DENGAN KITOSAN-  
GLUTARALDEHID SEBAGAI ADSORBEN  
LOGAM BERAT Pb DAN Zn**

Nama Mahasiswa : **Ramah Nia Faliha**

NPM : **1817011097**

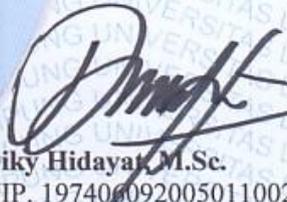
Jurusan : **Kimia**

Fakultas : **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**

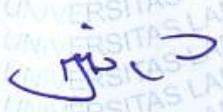


1. **Komisi Pembimbing**

  
**Dr. Eng. Suripto Dwi Yuwono, S.Si., M.T.**  
NIP. 197407052000031001

  
**Diky Hidayat, M.Sc.**  
NIP. 197406092005011002

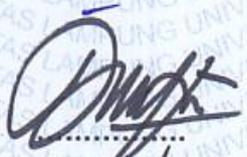
2. **Ketua Jurusan Kimia FMIPA**

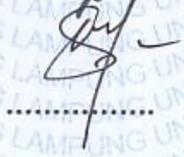
  
**Mulyono, Ph.D.**  
NIP. 197406112000031002

**MENGESAHKAN**

1. Tim Penguji

Ketua : **Dr. Eng. Suripto Dwi Yuwono, S.Si., M.T.** 

Sekretaris : **Diky Hidayat, M.Sc.** 

Anggota : **Prof. Dr. Buhani, M.Si** 

2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



**Dr. Eng. Heri Satria, M.Si.**  
NIP. 197110012005011002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **19 Juni 2023**

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : Ramah Nia Faliha

NPM : 1817011097

Jurusan : Kimia

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul "**Sintesis Dan Karakterisasi Hidrogel Dari Mikroselulosa Limbah Daun Nanas (Ananas Comosus) Dengan Kitosan-Glutaraldehid Sebagai Adsorben Logam Berat Pb Dan Zn**" adalah benar karya dan hasil penelitian saya sendiri, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila ada pernyataan yang tidak benar, maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 21 Juni 2023



Ramah Nia Faliha  
NPM. 1817011097

## RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama Ramah Nia Faliha, lahir di Rejomulyo pada tanggal 19 Februari 1999, sebagai putri kedua dari 3 bersaudara dari pasangan Bapak Rafiq dan Ibu Siti Marhamah. Penulis mengawali pendidikannya di SD Negeri 3 Metro Selatan yang diselesaikan pada tahun 2011. SMP Negeri 2 Metro yang diselesaikan pada tahun 2014. SMA Negeri 4 Metro dan diselesaikan pada tahun 2017. Pada tahun 2018, penulis diterima di Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Saat menempuh pendidikan di SMP, penulis Aktif dalam Ekstrakurikuler English Club dan Pramuka SMP Negeri 2 Metro. Pada tingkat SMA, penulis aktif dalam Ekstrakurikuler Palang Merah Remaja (PMR). Pada tahun 2017, penulis bekerja sebagai karyawan di Apotek Dea Medika, Metro Timur hingga tahun 2018. Pada tingkat perkuliahan, penulis juga aktif mengikuti UKM yang ada di Universitas Lampung, seperti Anggota Kader muda Himaki pada tahun 2018, Anggota Biro Kesekretariatan HIMAKI FMIPA Unila Periode 2019 dan 2020. Pada tahun 2021 penulis melakukan kegiatan Kuliah Kerja Nyata (KKN) selama 40 hari di Desa Margorejo, Metro Selatan. Selama menjalani perkuliahan, penulis pernah menjadi Asisten Praktikum Kimia Organik Biologi pada tahun 2021, Asisten Praktikum Kimia Organik I Pada tahun 2022 dan Asisten Praktikum Kimia Organik III pada tahun 2022 di Jurusan Kimia FMIPA Unila.

## **MOTTO**

*“Apapun yang menjadi takdirmu, akan mencari jalannya menemukanmu.”*

**(Ali bin Abi Thalib)**

*“Dan bersabarlah. Sesungguhnya Allah beserta orang-orang yang sabar”*

**(Q.S. Al-Anfaal : 46 )**

*“Kamu tidak harus menjadi hebat untuk memulai, tetapi kamu harus mulai untuk menjadi hebat.”*

**( Zig Ziglar)**

*“Lanjutkan terus apa yang telah kamu mulai. Abaikan komentar jahat yang tidak membangun. Tunjukkan kualitas dirimu dengan kesuksesan”*

**(Ramah Nia Faliha)**

## **PERSEMBAHAN**

*Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala kelimpahan nikmat, rahmat, dan hidayah-Nya*

*Kuucapkan Terima Kasih Kepada*

*Bapak Dr.Eng.Suripto Dwi Yuwono, S.Si.,M.T.*

*Yang telah membimbing saya hingga saya bisa menyelesaikan karya tulis ini*

*Kupersembahkan Karya sederhana ini teruntuk:*

### ***Kedua Orangtua***

*Bapak "Hi. Rafiq, BA" dan Ibu "Siti Marhamah" tercinta yang selalu memberikan dukungan, kasih sayang tulus, perhatian serta doa terbaik yang tak pernah putus mengiringi setiap langkah perjalanan panjang ini, meskipun Bapak tidak bisa mengantarkan hingga akhir perjalanan namun kasih sayangmu tidak akan terlupakan.*

### ***Saudara Tercinta***

*Mbak "Reza Satiti Nur Faliha" dan adik "Raisati Hikmah Faliha" yang selalu memberikan dukungan serta canda tawa yang mampu meredakan lelah, semoga kita terus semangat untuk membahagiakan Ibu dan membanggakan Almarhum Bapak,*

### ***Seluruh dosen jurusan kimia***

*Atas segala ilmu serta dukungan selama perkuliahan dan penelitian di Jurusan Kimia.*

*Keluarga Besar, Sahabat, dan Saudara yang selalu memberikan dukungan dan kerjasama sehingga menjadikan hari-hari lebih ringan.*

***Almamater Tercinta, Universitas Lampung***

## SANWACANA

Alhamdulillahirobbil Alamin, segala puji bagi Allah Subhanahu wa ta'ala yang telah melimpahkan segala nikmat dan karunia-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi dengan judul “Sintesis Dan Karakterisasi Hidrogel Dari Mikroselulosa Limbah Daun Nanas (*Ananas comosus*) Dengan Kitosan-Glutaraldehyd Sebagai Adsorben Logam Berat Pb Dan Zn” Sholawat serta salam tercurahkan Kepada Nabi Muhammad Sholallohu Alaihi wa sallam sebagai suri tauladan bagi kita di akhir zaman.

Penyusunan skripsi ini sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung. Penulis berharap skripsi ini dapat memberi manfaat bagi para mahasiswa maupun bagi pembaca

Penulis menyadari dalam menyelesaikan laporan akhir ini banyak pihak yang turut serta membantu penulis, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Prioritas utama Bapak Hi.Rafiq,B.A dan Ibu Siti Marhamah yang selalu memberikan dukungan, perhatian, serta doa yang tanpa hentinya. Ucapan terima kasih yang tulus atas pengorbanan dan kasih sayang yang tak ternilai harganya kepada penulis meskipun bapak tidak membersamai hingga akhir perjalanan ini, namun kasih sayang dan pengorbananmu tak akan terlupakan.
2. Bapak Dr.Eng.Suripto Dwi Yuwono, S.Si,.M.T., selaku pembimbing 1 atas segala motivasi, dukungan, waktu, bimbingan, serta kesabaran selama membersamai penulis dalam menyelesaikan skripsi.

3. Bapak Diky Hidayat, M.Sc., selaku pembimbing 2 atas dukungan, waktu, motivasi bimbingan, kritik dan saran selama kebersamaan penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan
4. Ibu Prof.Dr. Buhani, M.Si., selaku penguji atas waktu, ilmu, dukungan, kritik dan saran kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi dengan baik.
5. Bapak Syaiful Bahri, S.Si., M.Si., selaku pembimbing akademik atas bimbingan, ilmu, motivasi serta dukungan yang diberikan kepada penulis dari awal perkuliahan hingga penulis menyelesaikan pendidikan S1 di Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung dengan baik.
6. Bapak Mulyono, Ph.D selaku ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung
7. Ibu Dr. Mita Rilyanti selaku Sekretaris Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung
8. Bapak Dr.Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
9. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan kimia yang telah memberikan ilmu pengetahuan dan bimbingan bagi penulis selama penulis mengikuti perkuliahan.
10. Mbakku tercinta Reza Satiti Nur Faliha dan Adikku tersayang Raisati Hikmah Faliha serta Kak Zamarudi dan Aa Rafardan Athalla yang sangat membantu, mendukung, menghibur penulis sehingga mampu menyelesaikan skripsi ini.
11. Calon teman hidup Kurnia Rama Yudha yang telah bersedia menjadi tempat cerita, keluh kesah, dukungan dan motivasi yang selalu diberikan kepada penulis.
12. Teman-Teman tersayang Rista Anggi Pramudia, Olivia Novianti, Ofriani Fatrika, dan Risna Milenia yang telah memberi semangat, membantu dalam kesulitan, saling mendukung satu sama lain dan menjadi sahabat selama penulis menuntut ilmu di Jurusan Kimia. Terima kasih atas kebersamaan, canda dan tawa yang telah diberikan kepada penulis.
13. Sahabat tercinta D'SBSVR M.Nur Kalidasa, Shada Mistha, Bella Novella, Sulisma Novita, Vio Ainaya, yang selalu mendukung meskipun dari jauh. Terima kasih atas perhatian, semangat, canda dan tawa yang diberikan

kepada penulis. Semoga kita sukses bersama dengan bidangnya masing-masing.

14. Teman seperbimbingan Andika Wahyu S.S yang telah membantu selama penelitian hingga akhir penyusunan skripsi.
15. Kakak tingkat seperbimbingan Mbak Ramy Zahra, Kak Kadek Suprajaya dan Kak Jeremy yang telah sedia memberikan pengarahan dan bantuan selama penulis menyelesaikan skripsi ini.
16. Teman-teman asisten Kimia Organik, Jihan Nafisa, Andika Wahyu dan Rista Anggi yang telah bersama, saling memberi semangat serta pengalaman selama menjadi asisten praktikum.
17. Teman-teman seperjuangan Kimia 2018 terima kasih atas kebersamaan selama menempuh pendidikan di Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung.
18. Almamater tercinta, Universitas Lampung.
19. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk skripsi ini dari semua pihak. Semoga dapat memberikan manfaat dan wawasan bagi pembaca dan peneliti yang ingin melanjutkan penelitian ini.

Bandar Lampung, Juni 2023

Penulis,

**Ramah Nia Faliha**

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>iii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>vii</b>
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Tujuan Penelitian.....	5
1.3. Manfaat Penelitian.....	5
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>6</b>
2.1. Daun Nanas .....	6
2.2. Selulosa.....	7
2.3. Mikroselulosa .....	8
2.4. Kitosan.....	9
2.5. Metode ikat Silang.....	11
2.6. Glutaraldehyd .....	11
2.7. Hidrogel.....	12
2.7.1 Definisi .....	12
2.7.2. Klasifikasi Hidrogel.....	13
2.7.3. Mekanisme Kerja Hidrogel.....	14
2.8. Adsorpsi.....	16
2.8.1. Faktor yang Mempengaruhi Adsorpsi .....	17
2.8.2. Model Isoterm adsorpsi .....	18
2.9. Logam Berat .....	19
2.9.1. Timbal (Pb).....	20

2.9.2. Seng (Zn) .....	21
2.10. Karakterisasi .....	21
2.10.1. Uji Organoleptik .....	21
2.10.2. Uji Swelling .....	21
2.10.3. Uji Derajat Ikatan Silang .....	22
2.10.4. Analisis <i>Fourier Transform Infra Red</i> (FTIR) .....	22
2.10.5. Analisis <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM).....	24
2.10.6. Analisis Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) .....	24
<b>III. METODE PENELITIAN .....</b>	<b>26</b>
3.1 Waktu Dan Tempat.....	26
3.2 Alat dan Bahan .....	26
3.3 Prosedur Penelitian.....	26
3.3.1 Persiapan Sampel.....	27
3.3.2 Isolasi Selulosa .....	27
3.3.3 Analisis Kadar Lignin dan Selulosa.....	28
3.3.4 Sintesis Hidrogel.....	28
3.3.5 Hidrogel Sebagai Adsorben Ion $Pb^{2+}$ dan Ion $Zn^{2+}$ .....	30
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>32</b>
4.1 Preparasi Sampel Daun Nanas.....	32
4.2 Isolasi Selulosa .....	32
4.3. Sintesis Hidrogel .....	35
4.4 Hasil Uji Organoleptik Hidrogel MCCDN/Kitosan-Glutaraldehyd.....	37
4.5 Hasil Uji <i>Swelling</i> Hidrogel MCCDN/Kitosan-Glutaraldehyd.....	37
4.6 Hasil Uji Fraksi Gel Hidrogel MCCDN/Kitosan-Glutaraldehyd.....	40
4.7 Analisis <i>Fourier Transform Infra Red</i> (FTIR) .....	41
4.8 Analisis <i>Scanning Electroscope Morphology</i> (SEM) .....	44
4.9 Analisis Hidrogel Sebagai Penyerap Ion $Pb^{2+}$ dan ion $Zn^{2+}$ .....	45
4.9.1 Pembuatan Kurva Standar Ion $Pb^{2+}$ dan Ion $Zn^{2+}$ .....	46
4.9.2 Penentuan pH Optimum Terhadap Efisiensi Penyerapan Ion $Pb^{2+}$ dan $Zn^{2+}$ .....	47

4.9.3 Penentuan Konsentrasi dan jumlah ion teradsorpsi Ion $Pb^{2+}$ dan Ion $Zn^{2+}$ .....	50
4.9.4 Penentuan Pola Interaksi dan Kapasitas Adsorpsi Terhadap Ion $Pb^{2+}$ dan $Zn^{2+}$ .....	52
<b>V. SIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>56</b>
5.1. Kesimpulan.....	56
5.2. Saran.....	57
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>58</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>64</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Karakteristik pita serapan spektrum FT-IR.....	233
2. Hasil Uji Swelling Hidrogel MCCDN/Kitosan-Glutaraldehyd.....	38
3. Hasil Uji Fraksi Gel Hidrogel MCCDN/Kitosan-Glutaraldehyd.....	40
4. Data Puncak Spektrum FTIR dari MCCDN dan Selulosa Standar.....	42
5. Data Puncak Spektrum FTIR dari Hidrogel dan MCCDN .....	43
6. Data Jumlah ion Terserap dan Konsentrasi Keseimbangan Ion $Pb^{2+}$ dan Ion $Zn^{2+}$ .....	51
7. Parameter adsorpsi ion $Pb^{2+}$ dan $Zn^{2+}$ .....	54
8. Nilai Konstanta Freundlich .....	55

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Struktur Selulosa .....	7
2. Depolimerisasi selulosa .....	9
3. Struktur Kitosan .....	10
4. Struktur Glutaraldehyd.....	12
5. Mekanisme interaksi gugus hidrofobik .....	14
6. Morfologi Hidrogel .....	24
7. (a) Perendaman Daun Nanas, (b) Hasil Water Retting, (c) Serat Daun Nanas dan (d) Serat Nanas Halus .....	32
8. Hasil Delignifikasi (a) Perendaman dengan NaOH, (b). Pencucian hingga pH netral, dan (c) hasil delignifikasi setelah pengeringan. ....	33
9. Hasil Pemutihan (a) Perendaman menggunakan H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> dan (b) Setelah proses pengeringan .....	34
10.Reaksi Hidrolisis Selulosa menggunakan asam sulfat encer .....	34
11.Selulosa hasil isolasi (MCCDN) .....	35
12.Reaksi Ikat Silang .....	36
13.Perbandingan hidrogel dengan variasi volume glutaraldehyd .....	37
14.Kurva Hasil Rasio Swelling Hidrogel MCCDN/Kitosan-Glutaraldehyd .....	39
15.Kurva Hasil Uji Fraksi Gel Hidrogel MCCDN/Kitosan-Glutaraldehyd.....	40
16.Hasil Analisis FTIR (a) MCCDN dan (b) Selulosa Standar. ....	41
17.Hasil spektrum FT-IR (a) hidrogel (b) MCCDN. ....	43
18.Struktur Morfologi Hidrogel perbesaran 1500x (a) sebelum direndam, dan (b) sesudah direndam.,.....	45
19. Kurva Standar Logam Pb <sup>2+</sup> .....	46
20. Kurva Standar Ion Zn <sup>2+</sup> .....	47

21. Struktur Morfologi Hidrogel perbesaran 1500x (a) sebelum direndam, dan (b) sesudah direndam.....	48
22. Kurva Pengaruh pH terhadap Efisiensi Penyerapan Logam Zn <sup>2+</sup> berdasarkan variasi konsentrasi.....	49
23. Kurva konsentrasi awal terhadap kapasitas penyerapan. a). Ion Pb <sup>2+</sup> dan b) Ion Zn <sup>2+</sup> .....	51
24. Plot Model Linear isoterm Langmuir. a) Logam Pb. dan b) Logam Zn. ....	53
25. Plot Model Linear isoterm Freundlich a). Logam Pb. dan b) Logam Zn. ....	54

## I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Salah satu tanaman yang memiliki serat melimpah selain tumbuhan berkayu yaitu nanas. Indonesia merupakan salah satu negara yang masuk kedalam *Top 10 Countries pineapple Producers* dengan produksi nanas 1,8 juta ton (FAO,2019). Lampung memberikan kontribusi terbesar terhadap produksi nanas Indonesia, yaitu sebesar 32,77% (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2021). Banyaknya jumlah produksi tersebut, menghasilkan limbah daun yang tidak sedikit. Setelah proses panen buah nanas, sisa daun-daun yang ditinggalkan begitu saja tentunya akan menumpuk dan menjadi permasalahan lingkungan jika tanpa adanya pengolahan ulang. Tahap pengolahan yang tidak mudah menjadikannya perlu alat khusus dalam mendaur ulang limbah serat daun nanas dan juga membutuhkan waktu serta biaya. Padahal Serat daun nanas memiliki kandungan selulosa sekitar 62,9% - 65,7% (Pratikno, 2008) nilai yang cukup tinggi untuk bisa dimanfaatkan. Hingga saat ini pemanfaatan selulosa hanya sebatas produksi pulp, kertas dan bioetanol. Selain selulosa, dalam serat daun nanas juga mengandung lignin dan hemiselulosa.

Selulosa merupakan polisakarida tersusun atas molekul glukosa dengan jumlah yang besar dan membentuk rantai linear. Monomer-monomer dalam polisakarida tersebut dihubungkan dengan ikatan  $\beta$ -1,4 glikosidik dimana terbentuk ikatan kovalen antara atom oksigen dengan atom C<sub>1</sub> pada cincin pertama dan C<sub>4</sub> pada cincin kedua. Hal ini terus berlangsung hingga membentuk polimer alam selulosa. Dalam tumbuhan, umumnya selulosa berbentuk serat. Serat selulosa tersusun dari jutaan serat mikrofibril. Serat mikrofibril ini terbagi menjadi dua bagian yaitu

amorf dan kristalin. Bagian amorf terbentuk dari rantai selulosa yang dapat larut dalam asam, Sedangkan bagian kristalin tersusun dari rantai polimer selulosa yang berikatan linear sehingga kuat dan tidak dapat larut dalam asam. Bagian kristalin ini diisolasi sehingga menghasilkan mikroselulosa yang berkualitas tinggi.

Mikroselulosa merupakan turunan selulosa yang diperoleh dengan cara memberi perlakuan pada alfa selulosa yang dikandung oleh tumbuhan berserat. Ukuran partikel ini sekitar 1-100nm. Kecilnya ukuran yang dimiliki mikroselulosa menyebabkan ukuran partikel yang lebih luas dan lebih murni daripada selulosa pada umumnya. Hal ini menguntungkan peneliti dalam melakukan modifikasi untuk menghasilkan berbagai produk. Seperti sebagai zat pengisi, adsorben, kosmetik, industri, dan produk lainnya. Salah satu inovasi yang telah dilakukan yaitu dengan memanfaatkan mikroselulosa yang bertindak sebagai pengisi atau polimer alam dalam hidrogel. Hidrogel merupakan polimer yang mampu menyerap dan melepas air tergantung stimulan eksternal yang diterima seperti pH, suhu, dan kelembaban media aplikasinya (Zamani *et al.*, 2010). Dalam sintesis hidrogel membutuhkan ukuran partikel yang kecil sehingga memudahkan untuk terserapnya air maupun senyawa lain pada permukaan hidrogel seperti mikroselulosa. Adanya gugus hidroksil (-OH) pada mikroselulosa sangat memungkinkan untuk berikatan dengan air sehingga dapat terjadi pembengkakan pada hidrogel (Rudyardjo, 2014). Kapasitas air yang dapat diserap sekitar 100 kali lipat dari berat keringnya (Chang dan Zhang, 2011). Hidrogel dapat disintesis menggunakan material tiruan dengan ikat silang kimiawi, akan tetapi karena isu biokompatibilitas terhadap lingkungan, penggunaan polimer sintetik mulai diminimalisasikan (Sannino *et al.*, 2009).

Beberapa penelitian telah membahas mengenai polimer alam yang dikombinasikan dengan kitosan. Kitosan, poli(-1,4)-2-amino-2-deoksi-D-glukopiranos, terbuat dari kitin sebagai biopolimer alami yang diekstraksi dari *krustasea* cangkang dengan mendeasetilasi sebagian gugus asetamida nya. Umumnya lebih dari 60% dengan larutan basa kuat. Gugus fungsi hidroksil (-OH) dan amina (-NH<sub>2</sub>) yang dimiliki kitosan mampu berinteraksi dengan air dan membentuk ikatan hidrogen serta memungkinkan ion logam dapat mudah terikat

baik secara fisik maupun kimia. Kitosan akan mempertukarkan proton yang dimiliki logam pencemar dengan elektron yang dimiliki oleh nitrogen (N). Sifat unik yang dimiliki kitosan seperti biodegradabilitas, biokompatibilitas dan bioaktivitas menjadikannya memiliki berbagai aplikasi potensial dalam produk biomedis, kosmetik dan pengolahan makanan, agen pengkelat logam, dan sejenisnya. Rahayu dan Khabibi (2016) melakukan pengujian Adsorpsi Ion Logam Nikel(II) oleh Kitosan yang dimodifikasi Tripolifosfat dimana kitosan mampu mengadsorpsi logam dengan nilai derajat deasetilasi 72,24%. Erizal dkk (2011) mengungkapkan kitosan mampu menambah jumlah pori-pori hidrogel dengan meningkatnya konsentrasi kitosan.

Akan tetapi, kitosan memiliki sifat mudah larut dalam asam asetat, dan juga larut sebagian dalam asam encer, seperti  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{HClO}_4$ , dan lain-lain, sehingga penggunaan kitosan secara langsung sebagai adsorben akan menjadi kurang efektif (Pasaribu.2004). Proses adsorpsi kitosan akan terganggu dengan suasana asam dalam larutan. Dalam suasana asam akan melarutkan kitosan, sehingga akan membatasi sifat kitosan sebagai adsorben. Hal ini disebabkan dalam suasana asam akan menyebabkan berkurangnya gugus amina yang merupakan gugus aktif yang mampu berikatan dengan ion-ion logam. Untuk itu maka perlu dilakukan crosslinking (sambung silang) .

Modifikasi pengikat silang dalam pembuatan hidrogel umumnya menggunakan glutaraldehyd. Glutaraldehyd mengandung gugus aldehyd sebagai zat antimikroba yang larut dalam larutan basa. Menurut Kildeeva, et.al (2008) Hidrogel dengan pengikat silang glutaraldehyd memiliki sifat tidak larut dalam air tetapi memiliki daya kapasitas tahan air yang tinggi, sehingga sifat tersebut yang sangat dibutuhkan dalam hidrogel. Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Mansur, et.al (2008) menjelaskan bahwa glutaraldehyd efektif sebagai pengikat silang agen untuk pembuatan hidrogel PVA dengan nilai derajat ikat silang sebesar 180%.

Keberadaan ion logam berat di lingkungan telah mendapat perhatian luas karena peningkatan debit, toksisitas di lingkungan, alergi, mutagen, teratogen a

karsinogen, tergantung dari bagian tubuh mana yang terikat dengan logam berat (Said, 2018) dan efek samping lainnya. Sumber potensial ion logam berat dari air limbah industri antara lain pupuk, fabrikasi logam, cat, pigmen, baterai, dan sejenisnya. Hal ini akan membahayakan kesehatan masyarakat dan lingkungan jika dibuang secara tidak benar. Beberapa logam yang termasuk dalam logam berat yaitu Pb dan Zn. Ketika Pb maupun Zn tertelan dalam konsentrasi tinggi dapat menjadi racun bagi manusia. Logam berat mudah mengendap dalam sedimen seperti area sungai, danau, muara hingga perairan laut yang disebabkan karena mudahnya berikatan dengan material organik dan anorganik (Burton, 2002). Sedimen tersebut dapat terlepas ke air yang menjadi sumber pencemaran (Yang *et al.*, 2012). Banyak metode seperti pertukaran ion, pengendapan, proses membran, dan sejenis adsorpsi yang telah digunakan untuk menghilangkan ion logam beracun.

Salah satu metode yang sering digunakan yakni adsorpsi. Adsorpsi merupakan proses di mana molekul menumpuk terserap di lapisan antarmuka adsorben (Dąbrowski, 2001). Proses adsorpsi dapat berlangsung jika padatan atau molekul gas atau cair dikontakkan dengan molekul-molekul adsorbat, sehingga didalamnya terjadi gaya hidrostatis dan gaya ikatan hidrogen yang bekerja diantara molekul seluruh material. Gaya-gaya yang tidak seimbang menyebabkan perubahan-perubahan konsentrasi molekul pada *interface* fluida. Molekul akan meninggalkan larutan dan menempel pada permukaan zat adsorben akibat reaksi kimia dan fisika. Molekul fluida yang diserap dan terakumulasi/melekat disebut adsorbat (Ginting, 2008). Adsorben yang sudah banyak digunakan yakni arang aktif, bentonit, kitosan dan zeolit. Baru-baru ini, polimer hidrogel mulai dikembangkan dalam proses Adsorpsi logam berat. Suliwarno (2018) memanfaatkan serbuk serat selulosa dari kayu sengon pada sintesis hidrogel yang digunakan sebagai penyerap logam berat, hasilnya mampu membentuk hidrogel yang ramah lingkungan dengan mampu menunjukkan aktivitas adsorpsi terhadap ion logam, namun penelitiannya hanya pada logam Cu, Ni, dan Fe. Untuk itu pada penelitian ini menggunakan kitosan dimodifikasi glutaraldehid dalam sintesis hidrogel mikroselulosa dari limbah daun nanas dan pengaplikasiannya sebagai adsorben logam berat Pb dan Zn melalui metode ikat silang kimiawi dengan

kitosan sebagai biopolimer dan glutaraldehid sebagai pengikat silang. Kemudian, hidrogel mikroselulosa yang terbentuk dianalisis menggunakan *Fourier Transform Infra Red* (FTIR), *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).

## **1.2. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui karakteristik morfologi hidrogel dari mikroselulosa limbah daun nanas yang dihasilkan.
2. Mengetahui konsentrasi volume glutaraldehid terbaik dalam sintesis hidrogel mikroselulosa limbah daun nanas.
3. Mengetahui kemampuan penyerapan hidrogel mikroselulosa dari limbah daun nanas pada ion  $Pb^{2+}$  dan ion  $Zn^{2+}$

## **1.3. Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini adalah diharapkan mampu mengurangi jumlah limbah perkebunan berupa daun nanas dan memberikan informasi mengenai sintesis hidrogel serta kemampuannya terhadap penyerapan logam berat terutama ion  $Pb^{2+}$  dan  $Zn^{2+}$  agar selanjutnya dikembangkan dan dapat digunakan sebagai solusi permasalahan lingkungan.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Daun Nanas

Nanas (*Ananas comosus*) Merupakan tanaman yang batangnya pendek dengan ciri monokotil dan bersifat merumpun (bertunas anakan)( Sunarjono, 2008). Daun dari nanas memanjang seperti pedang dengan tepi berduri maupun tidak berduri, panjangnya 80-150 cm. Daun nanas (*Ananas comosus*) mengandung komponen penyusun berupa selulosa dan lignin. Selulosa, hemiselulosa, dan lignin saling berikatan membentuk lignoselulosa (Mayangsari *et al.*, 2019).

terdapat 69,5-71,5% selulosa dalam serat daun nanas (Pratikno, 2008)

Menurut Surtiningsih 2008, klasifikasi nanas adalah sebagai berikut:

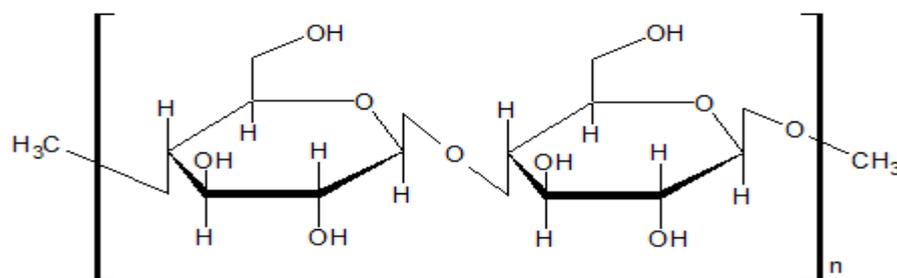
Kingdom : plantae  
Divisi : spermatophyta  
Kelas : angiospermae  
Family : bromeliaceae  
Genus : ananas  
Species : *ananas comosus L. Merr.*

Di Indonesia nanas sudah cukup lama dikembangkan menjadi dua varietas, yaitu nanas *queen* dan nanas *smooth cayenne*. Nanas *queen* berciri daun yang pendek berduri tajam dan buah lonjong mirip kerucut, sedangkan Nanas *smooth cayenne* memiliki daun yang halus halus, tidak berduri, dan buahnya besar serta memiliki rasa yang lebih manis daripada nanas *cayenne*. Nanas *queen* banyak ditanam di daerah Bogor dan Palembang. Salah satu penghasil nanas terbesar di Lampung yaitu PT. Great Giant Pineapple. Perkebunan ini menghasilkan buah nanas *smooth cayenne* dengan hasil sampingan berupa sisa tanaman nanas, yaitu daun sebanyak 90%, tunas batang 9%, dan batang 1% . 90% daun nanas yang dihasilkan,

sebagian mulai dimanfaatkan sebagai kain serat dan sebagian lainnya menjadi limbah (Sibarani et al., 2018).

## 2.2. Selulosa

Selulosa merupakan polimer alam yang paling melimpah, biokompatibel, dan ramah lingkungan karena mudah terdegradasi, tidak beracun, serta dapat diperbarui. (Mulyadi, 2019). Selulosa termasuk polimer hidrofilik dengan tiga gugus hidroksil reaktif pada tiap unit glukosa, tersusun atas ribuan gugus anhidroglukosa yang tersambung melalui ikatan 1,4- $\beta$ -glukosida membentuk molekul berantai yang panjang dan linear (Klemm *et. at*, 1998). Bentuk polimer ini memungkinkan selulosa saling menumpuk atau terikat menjadi bentuk serat yang sangat kuat. Selulosa sebagai komponen terbesar dari lignoselulosa yang membentuk mikrofibril berstruktur kristalin dan amorf. struktur kimia dari selulosa tersusun dari unsur C,O dan H yang membentuk rumus molekul  $(C_6H_{10}O_5)_n$ . Sifat reaktif yang dimiliki selulosa sangat dipengaruhi oleh gugus hidroksilnya (-OH). Gugus -OH dapat berinteraksi dengan gugus -S, -O, dan -N membentuk ikatan hidrogen. Sedangkan gugus -OH akan berikatan dengan gugus hidrogen (-H) pada air sehingga membuat selulosa bersifat hidrofilik (Placket, 2011).



Gambar 1. Struktur Selulosa (Seto dan Sari, 2013)

Selulosa dapat dibagi atas tiga jenis berdasarkan derajat polimerisasi (DP) dan kelarutan dalam senyawa natrium hidroksida (NaOH) yaitu  $\alpha$  - Selulosa adalah

selulosa berantai panjang yang tidak larut dalam larutan NaOH 17,5% atau larutan basa kuat dengan Derajat Polimerisasi 600 – 15000.  $\alpha$  - selulosa biasa digunakan sebagai tingkat kemurnian selulosa. Semakin tinggi kadar  $\alpha$  - selulosa, maka semakin baik mutu bahannya.  $\beta$ - selulosa adalah selulosa yang berantai pendek dan larut dalam larutan NaOH 17,5% atau basa kuat dengan derajat polimerisasi 15 – 90, serta dapat mengendap bila dinetralkan.  $\gamma$ -selulosa adalah selulosa yang memiliki struktur rantai pendek dan larut dalam larutan NaOH 17,5% atau basa kuat dengan derajat polimerisasi kurang dari 15. Kandungan utama dari selulosa jenis ini adalah hemiselulosa (Nuringtyas, 2010).

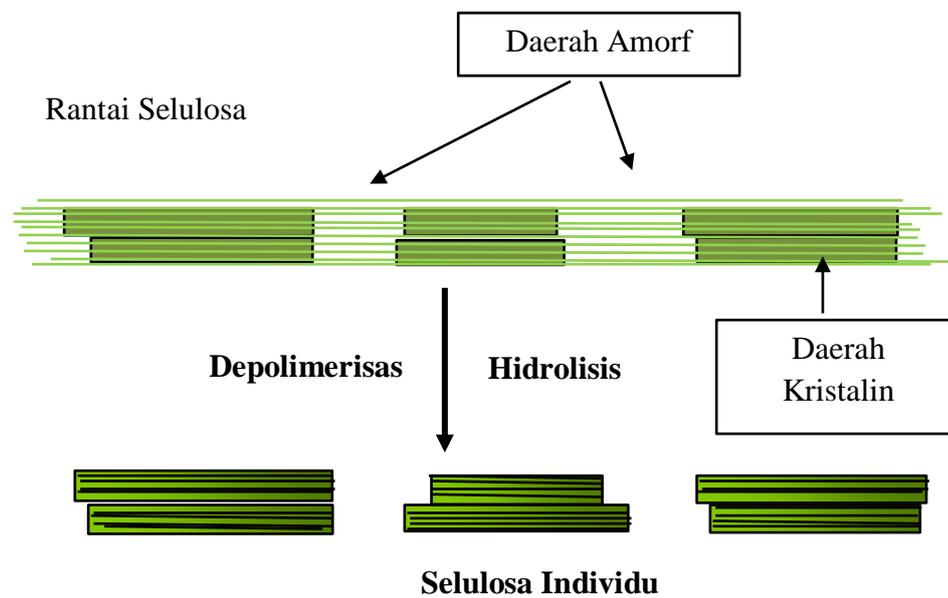
Selulosa termasuk polimer alam dan sumber daya terbarukan yang jumlahnya sangat melimpah di bumi serta akan menjadi sumber daya kimia utama di masa depan. Kelimpahan ini telah menyebabkan badan penelitian tentang struktur dan sifat mekaniknya, terutama untuk pemanfaatannya dalam tekstil. Sebagian besar penelitian memiliki difokuskan pada studi tanaman dan selulosa yang diregenerasi (Sembiring, 2019).

### **2.3. Mikroselulosa**

Mikroselulosa adalah selulosa murni yang diisolasi dari  $\alpha$  -selulosa sebagai pulp dengan asam mineral yang berasal dari bahan tanaman berserat. Mikroselulosa merupakan serbuk yang terdiri dari partikel berpori. Diameter yang dimiliki sebesar 1-100 $\mu$ m. Zat ini bersifat higroskopis, tidak larut dalam air, namun mampu mengembang ketika terjadi kontak dengan air. Mikroselulosa dapat dihasilkan melalui proses isolasi alfa selulosa, kemudian dihidrolisis dengan menggunakan asam. Metode hidrolisis asam ini bertujuan untuk menghilangkan sisa-sisa lignin dan hemiselulosa yang masih terkandung dan berikatan dengan selulosa (Pingali *et al.*, 2010) Namun begitu, penggunaan asam yang terlalu kuat dan suhu yang terlalu tinggi serta waktu reaksi yang terlalu lama dapat mengakibatkan kerusakan struktur selulosa sehingga selulosa gagal untuk diisolasi. Untuk itu perlu adanya perlakuan alkalinasi terlebih dahulu menggunakan Natrium Hidroksida (NaOH) dan pelarut organik seperti etanol,

metanol atau toluena, agar menghilangkan hemiselulosa dan lignin (Pratama *et al.*, 2019). Kemudian dilanjutkan dengan bleaching dan hidrolisis asam encer untuk mencegah terjadinya destruksi kristalin selulosa menjadi karbon yang ditandai dengan selulosa semakin berwarna coklat.

Berikut gambar terjadinya depolimerisasi selulosa menjadi mikroselulosa melalui hidrolisis asam.



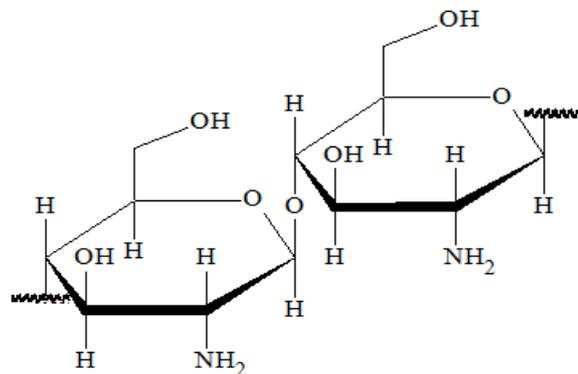
Gambar 2. Depolimerisasi selulosa (Lee et al.,2014)

Asam kuat akan mampu menghidrolisis pada bagian amorf dalam rantai selulosa namun tidak mempengaruhi bagian kristalnya (Lee et al.,2014).

#### 2.4. Kitosan

Kitosan merupakan salah satu jenis polisakarida alami yang mengandung gugus hidroksil dan amina ( $-NH_2$ ) dalam struktur molekulnya. Gugus tersebut menyebabkan kitosan dapat berinteraksi dengan molekul air kemudian membentuk ikatan hidrogen. kitosan yang terperangkap akan menyebabkan terjadinya pembentukan rongga dalam matriks hidrogel yang meningkatkan jumlah pori-pori hidrogel seiring dengan meningkatnya konsentrasi kitosan

(Erizal dan Zainal A, 2011). Biopolimer menarik secara industri karena kemampuannya untuk menurunkan konsentrasi ion logam transisi ke konsentrasi bagian per miliar, tersedia secara luas dan aman bagi lingkungan. Bahan tersebut antara lain selulosa, alginat, karagenan, lignin, protein, kitin dan turunan kitin. Sifat ketahanan yang tinggi, biokompatibilitas, rendah toksisitas, dapat menyerap cairan yang dimiliki kitosan, menjadikan biopolimer tersebut unggul dari beberapa polimer lain (Sibarani dkk.2018) namun, tetap saja memiliki kekurangan yaitu bersifat sensitif terhadap larutan asam. Sehingga, dalam sintesisnya perlu untuk mencegah kitosan mudah larut dalam larutan asam dan meningkatkan ketahanan kimia dan hidrofilitasnya serta degradasi biologis. Hal tersebut dapat dilakukan dengan menghilangkan sejumlah gugus amina melalui reaksi silang tapi tetap mempertahankan gugus amina bebasnya. Untuk itu diperlukan adanya agen pengikat silang seperti glutaraldehid, Metilen-bis akrilamida (MBA) atau pengikat silang yang lainnya (Rudyardjo, 2014)



Gambar 3. Struktur Kitosan (Kusumaningsih et al., 2004)

kitosan sebagian asetat yang memiliki sekitar 50% unit D-glukosamin, hanya mampu larut dalam air (Sugimoto *et al.*, 1998). Fleksibilitas rantai molekul kitosan dalam larutan dapat dimanipulasi dengan menggunakan kitosan yang memiliki derajat deasetilasi yang berbeda, atau larutan dengan pH dan/atau kekuatan ion yang berbeda untuk mengontrol ukuran pori, kekuatan mekanik atau permeabilitas membran atau kitosan yang dibuat (Tsaih dan Chen, 1997). Hasil yang diharapkan dapat konsisten dengan pKa dari kitosan. Nilai pKa dari kitosan, berkisar antara 6,2 hingga 6,8 (Guibal et al., 1999). Dari literatur jelas bahwa kitosan dapat digunakan untuk menghilangkan berbagai logam (Cu(II), PbII),

U(VI), Cr(III), Cr(VI), Ni(II), Cd(II), Zn(II), Co(II), Fe(II), Mn(II), Pt(IV), Ir(III), Pd(II), V(V) dan V(IV)) dari air limbah.

## 2.5. Metode ikat Silang

Metode ikat silang (*Cross-link*) merupakan metode yang penting dalam pembuatan hidrogel, dimana terjadi ikatan antara dua polimer yang bergabung satu sama lain membentuk suatu cabang. Ikatan ini terjadi tidak serta-merta, melainkan dengan adanya bantuan dari agen pengikat silang (*Cross-Linker*) dengan jumlah persentase 2-12% dari jumlah pada masing-masing polimer yang berikatan. Ikat silang ini terbagi menjadi dua jenis, yaitu ikat silang kimia dan ikat silang fisika. Ikat silang secara kimia terjadi melalui adanya bahan kimia sebagai *cross-linker* yang melakukan ikatan-ikatan secara kovalen maupun ionik pada struktur polimer. Sedangkan ikat silang fisika menggunakan pembekuan ataupun pemanasan. Ikat silang secara fisika ini tidak bertahan lama karena ikatannya yang cukup lemah sehingga dalam media asam yang encer pada waktu tertentu sudah mengalami pengembangan dan akhirnya melarut (Rambe, 2018).

## 2.6. Glutaraldehid

Salah satu bahan yang sering digunakan sebagai agen pengikat silang yaitu adalah glutaraldehid. Glutaraldehid merupakan golongan senyawa aldehid yang memiliki rumus  $C_5H_8O_2/CH_2(CH_2CHO)$ . Glutaraldehid memiliki sifat yang sedikit asam dan bersifat sebagai zat antimikroba yang efektif dalam larutan basa (pH=7,5-8), umumnya glutaraldehid digunakan untuk sterilisasi alat-alat kesehatan, bedah maupun dental. Nama lain glutaraldehid adalah , 1,3-diformilpropan. Glutaraldehid memiliki daya aksi yang lebih efektif dibandingkan formaldehid, sehingga lebih banyak aplikasikan dalam bidang virology dan tidak berpotensi karsinogenik.



Gambar 4. Struktur Glutaraldehyd

Glutaraldehyd mampu mengikat gugus OH dalam polimer dan membentuk jaringan polimer yang kuat tidak mudah berubah sehingga matriks makin rapat. Penggunaan glutaraldehyd sebagai agen pengikat silang sering digunakan untuk dimodifikasi dengan polimer kitosan, karena glutaraldehyd sebagai crosslinking agent akan bereaksi dengan gugus amida (NH<sub>2</sub>) pada kitosan. Ikatan silang terjadi antara gugus aldehyd tersebut sangat reaktif terhadap gugus amino bebas pada kitosan. Semakin tinggi konsentrasi dari glutaraldehyd yang ditambahkan, maka kekuatan gel akan semakin besar. Hal ini dapat disebabkan karena fungsi glutaraldehyd dalam pembuatan gel sebagai pembentuk ikatan silang (Rohman, 2016).

## 2.7. Hidrogel

### 2.7.1 Definisi

Hidrogel merupakan suatu jenis polimer yang mampu mengadsorpsi sejumlah banyak air dari berat keringnya dan tidak dapat larut dalam air karena adanya ikatan silang tiga dimensi yang terdapat dalam struktur polimernya (Erizal, 2010). Potensi luas yang dimiliki hidrogel sebagai polimer penyerap air seperti pada popok bayi, pembalut wanita, wadah penyimpanan air pada pertanian, sumber air cadangan pada tanaman hortikultura (Tomar *et al.*, 2007), penyerap zat warna, Adsorpsi logam berat dan bakteri atau jamur pada pembalut luka (Bruggisser, 2005).

Hidrogel memiliki gugus hidrofilik dan hidrofobik. Gugus hidrofilik ini yang menyebabkan hidrogel membengkak, sedangkan gugus hidrofobik mengontrol

laju pembengkakan hidrogel. Hidrogel akan membengkak pada suhu di bawah suhu transisi fase volume, sedangkan pada suhu di atas fase volume suhu transisi akan mengalami penyusutan. Perubahan ini terkait dengan keseimbangan hidrofilik menjadi hidrofobik dalam struktur jaringan. Faktor eksternal yang dapat mempengaruhi penyerapan hidrogel yaitu kelembaban, tekanan, temperatur, derajat keasaman dari media aplikasinya, dan juga karena adanya bahan kimia lain. Bahan kimia ini biasanya bersifat asam atau basa. Adanya gugus asam atau basa dalam struktur akan mengalami ionisasi dan terikat dalam rantai polimer (Mahinroosta *et al.*, 2018).

### **2.7.2. Klasifikasi Hidrogel**

Hidrogel dapat diklasifikasikan dalam beberapa bagian berdasarkan komposisi polimer, Menurut Ahmed (2015) sebagai berikut:

#### **2.7.2.1 Homopolimer.**

Hidrogel homopolimer adalah jaringan polimer yang berasal dari satu monomer, yaitu unit struktural dasar yang terdiri dari jaringan polimer apapun.

Homopolimer memiliki kerangka yang saling berhubungan antar strukturnya tergantung pada sifat monomer dan teknik polimerisasi yang digunakan.

#### **2.7.2.2 Kopolimer**

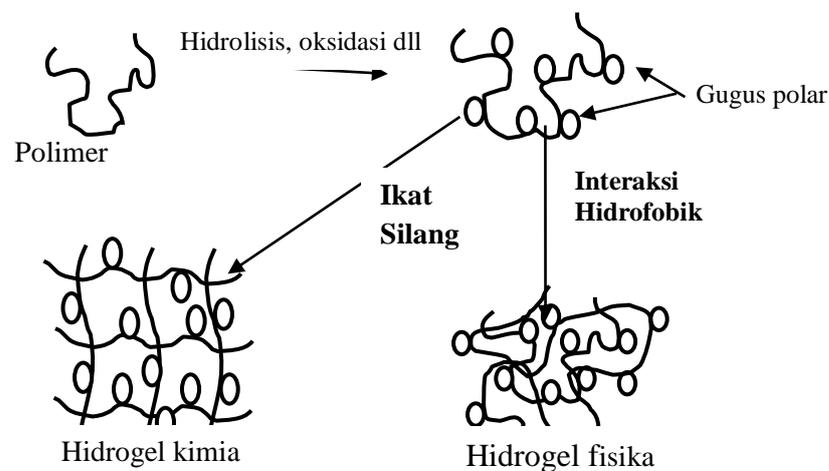
Hidrogel kopolimer adalah hidrogel yang terdiri dari dua atau lebih monomer yang berbeda dengan setidaknya satu komponen hidrofilik yang tersusun secara acak, blok atau konfigurasi bolak-balik di sepanjang rantai jaringan polimer.

#### **2.7.2.3 Multi Polimer**

hidrogel Multi Polimer adalah salah satu kelas penting hidrogel, terbuat dari dua komponen polimer sintesis dan/ atau alami ikatan silang independen, yang terkandung dalam bentuk jaringan. Hidrogel semi jenis ini, salah satu komponennya adalah polimer ikatan silang dan komponen lainnya adalah polimer non-ikatan silang.

### 2.7.3. Mekanisme Kerja Hidrogel

Kemampuan hidrogel dalam mengikat dan melepaskan molekul air terjadi ketika adanya kontak langsung dengan air. Dimana bagian hidrofilik hidrogel yang bersifat polar akan mengalami hidrasi dengan molekul air dan terbentuk ikatan primer. Pembentukan ikatan ini terjadi karena adanya rongga-rongga yang berukuran sangat kecil pada polimer hidrogel, dengan demikian menyebabkan terjadinya ikatan hidrogen yang kuat terhadap molekul air. Gugus hidrofilik ini yaitu  $-OH$ ,  $-COOH$ ,  $-CONH_2$ , dan  $SO_3H$ . Seperti halnya dengan pembengkakan, gugus hidrofilik dapat mempengaruhi ketidaklarutan hidrogel dalam air (Zainal *et al.*, 2021). Hidrogel yang membengkak mengakibatkan terbukanya struktur hidrogel yang bersifat hidrofobik. struktur hidrofobik tersebut juga akan mengikat air dengan membentuk ikatan sekunder (Gulrez *et al.*, 2011). Hidrogel tidak akan hancur selama mengembang karena adanya setruktur yang berikatan silang, ikatan silang dapat dibentuk melalui ikatan silang secara fisika, (ikatan hydrogen) atau kimia (ikatan kovalen, atom, ionik).. Hidrogel yang terikat silang secara kovalen disebut dengan hidrogel kimia sedangkan secara non kovalen disebut dengan hidrogel fisika. Hidrogel kimia memiliki kekuatan mekanik yang lebih kuat (Gibas dan Janik, 2010).



Gambar 5. Mekanisme interaksi gugus hidrofobik (Hoffman, 2002)

#### 2.7.4. Metode Sintesis Hidrogel

Metode sintesis hidrogel umumnya menggunakan teknik ikat silang (*Cross-link*). Perbedaan pengikat silang yang digunakan menjadikan metode sintesis hidrogel terbagi menjadi beberapa jenis, yaitu:

##### **2.7.4.1. Metode Polimerisasi Radikal bebas**

Metode polimerisasi radikal bebas adalah metode dasar yang sering digunakan dalam sintesis hidrogel. Terdapat beberapa tahapan dalam metode ini, yaitu tahap inisiasi, propagasi, transfer rantai, dan terminasi. Pada tahap inisiasi, merupakan tahap awal pembentukan radikal-radikal bebas. Terjadi pemaksapisahan homolitik oleh molekul menjadi suatu radikal. Reaksi ini menggunakan inisiator termal (pemanasan campuran ke temperatur yang sangat tinggi) atau menggunakan cahaya ultraviolet. Inisiator yang digunakan biasanya peroksida (ROOR). Selanjutnya radikal yang telah terbentuk memasuki tahap propagasi, yaitu pembentukan radikal bebas baru. Terjadi perkembangbiakan radikal-radikal bebas baru dalam reaksi rantai. Kemudian terjadi tahap transfer rantai. Radikal yang bersifat reaktif bereaksi dengan molekul target membentuk suatu produk. Keberlanjutan tahap ini sangat panjang dan membentuk rantai yang panjang, sehingga diperlukan tahap terminasi. Tahap ini sebagai tahap pemutus dalam proses propagasi. Reaksi yang terjadi menyebabkan perubahan radikal bebas menjadi radikal bebas yang stabil dan tidak reaktif hingga membentuk produk baru (Fessenden, 1986).

##### **2.7.4.2. Metode Pengikat Silang Menggunakan Radiasi**

Pengikat silang menggunakan Radiasi memanfaatkan radiasi berenergi tinggi seperti sinar gamma atau radiasi elektron untuk membentuk kelompok fungsional pada permukaan polimer utama, sehingga mampu menghasilkan hidrogel murni yang hanya terdiri dari satu material saja sehingga dapat meminimalisir resiko biokompatibilitas dengan lingkungan. Metode ini telah banyak digunakan dalam

sintesis hidrogel, namun membutuhkan biaya lebih dan alat khusus untuk melakukan proses radiasi (Erizal, 2010).

#### **2.7.4.3. Metode Ikat Silang Secara Fisika dan Kimia**

Metode ikat silang (*cross-link*) secara fisika mampu menghasilkan hidrogel yang bersifat non permanen. Keunggulan yang dimiliki pada metode ini yaitu tidak memerlukan perantara pengikat silang lain seperti bahan kimia dan prosesnya yang mudah dilakukan. Sebelum hidrogel yang dihasilkan digunakan, perlu adanya purifikasi pada material perantara. Sedangkan metode ikat silang secara kimia menggunakan bahan kimia tambahan sebagai perantara pengikat silang. Hal ini sebagai jembatan penghubung antara polimer utama dengan polimer sekunder untuk berikatan secara kovalen. Pengikat silang kimia ini akan mengaktivasi polimer utama sehingga dapat berikatan dengan polimer sekunder. Contoh agen pengikat silang secara kimia yaitu asam sitrat dan glutaraldehid. Pada metode ini dapat menghasilkan hidrogel yang bersifat permanen dan digunakan dalam material sintetis maupun alami (Tsihlis *et al.*, 2010).

### **2.8. Adsorpsi**

Adsorpsi merupakan suatu peristiwa terkontakannya partikel padatan dan cairan pada kondisi tertentu sehingga sebagian partikel pengotor terjerap (menempel pada permukaan rongga) di permukaan padatan dan konsentrasi partikel pengotor yang tidak terjerap (menempel pada permukaan rongga) mengalami perubahan (Yusuf dan Tjahjani, 2013). Adsorpsi secara fisika terjadi dengan melibatkan gaya Van Der Waals dimana terjadi penyerapan gas maupun cairan. Sedangkan adsorpsi secara kimia melibatkan adanya interaksi antar zat kimia yang diserap dengan zat penyerapnya. Proses adsorpsi ini terjadi dengan adanya zat yang memiliki kemampuan untuk melakukan adsorpsi yaitu adsorben. Adsorben adalah bahan-bahan yang sangat berpori dan adsorpsi berlangsung pada dinding pori-pori atau pada letak-letak tertentu di dalam partikel tersebut. Pemisahan ini terjadi

akibat adanya perbedaan bobot molekul atau polaritas yang menyebabkan sebagian molekul dapat melekat pada permukaan tertentu lebih erat daripada molekul lainnya. Porositas adsorben dapat mempengaruhi daya adsorpsi dari suatu adsorben. Adsorben yang memiliki porositas besar mempunyai kemampuan menyerap yang lebih tinggi dibandingkan dengan adsorben dengan porositas kecil. Untuk meningkatkan porositas tersebut dapat dilakukan dengan mengaktifasi secara fisika, seperti mengalirkan uap air panas ke dalam pori-pori adsorben atau mengaktifasi secara kimia (Yusuf dan Tjahjani, 2013)

### **2.8.1. Faktor yang Mempengaruhi Adsorpsi**

Interaksi antara adsorben dengan adsorbat dipengaruhi oleh beberapa faktor. Menurut Widiyatno dkk (2017), terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi adsorpsi yaitu sebagai berikut:

#### **2.8.1.1 Jenis Adsorben yang digunakan**

Adsorben yang bersifat polar, memiliki daya adsorpsi yang besar terhadap senyawa-senyawa polar seperti asam karboksilat, alkohol, alumina, keton dan aldehid. Adsorben non polar memiliki daya adsorpsi yang besar terhadap amina dan senyawa yang bersifat basa. Sedangkan adsorben basa memiliki daya adsorpsi yang besar terhadap senyawa yang bersifat asam.

#### **2.8.1.2 Jenis Adsorbat (zat yang akan diserap)**

senyawa elektrolit akan mudah diserap dan hasil adsorpsi lebih banyak dibandingkan dengan larutan non elektrolit. Hal ini karena larutan elektrolit terionisasi sehingga didalam larutan terdapat ion-ion dengan muatan berlawanan yang menyebabkan gaya tarik-menarik Van der Waals semakin besar, sehingga daya adsorpsi semakin besar.

#### **2.8.1.3 Konsentrasi Adsorben**

Jika konsentrasi semakin tinggi, maka jumlah solute yang teradsorpsi semakin besar.

#### 2.8.1.4 Luas Permukaan.

semakin luas permukaan adsorben maka jumlah adsorbat yang terserap akan semakin banyak

#### 2.8.1.5 Temperatur

Adsorpsi merupakan proses eksotermis sehingga jumlah adsorbat akan bertambah dengan berkurangnya temperatur adsorbat

#### 2.8.1.6 Tekanan

Jika tekanan diperbesar molekul-molekul adsorbat akan lebih cepat teradsorpsi, akibatnya jumlah adsorbat yang terserap bertambah banyak. Jadi tekanan memperbesar jumlah zat yang teradsorpsi.

### 2.8.2. Model Isoterm adsorpsi

Beberapa tipe isoterm adsorpsi yang dikembangkan untuk mendeskripsikan interaksi antara adsorben dan adsorbat antara lain:

#### 2.8.2.1 Isoterm Langmuir

Isoterm langmuir menunjukkan bahwa kapasitas adsorben maksimum terjadi akibat adanya lapisan tunggal (monolayer) adsorbat pada permukaan adsorben. Dalam bentuk yang umum, persamaan isoterm langmuir adalah sebagai berikut (Siswoyo, 2014):

$$\frac{C_e}{Q_e} = \frac{1}{Q_m} C_e + \frac{1}{K_L Q_m} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana:  $C_e$  = konsentrasi equilibrium (mg/l),  $Q_e$  = jumlah adsorbat yang terserap pada saat equilibrium (mg/g),  $K_L$  = konstanta Langmuir (l/mg),  $Q_m$  = kapasitas adsorpsi,

Pada grafik isotherm langmuir dengan  $C_e/Q_e$  sebagai sumbu y dan  $C_e$  sebagai sumbu x akan diperoleh persamaan garis ( $y = ax+b$ ) yang akan menentukan nilai  $Q_m$  dan  $K_L$ , dimana  $Q_m$  adalah  $1/a$  sedangkan  $K_L$  adalah nilai b. Jumlah adsorbat yang terserap dapat dihitung dengan persamaan

$$Q_e = \frac{V(C_i - C_f)}{m} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana  $C_i$  dan  $C_f$  adalah konsentrasi awal dan akhir,  $V$  adalah volume larutan, dan  $m$  adalah massa adsorben hidrogel.

### 2.8.2.2 Isoterm Freundlich

Isoterm freundlich menggambarkan adsorpsi jenis fisika dimana adsorpsi terjadi pada beberapa lapis dan ikatannya tidak kuat. Isoterm freundlich juga mengasumsikan bahwa tempat adsorpsi bersifat heterogen. Cara konvensional untuk menyatakan isoterm freundlich diberikan persamaan sebagai berikut, (Sawyer dkk, 1994):

$$Q_e = K_f \cdot C_e^{1/n} \dots\dots\dots (3)$$

Dimana:  $Q_e$  = jumlah adsorbat pada permukaan (mg/ g),  $C_e$  = konsentrasi equilibrium (mg/l),  $K_f$  dan  $n$  = konstanta

Konstanta freundlich menunjukkan ikatan antara adsorbat dengan adsorben dan diperoleh dengan cara eksperimen. Untuk mendapatkan konstanta  $K_f$  dan  $1/n$ , maka perlu dilakukan linerisasi terhadap persamaan sebagai berikut:

$$\log(Q_e) = \log K_f + 1/n \log C_e \dots\dots\dots (4)$$

Dari data percobaan laboratorium yang diperoleh diplot dengan  $\log(Q_e)$  sebagai sumbu y dan  $\log C_e$  sebagai sumbu x. Grafik yang diperoleh adalah garis linear dengan slope =  $1/n$  dan intercept =  $\log K_f$  (Sawyer dkk, 1994).

## 2.9. Logam Berat

Logam merupakan zat yang memiliki konduktivitas tinggi listrik, kelenturan, dan kilau, yang mudah untuk membentuk kation dan memiliki ikatan logam. (Khlifi dan Hamza-Chaffai *et al.*, 2010) . Logam berat merupakan salah satu komponen pencemar perairan. Keberadaan logam-logam ini sangat berbahaya, meskipun

dalam jumlah yang kecil bila masuk kedalam tubuh dengan kadar yang berlebih akan menimbulkan dampak negatif terhadap fungsi fisiologi tubuh, tidak dapat didegradasi ataupun dihancurkan dan merupakan zat yang berbahaya karena dapat terjadi bioakumulasi. Beberapa jenis logam yang termasuk kategori logam berat sebagai berikut: Aluminium (Al), Manganese (Mn), Cadmium (Cd), Plumbum (Pb) Chromium (Cr), Molybdenum (Mo), Cadmium (Cd), Chromium (Cr), Cobalt (Co), Merkuri (Hg), Cuprum (Cu), Ferrum (Fe), Selenium (Se), Silver (Ag), Tin (Sn), Plumbum (Pb), Vanadium (V) dan Zinc (Zn). Logam berat seperti; Merkuri (Hg), Cuprum (Cu), Cobalt (Co) sangat berbahaya bila kadar yang terlarut dalam tubuh manusia cukup tinggi atau melebihi ambang batas baku.

### **2.9.1. Timbal (Pb)**

Timbal merupakan logam berat yang jumlahnya sangat sedikit di lapisan kerak bumi, namun banyak terkandung dalam bahan yang digunakan sehari-hari, seperti cat, bensin, kosmetik, mainan, debu rumah tangga, tanah yang terkontaminasi, pipa saluran air, emisi industri, baterai, percetakan, pembuatan tembikar, dan proses peleburan timbal (Gerhardsson *et al.*, 2002). Timbal memiliki karakter fisik yang lunak dan berwarna coklat kehitaman, serta bersifat mudah dimurnikan dari pertambangan. Senyawa ini banyak ditemukan pada pertambangan dunia. titik lebur yang rendah, mudah dibentuk, mempunyai sifat kimia yang aktif, sehingga dapat digunakan untuk melapisi logam untuk mencegah perkaratan. Bila dicampur dengan logam lain, membentuk logam campuran yang lebih bagus daripada logam murninya, mempunyai kepadatan melebihi logam lain (Gerhardsson *et al.*, 2002).

95% Timbal bersifat anorganik dan dalam bentuk garam anorganik yang kurang larut dalam air. Sedangkan 5% berbentuk timbal organik. Timbal organik ditemukan dalam bentuk senyawa *Tetra Ethyl Lead* (TEL) dan *Tetra Methyl Lead* (TML). Jenis senyawa ini hampir tidak larut dalam air, namun mudah larut dalam pelarut organik misalnya dalam lipid (Tangio, 2013).

### 2.9.2. Seng (Zn)

Seng (Zn) merupakan salah satu unsur logam berat. Zn memiliki nomor atom 30 dan massa atom 65,39. Titik leleh Zn yaitu 410°C dan titik didih mencapai 906°C. Zn dalam pemanasan tinggi akan menimbulkan endapan seperti pasir. Seperti logam-logam lainnya, Zn diperlukan tubuh untuk proses metabolisme dalam jumlah tertentu, tetapi dalam kadar tinggi dapat bersifat menjadi racun. Karakteristik Zn cukup reaktif, dengan penampakan fisik berwarna putih-kebiruan, Akan pudar bila terkena uap udara, dan terbakar bila terkena udara dengan api hijau terang. Dapat bereaksi dengan asam, basa dan senyawa non logam. Di alam, logam ini tidak berada dalam keadaan bebas tetapi dalam bentuk terikat dengan unsur lain berupa mineral. (Nurfilah, 2013).

## 2.10. Karakterisasi

### 2.10.1. Uji Organoleptik

Uji organoleptik merupakan pengujian menggunakan indera manusia sebagai alat utama untuk melihat mutu produk hasil sintesis. Hidrogel diamati secara visual bentuk, elastisitas serta tekstur yang ada dalam cawan petri. hidrogel yang baik memiliki bentuk yang padat, elastis, dan halus (Sari *et al.*, 2014).

### 2.10.2. Uji Swelling

Uji swelling merupakan uji terhadap banyaknya air yang dapat diadsorpsi oleh hidrogel setelah dilakukan perendaman di dalam medium. Kemampuan hidrogel mengadsorpsi air tergantung kepada sifat elastis rantai polimer yang membentuk jaringan, sifat hidrofilitas rantai polimer yang membentuk jaringan serta kompatibilitas polimer dengan molekul air. Dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\% \text{Derajat Swelling} = \frac{W_{is} - W_s}{W_s} \times 100 \dots \dots \dots (5)$$

dimana :

Wis : Berat gel mengembang hasil *swelling*

Ws : Berat hidrogel kering (Sari *et al.*, 2014).

### 2.10.3. Uji Derajat Ikat Silang

Pengukuran derajat ikat silang digunakan untuk melihat apakah hidrogel benar-benar terbentuk (fraksi gel) melalui ukurannya, yang ditandai adanya jaringan-jaringan yang mengikat rantai polimer. Seberapa besar potensi hidrogel untuk merespon kondisi tertentu yang diberikan lingkungannya misalnya dalam lingkungan air, apakah hidrogel ini cenderung mengembang atau larut. Uji ini dapat dilakukan dengan perendaman dengan pelarutnya, sehingga monomer yang tidak ikut bereaksi dan tidak terikat silang menjadi hidrogel larut kembali bersama pelarutnya. Untuk menghitung derajat ikat silang (persen gel) yang terbentuk, digunakan rumus :

$$\% \text{Ikat silang} = \frac{W_{dg}}{W_{ip}} \times 100 \dots\dots\dots (6)$$

dimana :

W<sub>dg</sub> = berat gel kering setelah perendaman

W<sub>ip</sub> = berat polimer hidrogel awal sintesis (Sari *et al.*, 2014).

### 2.10.4. Analisis *Fourier Transform Infra Red* (FTIR)

*Fourier Transform Infra Red* (FTIR) adalah teknik yang digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi dari struktur kimia suatu zat tetapi tidak dapat menentukan unsur-unsur penyusunnya. Berdasarkan pada ikatan kimia yang dapat menyerap cahaya inframerah pada frekuensi tertentu (Nandini Sahu *et al.*, 2020). Pada prinsipnya, Radiasi infra merah dilewatkan pada sampel. Sebagian radiasi sinar infra merah tersebut diserap oleh sampel sedangkan sebagian lainnya akan diteruskan. Jika frekuensi dari suatu vibrasi spesifik sama dengan frekuensi

radiasi infra merah yang langsung menuju molekul, akan terjadi penyerapan radiasi oleh molekul tersebut. Adsorbansi dan transmisi molekuler selanjutnya digambarkan dalam bentuk spektrum. Transmisi ini akan membentuk suatu sidik jari molekuler suatu sampel. Karena bersifat sidik jari, sehingga tidak ada dua struktur molekuler unik yang menghasilkan spektrum infra merah yang sama (Suseno dan Firdausi, 2008).

Adsorbansi radiasi infra merah pada molekul terjadi akibat adanya interaksi vibrasi pada ikatan molekul-molekulnya menyebabkan perubahan polarisabilitas dengan medan listrik gelombang elektromagnetik. Terdapat 2 jenis vibrasi, yaitu vibrasi ulur dan tekuk. Getaran ulur adalah suatu gerakan berirama di sepanjang sumbu ikatan yang menyebabkan jarak antar atom akan bertambah atau berkurang. Getaran tekuk merupakan gerakan yang dapat terjadi karena perubahan sudut-sudut ikatan antara ikatan-ikatan pada sebuah atom, atau karena gerakan suatu gugus. Ikatan-ikatan yang berbeda seperti C-C, C=C, C≡C, C-O, C=O, O-H serta NH mempunyai frekuensi karakteristiknya sebagai pita serapan dalam spektrum inframerah. Grafik spektrum inframerah terbentuk antara persentase adsorbansi terhadap frekuensi karakteristiknya (Suseno dan Firdausi, 2008).

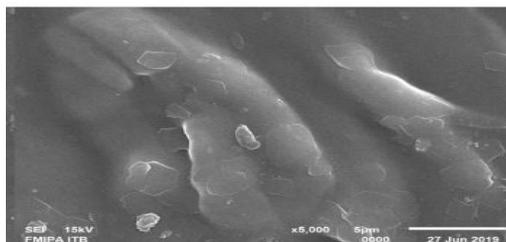
Tabel 1. Karakteristik pita serapan spektrum FT-IR

No	Gugus Fungsi	Bilangan Gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ )
1	C=C	1680-1600
2	C=O	1680-1640
3	-NH <sub>2</sub>	1650-1620
4	N-H	1560-1530
5	C-O	1240
6	O-H	3300–2500

(Stuart, 2004).

### 2.10.5. Analisis *Scanning Electron Microscopy* (SEM)

Analisis *Scanning Electron Microscopy* (SEM) Merupakan instrumen kimia yang digunakan untuk mengamati morfologi mikrostruktur dengan resolusi yang tinggi. Elektron digunakan sebagai pengganti cahaya untuk melihat bentuk padatan maupun porositas pada sampel. Seberkas sinar elektron dihasilkan dari *elektron gun* yaitu filamen yang dipanaskan. Prinsip kerja SEM adalah melalui gelombang elektron yang dipancarkan oleh *electron gun* dan terkondensasi di lensa kondensor yang terfokus pada titik dan terlihat jelas melalui lensa lensa objektif. Berkas sinar elektron yang mengenai cuplikan sampel menghasilkan elektron sekunder yang selanjutnya terkumpul dalam detektor sekunder. Dari cuplikan tersebut menghasilkan ribuan titik dengan berbagai intensitas pada permukaan katoda sebagai bentuk gambar. Selanjutnya berkas elektron dikonsentrasikan pada spesimen, kemudian bayangan pada lensa objektif diperbesar dan membentuk gambar morfologi yang dibutuhkan pada layar. Gambar tersebut berupa lekukan, tonjolan maupun lubang permukaan yang tentunya dibutuhkan dalam karakterisasi hidrogel ( Gunawan dan Azhari, 2010).



Gambar 6. Morfologi Hidrogel (Sembiring, 2019).

### 2.10.6. Analisis Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)

Spektrofotometer serapan atom adalah instrumen dengan pengukuran adsorbansi dan konsentrasi melalui penyerapan sinar oleh materi dengan panjang gelombang tertentu. Penyerapan sinar oleh atom netral dalam kondisi gas, dengan berkas sinar yang berasal dari sumber sinar tersebut. Sinar ini berupa sinar tampak ataupun ultraviolet (Mardin, 2012). Prinsip dasar SSA berdasarkan interaksi

antara radiasi elektromagnetik dengan sampel, dengan cara kerja berdasarkan atas penguapan larutan sampel, kemudian logam yang terkandung didalamnya diubah menjadi atom bebas. Atom tersebut akan mengadsorpsi radiasi dari sumber cahaya yang dipancarkan dari lampu katoda yang mengandung unsur yang akan ditentukan. Banyaknya penyerapan radiasi kemudian diukur pada panjang gelombang tertentu menurut jenis logamnya. Jika radiasi elektromagnetik dikenakan kepada suatu atom maka akan terjadi eksitasi elektron dari tingkat dasar ke tingkat tereksitasi, setiap panjang gelombang memiliki energi yang spesifik untuk dapat tereksitasi ke tingkat yang lebih tinggi (Suarsa, 2015).

Hubungan kuantitatif antara intensitas radiasi yang diserap dan konsentrasi unsur yang ada dalam larutan cuplikan menjadi dasar pemakaian SSA untuk analisis unsur-unsur logam. Untuk membentuk uap atom netral dalam keadaan/tingkat energi dasar yang siap menyerap radiasi dibutuhkan sejumlah energi. Energi ini biasanya berasal dari nyala hasil pembakaran campuran gas asetilen-udara atau asetilen-N<sub>2</sub>O, tergantung suhu yang dibutuhkan untuk membuat unsur analit menjadi uap atom bebas pada tingkat energi dasar (*ground state*). Proses tersebut berdasarkan hukum Lambert Beer, dimana bila cahaya monokromatik melalui suatu media atau larutan, maka sebagian cahaya tersebut diserap, sebagian dipantulkan, dan sebagian lagi dipancarkan (Rajab, 2021).

$$A = a \cdot b \cdot c \dots\dots\dots (7)$$

dimana, A = adsorbansi, a = koefisien serapan, L<sup>2</sup>/M, b = panjang jejak sinar dalam medium berisi atom penyerap, L, c = konsentrasi, M/L<sup>3</sup>, I<sub>0</sub> = intensitas sinar mula-mula dan I = intensitas sinar yang diteruskan

### III. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Waktu Dan Tempat

Penelitian ini dilakukan pada bulan Mei 2022 - Januari 2023 bertempat di Laboratorium Kimia Organik Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Lampung. Analisis Spektroskopi Serapan Atom (SSA) dilakukan di Laboratorium Kesehatan Provinsi Lampung, Analisis *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dilakukan di Unit Pelaksanaan Teknis (UPT) Laboratorium dan Sentra Inovasi Terpadu (LTSIT) Universitas Lampung.

#### 3.2 Alat dan Bahan

Alat-alat yang akan digunakan pada penelitian ini antara lain *fourier transform infrared* (FTIR), *Scanning Electron Microscopy* (SEM), Spektrofotometer Serapan Atom (SSA), neraca analitik, *hot plate*, *magnetic stirrer*, *thermometer*, sentrifus, oven, blender, pengayak, pH meter, desikator, dan alat-alat gelas.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah akuades, NaOH 10%, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 35%, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, Kitosan 35 %, Glutaraldehyd, kertas saring, aseton, metanol, Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, Zn(SO<sub>4</sub>) dan serat daun nanas.

#### 3.3 Prosedur Penelitian

### 3.3.1 Persiapan Sampel

Limbah daun nanas dicuci bersih dengan air, dipotong kurang lebih 60 cm kemudian dilakukan proses *water-retting* dengan cara merendam daun nanas ke dalam air selama dua minggu hingga seratnya dapat dipisahkan. Serat daun nanas kemudian dicuci sampai bersih lalu dikeringkan dengan dijemur (Istinanda dkk, 2018). Setelah itu dihaluskan dengan cara diblender dan ditimbang .

### 3.3.2 Isolasi Selulosa

#### 3.3.2.1 Delignifikasi

Delignifikasi dilakukan untuk menghilangkan kandungan lignin dan hemiselulosa. Sebanyak 20 gram kemudian dimasukkan ke dalam gelas beaker 1000 mL dan ditambahkan NaOH 10% sebanyak 600 mL sambil dipanaskan dengan suhu 90°C. Setelah itu disaring dan dicuci dengan Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> 2% hingga pH netral (Wijaya dkk., 2017)

#### 3.3.2.2 Pemutihan

Residu hasil delignifikasi, ditambah dengan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (35%) sejumlah larutan NaOH 10% dipanaskan dengan *hot plate* pada suhu 50°C. Kemudian dilanjutkan pemanasan dengan pengadukan selama 60 menit suhu 50°C. Padatan dicampur dengan akuades sampai pH netral lalu dikeringkan pada suhu 50°C selama 24 jam (Wijaya dkk., 2017).

#### 3.3.2.3 Hidrolisis Asam

Sebanyak 200 mL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dimasukkan ke dalam Erlenmeyer 500 mL . Lalu dipanaskan dengan suhu 45°C di atas hot plate hingga larut. Selanjutnya ditambahkan 10 gr serbuk selulosa dan dilakukan hidrolisis selama 60 menit pada suhu 45°C. setelah larut membentuk suspensi, dilakukan sentrifugasi dengan kecepatan 10.000 rpm selama 10 menit kemudian didekantasi. Endapan yang didapat ditambahkan sedikit aquades dan Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 5% untuk dinetralkan hingga pH 7. Kemudian dikeringkan dan dilakukan ultrasonikasi dengan menambahkan

akuades pada endapan kemudian disonikasi dengan daya 40 kHz selama 1 jam . selanjutnya disentrifugasi dengan kecepatan 10.000rpm selama 10 menit dan didekantasi (Antika, 2021).

### 3.3.3 Analisis Kadar Lignin dan Selulosa

Analisis kadar lignin dan hemiselulosa dilakukan menggunakan metode Chesson-Datta (Lismeri dkk). Sebanyak 1 gram selulosa dimasukkan kedalam gelas beaker lalu ditambahkan aquades 150 mL. Kemudian direfluks selama 2 jam pada hotplate dengan suhu 100°C. Selanjutnya disaring dan dicuci dengan aquades hingga volume filtrat 300 mL. Sebagai residu awal, residu dikeringkan dengan oven lalu ditimbang hingga berat konstan. Dilanjutkan dengan menambahkan 150 mL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1N dan direfluks pada suhu 100°C selama 2 jam. Residu disaring dan dicuci menggunakan aquades hingga volume filtrat 300mL. Sebagai residu kedua, dikeringkan hingga berat konstan. Setelah itu Residu kedua direndam dalam 10 mL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 72% selama 4 jam di suhu kamar kemudian ditambahkan 150 mL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1N untuk pengenceran. Kemudian direfluks kembali selama 2 jam dengan suhu 100°C. Hasil refluks disaring dan dicuci dengan akuades hingga volume filtrat 400 mL. residu dikeringkan hingga berat konstan sebagai residu akhir.

Perhitungan :

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{\text{Berat selulosa} - \text{Residu Awal}}{\text{Berat selulosa}} \times 100\% \dots\dots\dots (8)$$

$$\text{Kadar Hemiselulosa (\%)} = \frac{\text{Residu awal} - \text{Residu Kedua}}{\text{Berat selulosa}} \times 100\% \dots\dots\dots (9)$$

$$\text{Kadar Selulosa (\%)} = \frac{\text{Residu Kedua} - \text{Residu Akhir}}{\text{Berat selulosa}} \times 100\% \dots\dots\dots (10)$$

$$\text{Kadar Lignin (\%)} = \frac{\text{Residu Akhir} - \text{Residu Awal}}{\text{Berat selulosa}} \times 100\% \dots\dots\dots (11)$$

### 3.3.4 Sintesis Hidrogel

Sebanyak 1 gram MKS dimasukkan kedalam gelas beaker dan ditambahkan 30 mL aquades. Kemudian dipanaskan pada suhu 90°C selama 30 menit. Selanjutnya

ditambah kitosan sebanyak 1 gram yang telah dilarutkan dalam 40 mL asam asetat 2%. Kemudian distirer selama 6 jam. Selanjutnya ditambahkan glutaraldehid dengan variasi konsentrasi volume 0 mL, 0,5 mL, 1 mL, dan 1,5 mL dengan pengadukan selama 2 jam. Gel yang terbentuk dituangkan ke dalam cawan petri dan dibekukan pada suhu  $-20^{\circ}\text{C}$  selama 12 jam, kemudian diletakkan pada suhu ruang selama 3 jam. Perlakuan tersebut dilakukan sebanyak 2 siklus, kemudian sediaan di keringkan menggunakan oven pada suhu  $40^{\circ}\text{C}$  selama 24 jam. (Rahayuningdyah, dkk., 2020).

#### **3.3.4.1 Uji Organoleptik**

Hidrogel diamati secara visual bentuk, elastisitas serta tekstur yang ada dalam cawan petri (Rahayuningdyah, dkk., 2020).

#### **3.3.4.2 Uji Swelling**

Hidrogel dipotong kecil sebanyak 0,08 gram sebagai bobot awal ( $W_0$ ), kemudian direndam dalam 2 mL akuades selama 60 menit. Penambahan berat sampel merupakan banyaknya aquades yang terserap oleh hidrogel. Apabila sampel tidak lagi mengalami penambahan berat dan terlarut ke dalam aquades maka pengujian sampel selesai. Kemudian dihitung persentase rasio swelling (Rahayuningdyah, dkk., 2020).

#### **3.3.4.3 Uji Fraksi Gel**

Hidrogel dipotong kecil sebanyak 200 mg sebagai bobot awal ( $W_0$ ), kemudian direndam dalam 40 mL akuades selama 24 jam, lalu dikeringkan kembali dalam oven pada suhu  $50^{\circ}\text{C}$  kurang lebih selama 4 jam dan ditimbang beratnya sebagai bobot akhir ( $W_1$ ) (Rahayuningdyah, dkk., 2020).

#### **3.3.4.4 Analisis Fourier Transform Infra Red (FTIR)**

Hidrogel ditempatkan dalam kontak dengan Kristal ATR kemudian ditahan oleh penjepit kompresi *micrometer controlled*. Setelah itu, diuji pada bilangan gelombang  $500\text{-}4000\text{ cm}^{-1}$ .

### 3.3.4.5 Analisis Morfologi dengan Scanning Electron Microscope (SEM)

Analisa morfologi dilakukan dengan menggunakan alat Hitachi TM3000.

Hidrogel dipotong dengan ukuran 1 cm x 1 cm. kemudian dikeringkan dengan Freeze drying lalu di keringkan dalam oven selama 1 jam. Diletakkan sampel tersebut diatas preparat dan diamati sehingga dapat terlihat struktur permukaan hidrogel yang dihasilkan.

### 3.3.5 Hidrogel Sebagai Adsorben Ion $Pb^{2+}$ dan Ion $Zn^{2+}$

#### 3.3.5.1 Pembuatan Larutan Ion $Pb^{2+}$ dan Ion $Zn^{2+}$

##### a. Larutan Ion $Pb^{2+}$

Untuk membuat larutan induk  $Pb^{2+}$  1000 ppm, Sebanyak 0,8 gram  $Pb(NO_3)_2$  dimasukkan ke dalam labu takar 500 mL dan ditambahkan aquades hingga tanda batas dan dihomogenkan. Kemudian untuk membuat larutan standar 100 ppm, Larutan induk  $Pb^{2+}$  1000 ppm dipipet 10 mL ke dalam labu ukur 100 mL, kemudian diencerkan dengan akuabides hingga tanda batas. Selanjutnya membuat larutan  $Pb(NO_3)_2$  dengan konsentrasi 50 ppm, 40 ppm, 30 ppm, 20 ppm, 10 ppm dan 5 ppm (Deviyanti dkk, 2014).

##### b. Larutan Ion $Zn^{2+}$

Untuk membuat larutan induk  $Zn^{2+}$  1000 ppm, Sebanyak 1,24 gram  $Zn(SO_4)$  dimasukkan ke dalam labu takar 500 mL dan ditambahkan aquades hingga tanda batas dan dihomogenkan. Kemudian untuk membuat larutan standar 100 ppm, Larutan induk ion  $Zn^{2+}$  1000 ppm dipipet 10 mL ke dalam labu ukur 100 mL, kemudian diencerkan dengan aquabides hingga tanda batas. Selanjutnya membuat larutan  $Zn(SO_4)$  dengan konsentrasi 50 ppm, 40 ppm, 30 ppm, 20 ppm, 10 ppm dan 5 ppm (Deviyanti dkk, 2014).

#### 3.3.5. 3 Efek pH Larutan Logam Terhadap Penyerapan Ion $Pb^{2+}$ dan $Zn^{2+}$

Gel yang sudah dikeringkan sebanyak 30 mg, kemudian di swelling selama 60 menit dalam larutan Ion  $Pb^{2+}$  dan  $Zn^{2+}$  sebanyak 50 mL dengan konsentrasi 10

ppm; 20 ppm; 30 ppm; dan 40 ppm . Selanjutnya ditambah larutan buffer dengan variasi pH 2; 4; dan 6. Kemudian diaduk dengan kecepatan 100 rpm dan diukur konsentrasi akhir ion  $Pb^{2+}$  dan ion  $Zn^{2+}$  dalam larutan menggunakan SSA (Nurfilah, 2013).

#### **3.3.5.3 Penentuan Konsentrasi dan Jumlah Ion Teradsorpsi Ion $Pb^{2+}$ dan $Zn^{2+}$**

Sebanyak 50 mL larutan ion  $Pb^{2+}$  dan ion  $Zn^{2+}$  masing-masing dengan variasi konsentrasi 10 ppm; 20 ppm; 30 ppm; dan 40 ppm. Ditambahkan dengan 30 mg hidrogel. Tiap-tiap campuran dikocok dengan shaker pada pH optimum selama 1 jam dan pada suhu  $27^{\circ}C$  (Buhani et.al, 2017). Kemudian disentrifugasi dan diambil filtratnya untuk dianalisis konsentrasi ion logam yang tertinggal dalam larutan dengan menggunakan SSA.

#### **3.3.5.4 Penentuan Pola Interaksi dan Kapasitas adsorpsi Ion $Pb^{2+}$ dan $Zn^{2+}$**

Hasil data konsentrasi kesetimbangan yang telah diperoleh selanjutnya digunakan bersama dengan data konsentrasi awal, massa adsorben, dan volume, untuk menghitung persamaan model yang sesuai dengan hasil eksperimen. Model isoterm yang digunakan adalah model isoterm Langmuir dengan bentuk persamaan linier. Untuk mencari persamaan model yang sesuai dengan hasil eksperimen, digunakan analisis regresi linier. Hasil perhitungan dari regresi linier akan memberikan nilai gradien ( $b$ ) dan intersep ( $a$ ). Dari data tersebut, dapat dicari nilai-nilai konstanta pada persamaan Langmuir dan Freundlich (Perdana dkk, 2023)

## V. SIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Kadar selulosa yang diperoleh sebesar 71% .
2. Hidrogel MCCDN/Kitosan-glutaraldehyd berhasil disintesis dengan variasi terbaik dalam penyerapan air yaitu glutaraldehyd 1 mL dengan persentase rasio swelling sebesar 1730%. dan nilai derajat ikat silang sebesar 16,08%.
3. Hasil Analisis SEM menunjukkan adanya interaksi gugus aktif hidrogel terhadap gugus OH pada air dimana pori yang sebelumnya terbuka menjadi tertutup oleh gugus hidrofilik yang berinteraksi membentuk ikatan hidrogen dengan gugus -OH pada molekul air.
4. Hidrogel yang diinteraksikan dengan ion  $Pb^{2+}$  menunjukkan nilai penyerapan ion sebesar 9,13 mg/g dengan pH optimum yaitu pH 6 dan konsentrasi optimum pada 20ppm. Pada Logam  $Zn^{2+}$  menunjukkan nilai penyerapan ion sebesar 10,65 mg/g dengan pH optimum yaitu pH 6 dan konsentrasi 40 ppm.
5. Pola Isoterm yang berlaku pada adsorbat ion  $Pb^{2+}$  yaitu isoterm Langmuir dengan nilai  $R^2$  sebesar 0,929 dan kapasitas penyerapan ( $Q_m$ ) sebesar 6,544 mg/g, sedangkan pada logam  $Zn^{2+}$  berlaku isoterm Freundlich dengan nilai  $R^2$  sebesar 0,8898 dan nilai  $K_f$  sebesar 4,601.

## 5.2. Saran

Berdasarkan hasil yang diperoleh, beberapa saran untuk penelitian selanjutnya sebagai berikut:

1. Pada proses sintesis hidrogel perlunya penambahan siklus perubahan suhu ekstrim agar proses gelasi dapat berjalan lebih optimal.
2. Pada proses uji adsorpsi hidrogel terhadap logam, perlu diperhatikan jarak waktu saat melakukan karakterisasi untuk segera mungkin untuk menghindari pengendapan logam.
3. Kemudian perlunya uji SEM pada permukaan hidrogel setelah di aplikasikan pada logam agar mampu melihat perbedaan letak logam yang terserap. Selain itu nilai perbesaran analisis SEM Perlu ditambah hingga 4000x agar dapat melihat morfologi pada permukaan hidrogel yang lebih jelas.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, E. M. 2015. Hydrogel: Preparation, characterization, and applications: A review. *Journal of Advanced Research*, 6(2), 105–121.
- Antika, R.A. 2021. Biokonversi Selulosa Pada Onggok Menjadi Biokomposit Hidrogel Dengan Enzim Hidrolitik dari Bakteri *Actinomycetes*. *Skripsi*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Lampung.
- Arza, I. 2013. Uji Kemampuan Hidrogel Poli(Akrlat-Co-Akrlamida)Sebagai Penyerap Ion Logam Cr, C,Ni,Cu,Zn, Dan Pb. *Skripsi*. UIN Syarif Hidayatullah. Jakarta.
- Ayu, U. 2018. Sintesis Selulosa Sitrat Dari Selulosa Ampas tebu (*saccharum officinarum* l.) Melalui Reaksi Esterifikasi Dengan Asam Sitrat Sebagai Adsorben Ion Seng ( $Zn^{2+}$ ) Pada Limbah Industri Sarung Tangan Karet. *Skripsi*. Universitas Sumatera Utara . Medan.
- Bruggisser, R. n.d. 2005. Bacterial and fungal absorption properties of a hydrogel dressing with a superAdsorbent polymer core. *Journal Polymers*. 6.1–4.
- Buhani., Herasari .D., Suharso and Yuwono S.D., 2017 Correlation of Ionic Imprinting Cavity Sites on the Amino-Silica Hybrid Adsorbent with Adsorption Rate and Capacity of  $Cd^{2+}$  Ion in Solution .*Orient. J. Chem*. 33(1). 418-429.
- Burton,G. A. 2002. Sediment quality criteria in use around the world. *Limnology*. 3:65–75
- Cahyaningrum, S.E, Narsito, Sri J.S, dan Rudiana, A. 2011. Adsorpsi Ion Logam Zn (II) dan Cu(II) Pada Kitosan Nano Bead Dari Cangkang Udang Windu ( *Penaeus monodon*). *Jurnal manusi dan Lingkungan*. 18. 3.
- Chang, C., dan Zhang, L. 2011. Cellulose-based hydrogels: Present status and application prospects. *Carbohydrate Polymers*, 84(1), 40–53.
- Dabrowski, A. 2001. *Adsorption-from Theory to Practice*. Faculty of Chemistry, M.Curie-Sklodowska University. 20031 Lublin. Poland.
- Dence, C.V. dan D. W. Reeve. 1996. *Pulp Bleaching, Principle and Practice*. TAPPI PRESS. Atlanta. Georgia.

- Deviyanti., Sumiati ., dan Herawati N. 2014. Kapasitas Adsorpsi Arang Aktif Kulit Singkong terhadap Ion Logam Timbal ( $Pb^{2+}$ ). *Jurnal Chemica* 15. 58-65.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. 2021. *Statistik Perkebunan 2019-2021*. Ditjenbun. Jakarta
- Erani, F.S., Abu H, dan Indah P. 2022. Kinetika Adsorpsi Logam Cu Dan Zn Pada Limbah Cair Kelapa Sawit Menggunakan Membran Silika. *Jurnal Kinetika*. 13.03.
- Erizal. 2010. Sintesis Hidrogel Super Adsorben Poli (Akrilamida-Ko- Kalium Akriolat) Dengan Teknik Radiasi Dan Karakterisasinya. *Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop Dan Radiasi*, 6(2), 105–116.
- Erizal , Zainal Abidin, D. dan S. 2011. Super Adsorben Poli ( Akrilamida-KO-Asam Akriolat ) -Kitosan Hasil Iradiasi Gamma Untuk Pembuatan Hidrogel Poli ( AAm-ko-AA ) -. *Indonesian Journal Of Materials Science*, 12(3), 168–174.
- FAO. 2019. *The State of Food and Agriculture 2019. Moving forward on food loss and waste reduction*. License: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. Rome.
- Fessenden, R.J. and Fessenden, J.S., 1986. *Kimia Organik, diterjemahkan oleh Pudjaatmaka, A. H., Edisi Ketiga, Jilid 1*. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Garner, C. M., Nething, M., and Nguyen, P. 1997. Synthesis of a Super Adsorbent Polymer. *Journal of Polymers*. 74(1), 95–96.
- Gerhardsson, L., Dahlin, L., Knebel, R., and Schütz, A. 2002. Blood lead concentration after a shotgun accident. *Environmental Health Perspectives*, 110(1), 115–117.
- Gibas, I dan Janik, H. 2010 . Ulasan: Hidrogel Polimer Sintetik untuk Biomedis. *Aplikasi, Kimia dan Teknologi Kimia* . Vol 4. Hal 297-298.
- Ginting.F.D. 2008. *Adsorpsi*. Penerbit : FT UI . Jakarta.
- Guibal E, Milot C, and Roussy J. 1999. *Chitosan gel beads for metal ion recovery*. Chitin Handbook. Grottammare. Italy.
- Gulrez, S.K.H., Al-Assaf, S and Philips, G.O.,2011. *Progress in Molecular and Environmental Bioengineering-From Analysis and Modeling to Technology Application, Hydrogel Methods of Preparation*. Characterisation and Application. Intech.
- Gunawan, B. dan Azhari , C.D. 2010. Karakterisasi Spektrofotometer IR dan Scanning Electron Microscopy (SEM) Sensor Gas Dari Bahan Polimer Polietilen Glikol (PEG). *Jurnal Sains dan Teknologi*. Vol 3 (2).
- Hadi, F.M. 2016. Pemanfaatan Limbah Cangkang Gonggong Sebagai Adsorben Untuk Penyerap Logam Timbal ( $Pb^{2+}$ ). *Skripsi*. Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta.

- Halimu RB, Sulistijo RS, dan Mile L. 2017. Identifikasi kandungan tanin pada *Sonneratia alba*. *Jurnal ilmiah perikanan dan kelautan*. 5(4):93-97.
- Hoffman, A.S.,. 2002. Hydrogels For Biomedical Application. *Advanced Drug Delivery Review*. 54. 1.
- Istinanda, R., Harlia., Alimuddin, dan Hairil A.,. 2018. Sintesis Dan Karakterisasi Komposit Zeolit-Selulosa Dari Serat Daun Nanas (*Ananas Comosus Merr*) Sebagai Bahan Pengisi Cat Tembok Emulsi Akrilik. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*. 7(3). 1-9.
- Khlifi, R., dan Hamza-Chaffai, A. 2010. Head and neck cancer due to heavy metal exposure via tobacco smoking and professional exposure: A review. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 248(2), 71–88.
- Klemm, D., Schmauder, H.P., and Heinze, T. 1998. Nanocellulose Innovative Polymers In Research And Application. *Journal of advance of polymer science*. 205 . 275-287.
- Kuo, C.Y., Wu, C.H., and Chen, M.J. 2015. Adsorption of Lead Ions from Aqueous Solutions by Citric Acid Modified Cellulose. *Journal Desalination and Water Treatment*. Vol. 55.
- Kusumaningsih, T., Masykur, A., and Arief, U. 2004. Synthesis of chitosan from chitin of escargot (*Achatina fulica*). *Biofarmasi Journal of Natural Product Biochemistry*. 2(2), 64–68.
- Mahinroosta, M., Jomeh Farsangi, Z., Allahverdi, A., and Shakoori, Z. 2018. Hydrogels as intelligent materials: A brief review of synthesis, properties and applications. *Materials Today Chemistry*. 8. 42–55.
- Mayangsari, N. E., Apriani, M., and Veptiyan, E. D. 2019. Utilization of Pineapple Leaves as Heavy Metal adsorbent. *Journal of Research and Technology*, 5(2), 129–138.
- Murthihapsari, Bertha M, and Dini D. H. 2012. Model Isoterm Freundlich dan Langmuir Oleh Adsorben Arang Aktif Bambu Andong (*g. Verticillata* (wild) munro) dan Bambu Ater (*g. Atter* (hassk) kurz ex munro). *Jurnal Sains Natural Universitas Nusa Bangsa*. Vol. 2. No. 1.17 – 23
- Mohamed, M. A. 2017 *Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy, Membrane Characterization*. Elsevier B.V.
- Mulyadi, I. 2019. Isolasi dan Karakteristik Selulosa. *Jurnal Saintika Unpam*, 1(2), 177–182.
- Nandini Sahu, Diksha Gupta, and Ujjwal Nautiyal. 2020. Hydrogel: Preparation, Characterization and Applications. *Asian Pacific Journal of Nursing and Health Sciences*, 3(1), 1–11.

- Nurfilah, E. 2013. Studi Awal Hidrogel Poliakrilamida-Co-Kitosan Sebagai Penyerap Ion Logam Cr, Co, Ni, Cu, Zn Dan Pb. Skripsi. UIN Syarif Hidayatullah. Jakarta.
- Pingali, S. V., Urban, V. S., Heller, W. T., McGaughey, J., O'Neill, H., Foston, M., Myles, D. A., Ragauskas, A., and Evans, B. R. 2010. Breakdown of cell wall nanostructure in dilute acid pretreated biomass. *Biomacromolecules*, 11(9), 2329–2335.
- Placket, D. 2011. *Biopolymers: New material For Sustainable Films And Coating*. Wiley Publishing. Amerika.
- Pratama, J. H., Rohmah, R. L., Amalia, A., dan Saraswati, T. E. 2019. Isolasi Mikroselulosa dari Limbah Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) dengan Metode Bleaching-Alkalinasi. *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, 15(2), 239.
- Pratikno, H. 2008. Teknologi Pemanfaatan Serat Daun Nanas Sebagai Alternatif Bahan Baku Tekstil. *Teknoin*, 13, 31–35.
- Rahayu, P. dan Khabibi,. 2016. Adsorpsi Ion Logam Nikel(II) oleh Kitosan Termodifikasi Tripolifosfat. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*. 19 (1) . 21 – 26.
- Rahayuningdyah .D.W., Diana L., Widodo F., dan Puspita .O.E.,. 2020. Pengembangan Formula Hidrogel Balutan Luka Menggunakan Kombinasi Polimer Galaktomanan dan PVP. *Pharmaceutical Journal Of Indonesia* 5, 2. 117-122.
- Rajab, T. N. 2021. Pembuatan Hidrogel Dari sabut kelapa (*cocos nucifera* l.) Sebagai Adsorben Logam Berat Cu Dan Fe. *Skripsi*. UIN Alauddin. Makassar.
- Ramadhani F., Miratsi L., Humaeroh Z., dan Afriani F,. 2021. Kemampuan Swelling Hidrogel Berbasis Pva/Alginat. *SNPPM*. 1. 149-151.
- Rambe, N. 2018. Pembuatan Dan Karakterisasi Hidrogel Berbasis Polivinil Alkohol Dengan Pengisi Mikro Bentonit. *Jurnal Pembangunan Wilayah dan Kota*, 1(3), 82–91.
- Rudyardjo, D. I. 2014. Pengaruh Penambahan *Plasticizer* Gliserol Terhadap Karakteristik Hidrogel Kitosan-Glutaraldehyd Untuk Aplikasi Penutup Luka. *Jurnal Ilmiah Sains*. 14(1). 18.
- Said, N. I. 2018. Metoda Penghilangan Logam Merkuri Di Dalam Air Limbah Industri. *Jurnal Air Indonesia*. 6(1).
- Sannino, A., Demitri, C., and Madaghiele, M. 2009. Biodegradable cellulose-based hydrogels: Design and applications. *Materials*, 2(2), 353–373.
- Sari, D. K., Marliyati, S. A., Kustiyah, L., Khomsan, A., dan Gantohe, T. M. 2014. The Organoleptic Functional Biscuit Formulation Based. *Agritech*,

34(2), 120–125.

- Saputra, A.H., Hapsari, M., Pitaloka, A.B., dan Wulan, P.P.D.K. 2015. Sintesis dan karakterisasi hidrogel dari turunan selulosa eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) melalui metode ikat silang kimia menggunakan asam sitrat. *Journal of Engineering Science and Technology*. 10(2). 11-14.
- Sasmitaloka, K. S. 2017. Produksi Asam Sitrat Oleh *Aspergillus Niger* Pada Kultivasi Media Cair Besar. *Jurnal Integrasi Proses*. 6(3). 116–122.
- Sembiring, Y. P. B. 2019. Pembuatan Hidrogel Dari CMC Kulit Durian (*Durio zibethinus*) Dan Asam Sitrat Dengan Metode Ikat Silang. *Skripsi*. Universitas Sumatera Selatan. Medan.
- Seto, A. S., dan Sari, M. S. 2013. Pembuatan Selulosa Asetat Berbahan Dasar Nata de Soya. *Konversi*. 2. 1–12.
- Sibarani, J., Arisma, D., Irdhawati, Manurung, M., dan Puspawat, N. M. 2018. Sintesis Kopolimer Cangkok Kitosan-g-Poli (Asam Akrilat) Sebagai Adsorben Kation  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$  Dan  $\text{Cr}^{3+}$ . *Cakra Kimia: Indonesian E-Journal of Applied Chemistry*. 6(2).98–105.
- Stuart, B. 2004. *Infta Red Spectroscopy: Fundamentals And Applications*. Wiley and Sons Inc. New York.
- Suarsa, I. W. 2015. Kinetika Adsorpsi Timbal ( $\text{Pb}^{2+}$ ) Pada Berbagai Absorban. Thesis. UIN Udayana. Bali.
- Suliwarno, A. 2018. Karakteristik Hidrogel Selulosa/Polivinil Alkohol Untuk Adsorpsi Logam Berat. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 18(2), 55.
- Sunarjono, H. 2008. *Berkebun 21 Jenis Tanaman Buah*. Cetakan 6. Penebar Swadaya. Jakarta
- Surtiningsih, P. 2008. Keragaman Genetik Nenas (*Ananas Comosus* (L.) Merr.) Berdasarkan Penanda Morfologi Dan Amplified Fragment Length Polymorphism (AFLP). *Tesis*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Suseno, J. E., dan Firdausi, K. S. 2008. Rancang Bangun Spektroskopi FTIR (Fourier Transform Infrared) untuk Penentuan Kualitas Susu Sapi. *Berkala Fisika*, 11(1), 23-28–28.
- Tangio, J. S. 2013. Adsorpsi logam timbal (Pb) dengan menggunakan biomassa eceng gondok (*Eichhornia crassipes*). *Jurnal Entropi*, 8(1), 500–506.
- Tomar, R. S., Gupta, I., Singhal, R., dan Nagpal, A. K. 2007. Synthesis of poly(acrylamide-co-acrylic acid)-based super-Adsorbent hydrogels by gamma radiation: Study of swelling behavior and network parameters. *Designed Monomers and Polymers*, 10(1), 49–66.
- Tsihlis, N. D., Murar, J., Kapadia, M. R., Ahanchi, S. S., Oustwani, C. S., Saavedra, J. E., Keefer, L. K., dan Kibbe, M. R. 2010. Hydrogels: Methods

- of Preparation. *Journal of Vascular Surgery*, 51(5), 1248–1259.
- Widiyatno, T., Yuliawati, T., Agung A, dan Susilo,. 2017. Adsorpsi Logam Berat (Pb) Dari Limbah Cair Dengan Adsorben Arang Bambu Aktif. *Jurnal Teknologi Bahan Alam*. 1 (1). 17-18.
- Wijaya, C.J., Saputra, S.N., Soetaredjo, F.E., Putro, J.N., Lin, C.X., dan Kurniawan, A.,. 2017. Nanokristal selulosa dari limbah kulit buah markisa sebagai pembawa obat antibiotik. *Carbohydrate Polymers*. 175: 4-5.
- Yang, Y., Chen, F., Zhang, L., Liu, J., Wu, S., and Kang, M. 2012. Comprehensive assessment of heavy metal contamination in sediment of the Pearl River Estuary and adjacent shelf. *Marine Pollution Bulletin*.64(9):1947–1955.
- Yusuf, M. A., dan Tjahjani, S. 2013. Adsorpsi Ion Cr(VI) Oleh Arang Aktif Sekam Padi. *UNESA Journal of Chemistry*, 2(1), 84–88.
- Zahra M. 2022. Sintesis dan Karakterisasi Membran Selulosa Asetat dDengan Agen Pembentuk Pori Nonilfenl Etoksilat Termodifikasi Silika. *Skripsi*. FMIPA Universitas Lampung.
- Zainal, S. H., Mohd, N. H., Suhaili, N., Anuar, F. H., Lazim, A. M., and Othaman, R. 2021. Preparation of cellulose-based hydrogel: A review. *Journal of Materials Research and Technology*. 10. 935–952.
- Zamani, A., Henriksson, D., and Taherzadeh, M. J. 2010. A new foaming technique for production of superAdsorbents from carboxymethyl chitosan. *Carbohydrate Polymers*, 80(4), 1091–1101.