

**PEMANFAATAN HIDROLITIK ENZIM DARI *INDIGENOUS*
COMPOSTING Actinomyces UNTUK BIOKONVERSI SELULOSA PADA
JERAMI PADI MENJADI NANOKOMPOSIT HIDROGEL**

(Skripsi)

Oleh

Nafisah Nasution



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

ABSTRAK

PEMANFAATAN HIDROLITIK ENZIM DARI *INDIGENOUS COMPOSTING Actinomycetes* UNTUK BIOKONVERSI SELULOSA PADA JERAMI PADI MENJADI NANOKOMPOSIT HIDROGEL

Oleh

NAFISAH NASUTION

Jerami padi adalah salah satu limbah hasil pertanian yang melimpah di Indonesia dengan pemanfaatan yang masih terbatas. Kandungan selulosa dan hemiselulosa pada jerami padi memiliki potensi yang cukup besar untuk dikonversi menjadi produk yang memiliki nilai tambah dan terbarukan. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh selulosa dari jerami padi dengan *bio-pretreatment* menggunakan *Actinomycetes* dan mengonversi ukurannya menjadi nanoselulosa, serta memanfaatkannya untuk membuat nanokomposit hidrogel sebagai sistem penghantar obat. Metode penelitian meliputi preparasi sampel, analisis komponen jerami padi menggunakan metode TAPPI, penapisan isolat *Actinomycetes*, *pretreatment* jerami padi, pemurnian selulosa, penentuan indeks kristalinitas, pembuatan nanoselulosa, pembuatan hidrogel, dan karakterisasi hidrogel menggunakan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR). Isolat *Actinomycetes* dengan kode Act-4 terpilih sebagai agen *bio-pretreatment* memiliki indeks xilanolitik sebesar 1,29. *Bio-pretreatment* menghasilkan selulosa dengan indeks kristalinitas sebesar 42,92%. Nanoselulosa yang dihasilkan memiliki ukuran rata-rata sebesar 81,3 nm. Hidrogel yang berhasil diproduksi memiliki kemampuan pembengkakan 18 kali lipat dari berat awal dengan persentase *swelling* sebesar 1716%. Analisis FTIR menghasilkan beberapa daerah serapan pada 1654 cm^{-1} menandakan pembacaan gugus C=O dan 3190 cm^{-1} menunjukkan pembacaan N-H yang menunjukkan bahwa proses pengikat silang berhasil. Nanokomposit hidrogel yang mengandung amoksisilin mampu menghambat pertumbuhan bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. Berdasarkan hasil penelitian disimpulkan bahwa nanokomposit hidrogel memiliki potensi untuk aplikasi biomedis sebagai bahan sediaan obat.

Kata kunci : jerami padi, selulosa, *Actinomycetes*, *pretreatment*, nanoselulosa, hidrogel, sistem penghantar obat.

ABSTRACT

UTILIZATION OF HYDROLYTIC ENZYMES FROM INDIGENOUS COMPOSTING Actinomycetes FOR CELLULOSE BIOCONVERSION IN RICE STRAW TO HYDROGEL NANOCOMPOSITES

By

NAFISAH NASUTION

Rice straw is one of the abundant agricultural wastes in Indonesia with limited utilization. The cellulose and hemicellulose content in rice straw has considerable potential to be converted into value-added and renewable products. The objective of this study was to obtain cellulose from rice straw by bio-pretreatment using Actinomycetes and convert its size into nanocellulose, and utilize it to make hydrogel nanocomposites as a drug delivery system. The research methods included sample preparation, analysis of rice straw components using the TAPPI method, screening of Actinomycetes isolates, pretreatment of rice straw, purification of cellulose, determination of crystallinity index, preparation of nanocellulose, preparation of hydrogels, and characterization of hydrogels using Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR). Actinomycetes with Act-4 code selected as a bio-pretreatment agent has a xylanolytic index of 1.29. Bio-pretreatment produces cellulose with a crystallinity index of 42.92%. The resulting nanocellulose has an average size of 81.3 nm. The hydrogel successfully made can swell 18 times the initial weight with a swelling percentage of 1716%. FTIR analysis showed several absorption regions at 1654 cm^{-1} indicating C=O group readings and 3190 cm^{-1} signaling N-H readings indicating that the crosslinking process was successful. The hydrogel nanocomposite containing amoxicillin can inhibit the growth of *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus* bacteria. The research result concluded that hydrogel nanocomposites have the potential for biomedical applications as a raw material for medicine.

Keywords : rice straw, cellulose, Actinomycetes, pretreatment, nanocellulose, hydrogel, drug delivery system.

**PEMANFAATAN HIDROLITIK ENZIM DARI *INDIGENOUS*
COMPOSTING *Actinomyces* UNTUK BIOKONVERSI SELULOSA PADA
JERAMI PADI MENJADI NANOKOMPOSIT HIDROGEL**

Oleh

Nafisah Nasution

Skripsi

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

Pada

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



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

Judul : **PEMANFAATAN HIDROLITIK ENZIM DARI
INDIGENOUS COMPOSTING *Actinomycetes*
UNTUK BIOKONVERSI SELULOSA PADA
JERAMI PADI MENJADI NANOKOMPOSIT
HIDROGEL**

Nama : **Nafisah Nasution**

No Pokok Mahasiswa : **1817011057**

Jurusan : **Kimia**

Fakultas : **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**




1. **Komisi Pembimbing**


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


Prof. Dr. Kamisah D. Pandiangan, M.Si.
NIP. 197212051997032001

2. **Ketua Jurusan Kimia
FMIPA Universitas Lampung**


Mulyono, Ph.D.
NIP. 197406112000031002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

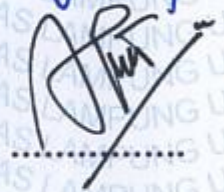
Ketua : **Dr. Eng. Heri Satria, M.Si.**



Sekretaris : **Prof. Dr. Kamisah D. Pandiangan, M.Si.**



Penguji
Bukan Pembimbing : **Dr. Ilim, M.S.**



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dr. Eng. Suripto Dwi Yuwono, M.T.
NIP. 197407052000031001



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **18 Januari 2023**



SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Nafisah Nasution

Nomor Pokok Mahasiswa : 1817011057

Jurusan : Kimia

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Perguruan Tinggi : Universitas Lampung

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul **Pemanfaatan Hidrolitik Enzim dari *Indigenous Composting Actinomyces* untuk Biokonversi Selulosa pada Jerami Padi Menjadi Nanokomposit Hidrogel** adalah benar karya saya sendiri. Selanjutnya saya juga tidak keberatan jika sebagian atau seluruh data di dalam skripsi tersebut digunakan oleh dosen atau program studi untuk kepentingan publikasi, sepanjang nama saya disebutkan dan terdapat kesepakatan sebelum dilakukan publikasi. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sadar dan sebenarnya untuk digunakan sebagaimana mestinya

Bandar Lampung, 03 Februari 2023

Menyatakan



Nafisah Nasution
NPM. 1817011057

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Bogor, pada tanggal 11 Desember 1999 sebagai anak pertama dari empat bersaudara, putri dari Bapak Taufiqurohman Nasution dan Ibu Nurhayati. Penulis mulai menempuh pendidikan pada tahun 2004 di RA Al-Fatah Cileungsi, setelah itu melanjutkan pendidikan dasar di MI Al-Fatah Cileungsi pada tahun 2006, kemudian melanjutkan pendidikan menengah di MTS Al-Fatah Cileungsi pada tahun 2012-2015 dan menyelesaikan pendidikan menengah atas di MAS Al-Fatah Cileungsi pada tahun 2018. Penulis melanjutkan pendidikan sebagai mahasiswa di Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi (SBMPTN).

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif sebagai Anggota Kader Muda Himpunan Mahasiswa Kimia (Himaki) FMIPA Unila periode 2018, kemudian menjadi anggota Bidang Sains dan Penalaran Ilmu Kimia (SPIK) Himaki FMIPA Unila periode 2019 dan 2020, staf Advokasi dan Kesejahteraan Mahasiswa Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM) FMIPA Universitas Lampung Kabinet Aksi Inspiratif periode 2019. Selain itu, penulis pernah menjadi Asisten Praktikum Biokimia pada tahun 2022.

Penulis pernah mengikuti kegiatan sosial seperti Karya Wisata Ilmiah (KWI) BEM-FMIPA Unila di Desa Tanjung Tirto Kecamatan Way Bungur pada tahun 2018, Kunjungan Industri (KI) Himaki FMIPA Unila ke PT. Kratingdaeng, PT. Yakult Indonesia Persada dan PT. Amerta Indah Otsuka di Jawa Barat pada tahun 2019, *Chemistry Care* Himaki FMIPA Unila di Lampung Selatan pada tahun

2019, dan menjadi panitia Medis Karya Wisata Ilmiah (KWI) BEM-FMIPA Unila di Desa Tambah Dadi, Kecamatan Purbolinggo, Kabupaten Lampung Timur pada tahun 2019. Selain itu, penulis telah melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Sukabakti, Kecamatan Palas, Kabupaten Lampung Selatan pada bulan Februari sampai dengan Maret 2021. Pada bulan November 2021 sampai Maret 2022, penulis melakukan Praktek Kerja Lapangan (PKL) yang berjudul “Uji Aktivitas Amilolitik dari Bakteri *Indigenous* Limbah Onggok Singkong” di Laboratorium Biokimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan alam, Universitas Lampung.

MOTTO

"Barangsiapa keluar untuk mencari sebuah ilmu, maka ia akan berada di jalan Allah hingga ia kembali"
(HR. Tirmidzi)

"Jika kamu tidak sanggup menahan lelahnya belajar maka kamu harus sanggup menahan perihnya kebodohan"
(Imam Syafi'i)

Pantang dalam menyerah, pantang dalam berpatah arang. Tidak ada kata gagal untuk orang yang enggan berhasil. "Dan janganlah kamu berputus asa dari rahmat Allah. Sesungguhnya tiada berputus dari rahmat Allah melainkan orang-orang yang kufur".
(QS. Yusuf : 87)

Tidak ada kesulitan yang tidak ada ujungnya. Sesudah sulit pasti akan ada kebahagiaan. "Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan."
(QS. Al-Insyirah : 5-6)

Tidak ada ujian yang tidak bisa diselesaikan. Tidak ada kesulitan yang melebihi batas kesanggupan. Karena "Allah tidak akan membebani seseorang melainkan sesuai dengan kadar kesanggupannya."
(QS. Al-Baqarah : 286)

PERSEMBAHAN

Dengan mengucap

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Alhamdulillah Puji Syukur Kehadirat Allah SWT Yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang atas Rahmat, Karunia, dan Hidayah-Nya

Dengan segala kerendahan hati, kupersembahkan karya kecil ini sebagai tanda cinta, hormat, tanggung jawab, dan baktiku

Kepada :

Kedua Orang Tuaku

Bapak Taufiqurohman Nasution dan Ibu Nurhayati

Yang telah menjadi sumber kebahagiaan dan kekuatan untukku, yang telah memberikan kasih sayang, do'a, kesabaran, dukungan, serta nasihat untuk senantiasa tetap berpegang teguh pada agama Allah SWT.

Ketiga adikku tersayang,

Nisrina Nasution, Naisila Fajarina Nasution, dan Nadira Ulfa Nasution

Atas dukungan dan Semangat yang diberikan.

Bapak Dr. Eng Heri Satria, M.Si., dan Ibu Prof. Dr. Kamisah D.

Pandiangan, M.Si., dan Bapak Ibu Dosen Jurusan Kimia

Yang telah membimbingku selama menempuh pendidikan sarjana di Jurusan Kimia Universitas Lampung.

Seluruh sahabat dan teman-teman terdekatku yang selama ini telah memberikan banyak dukungan, bantuan dan motivasi kepadaku

Serta

Almamaterku Tercinta
Universitas Lampung

SANWACANA

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, karunia, nikmat, dan kasih sayang-Nya. Shalawat serta salam teruntuk Nabi Muhammad SAW, semoga kelak kita termasuk umat yang mendapat *syafa'at* beliau di *yaumul akhir* nanti. Dengan berbekal keyakinan, ketabahan, serta ilmu pengetahuan dan pengalaman yang telah diperoleh, penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul “**Pemanfaatan Hidrolitik Enzim dari *Indigenous Composting Actinomyces* untuk Biokonversi Selulosa pada Jerami Padi Menjadi Nanokomposit Hidrogel**”. Skripsi ini adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

Dalam pelaksanaannya, penulisan skripsi ini tidak lepas dari kesulitan dan rintangan. Namun dengan kehendak dan karunia Allah SWT serta bantuan dan dukungan serta semangat dari berbagai pihak. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Kedua orang tua yang selalu penulis cintai dan berjasa dalam hidup penulis, Bapak Taufiqurohman Nasution dan Ibu Nurhayati yang telah memberikan kasih sayang, do'a, semangat, dukungan, nasihat dan motivasi yang luar biasa sehingga penulis dapat bertahan dan menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Semoga Allah SWT selalu memberikan kesehatan, keberkahan, keselamatan, kelimpahan rezeki, kebahagiaan dunia akhirat, dan menyatukan kita kembali di surga-Nya. *Aamiin allahumma aamiin.*

2. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, M.Si. selaku Dosen Pembimbing I yang telah membimbing, mendidik, dan mengarahkan penulis dengan penuh kesabaran dalam penulisan, perencanaan, dan pelaksanaan penelitian ini sehingga skripsi ini dapat terselesaikan. Semoga Allah SWT senantiasa memberikan keberkahan atas semua yang telah bapak berikan dan membalas semuanya dengan kebaikan.
3. Ibu Prof. Dr. Kamisah D Pandiangan, M.Si. selaku Pembimbing II penulis atas bimbingan, kritik, saran dan arahnya kepada penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan. Semoga Allah SWT senantiasa memberikan keberkahan atas semua yang telah bapak berikan dan membalas semuanya dengan kebaikan.
4. Ibu Dr. Ilim, M.S. selaku dosen Pembahas yang telah memberikan motivasi, kritik, dan saran yang membangun kepada penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan. Semoga segala urusannya dipermudah oleh Allah SWT dan membalas semuanya dengan kebaikan.
5. Bapak Diky Hidayat, M.Si. pembimbing akademik atas segala bimbingan, nasihat, dan kesabaran dalam membimbing penulis terkait bidang akademik selama masa perkuliahan.
6. Bapak Mulyono, Ph.D. selaku Ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
7. Bapak dan Ibu Dosen di Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung yang tidak bisa disebutkan satu per satu, yang telah membimbing dan memberikan banyak ilmu baik akademik maupun non akademik, pengalaman, dan motivasi kepada penulis selama perkuliahan.
8. Ibu Dr. Dian Herasari, S.Si., M.Si. selaku Kepala Laboratorium Biokimia atas izin penggunaan laboratorium yang telah diberikan kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dengan baik.
9. Mba Della selaku Laboran Laboratorium Biokimia yang telah banyak memberikan arahan, semangat, serta membantu penulis dalam penyediaan alat untuk penelitian.

10. Adik-adikku tersayang Nisrina Nasution, Naisila Fajarina Nasution dan Nadira Ulfa Nasution atas segala perhatian, *support*, dan bantuannya. Terimakasih karena selalu menemani dan mendukung penulis dengan cara kalian. Semoga Allah SWT selalu memberikan kesehatan, keberkahan, keselamatan, kelimpahan rezeki, kebahagiaan dunia akhirat, dan menyatukan kita kembali di surga-Nya. *Aamiin allahumma aamiin*.
11. Rekan satu bimbingan penelitian penulis, Olivia Novianti dan Muhamad Raifar Gunawan, terima kasih atas kerjasama dan bantuannya sehingga kita dapat menyelesaikan penelitian ini di waktu yang tepat. Semoga kita semua sukses dunia dan akhirat, serta tetap menjaga silaturahmi meski telah berpisah jalan.
12. Kakak tingkat satu bimbingan penelitian, Aisyah Tri Setyaningsing, Risma Handayani, dan Renny Andrelia Antika, terimakasih atas ilmu dan saran yang diberikan kepada penulis selama penulis mengerjakan penelitian.
13. Sahabat-sahabat penulis Nia Puspita Dewi, Nadya Aulia Febiyanti, Mega Muryani, dan Dedeh Kurniasih yang mewarnai kehidupan kampus penulis hingga saat ini. Terimakasih karena selalu ada dan selalu membantu penulis baik susah maupun senang, semoga silaturahmi kita tetap terjaga sampai kapanpun dan diberkahi kesuksesan dunia dan akhirat.
14. Sahabat *Until Jannah* Tasya, Tania, Afni, kak Habibah, Umi dan Teh Ara yang telah mewarnai hidup penulis dari kecil hingga saat ini. Semua keluh kesah, candaan, keceriaan, dan kebersamaan kita tidak akan pernah penulis lupakan. Semoga silaturahmi kita tetap terjaga sampai kapanpun dan diberkahi kesuksesan dunia dan akhirat.
15. Teman-teman lab Biokimia, Nur Mayana Putri, Eka Candra Wati, Risna Milenia, Aulia Siti Pradina, Vezhia Sheiscatamya, dan penghuni lab Biokimia lain, terimakasih atas semangat, motivasi dan bantuannya, semoga kita semua diberkahi kesuksesan.
16. Teman-teman seangkatan Kimia 2018 khususnya Kelas B untuk kebersamaan yang telah dilalui dari awal perkuliahan hingga saat ini. Semoga silaturahmi kita tetap terjaga dan diberkahi kesuksesan.

17. Kakak-kakak dan adik-adik tingkat Jurusan Kimia FMIPA Unila. Semoga ilmu yang kita peroleh selama menempuh pendidikan ini dapat membawa keberkahan dan bermanfaat.
18. Semua pihak yang telah membantu penulis baik moril maupun materil dalam penyelesaian skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, akan tetapi sedikit harapan semoga skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat untuk kita semua. *Aamiin.*

Bandar Lampung, 03 Februari 2023
Penulis,

Nafisah Nasution

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	4
1.3 Manfaat Penelitian	4
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Jerami Padi.....	5
2.2 Lignoselulosa	6
2.2.1 Lignin.....	7
2.2.2 Hemiselulosa	8
2.2.3 Selulosa.....	8
2.3 Nanoselulosa	10
2.4 <i>Pretreatment</i>	11
2.5 <i>Actinomyces</i>	12
2.6 Hidrogel	13
2.6.1 Mekanisme Kerja Hidrogel	14
2.6.2 Teknik Sintesis Hidrogel	14
2.6.3 Aplikasi Hidrogel	16
2.7 Analisis.....	17
2.7.1 <i>X-ray Diffraction (XRD)</i>	17
2.7.2 <i>Particle Size Analyzer (PSA)</i>	18
2.7.3 <i>Fourier Transform Infra Red (FTIR)</i>	18

III. METODE PENELITIAN	20
3.1 Waktu dan Tempat	20
3.2 Alat dan Bahan.....	20
3.3.1 Preparasi Sampel	21
3.3.2 Analisis Komponen Jerami Padi dengan Metode TAPPI.....	21
3.3.3 Penapisan Isolat <i>Actinomyces</i>	22
3.3.4 <i>Pretreatment</i> Jerami Padi	23
3.3.5 Pemurnian Selulosa	23
3.3.6 Penentuan Indeks Kristalinitas	23
3.3.7 Pembuatan Nanoselulosa.....	24
3.3.8 Pembuatan Hidrogel	25
3.3.9 Karakterisasi Hidrogel.....	25
3.4 Diagram Alir	27
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	28
4.1 Analisis Komponen Jerami Padi dengan Metode TAPPI.....	28
4.1.1 Kadar Lignin.....	29
4.1.2 Kadar Karbohidrat Total.....	29
4.2 Penapisan Isolat <i>Actinomyces</i>	30
4.3 <i>Pretreatment</i> Jerami Padi.....	32
4.4 Penentuan Indeks Kristalinitas.....	33
4.5 Pembuatan Nanoselulosa	34
4.6 Pembuatan Hidrogel.....	36
4.7 Karakterisasi Hidrogel	37
V. SIMPULAN DAN SARAN	41
5.1 Simpulan	41
5.2 Saran.....	42
DAFTAR PUSTAKA	43
LAMPIRAN.....	48

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Indeks aktivitas xilanolitik isolat Act 1-5	32
2. Perhitungan kadar lignin dalam jerami padi	49
3. Data perhitungan total lignin.....	50
4. Data perhitungan kadar karbohidrat total.....	52
5. Data indeks xilanolitik isolat Act 1-5.....	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Struktur lignoselulosa dan biopolimer utamanya.....	7
2. Struktur selulosa.....	10
3. Skema ekstraksi nanoselulosa dari biomassa lignoselulosa.....	11
4. Biomassa lignoselulosa yang mengalami pretreatment	12
5. Diagram alir penelitian.....	27
6. Komposisi jerami padi	30
7. Hasil penapisan Act 1-5 setelah ditambahkan congo red.....	31
8. Biomassa jerami padi (a) tanpa pretreatment (b) setelah pretreatment.....	33
9. Pola difraksi antara tepung jerami padi sebelum dan setelah dilakukan pretreatment.....	34
10. Hasil analisis PSA.....	36
11. Hasil analisis FTIR.....	38
12. Hasil uji penghambatan pertumbuhan bakteri (a) <i>Escherichia coli</i> (b) <i>Staphylococcus aureus</i> (c) kontrol negatif (d) penyerapan amoksisilin 1200 µg (e) penyerapan amoksisilin 600 µg.	39

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara agraris dengan sumber daya alam yang melimpah dan berbasis pada sektor pertanian. Salah satu sektor pertanian yang sering dijumpai di Indonesia adalah pertanian padi. Menurut badan pusat statistik (BPS) (2021), jumlah produksi padi di Indonesia mencapai 54.415.294 ton/tahun dengan luas lahan panen mencapai 10.411.801 hektar. Provinsi Lampung sendiri menghasilkan 2.485.452 ton padi dengan produktivitas mencapai 50,77 kuintal per hektar pada tahun 2021. Selain beras tanaman padi akan menghasilkan produk samping berupa jerami padi. Perbandingan antara beras yang dihasilkan dengan limbah jerami padi bervariasi antara 1 : 1,3 hingga 1 : 3 (Swain *et al.*, 2019). Berdasarkan perbandingan tersebut, dapat diperkirakan pada tahun 2021 Provinsi Lampung menghasilkan jerami padi sebanyak 3,2 – 7,4 juta ton.

Banyaknya limbah jerami padi yang dihasilkan tidak sebanding dengan pemanfaatannya yang terbatas. Biasanya jerami padi digunakan untuk pakan ternak, pembuatan kompos dan sisanya dibiarkan membusuk atau dibakar. Hal ini akan menghasilkan polutan yang dapat merusak lingkungan dan penyumbang emisi gas rumah kaca (Novia dkk., 2014). Pemanfaatan limbah jerami padi dapat dimaksimalkan bila dilihat dari komposisi kimianya. Jerami padi mengandung protein kasar 8,26%, serat kasar 31,99%, selulosa 23,05%, hemiselulosa 9,09%, dan lignin 22,93% (Amin *et al.*, 2015). Kandungan selulosa dan hemiselulosa pada jerami padi memiliki potensi pengembangan yang cukup besar untuk dikonversi menjadi produk yang memiliki nilai tambah dan terbarukan (Yuansah dkk., 2019).

Kandungan selulosa pada jerami padi terikat oleh hemiselulosa dan dilindungi oleh lignin, sehingga perlu dilakukan tahap *pretreatment* untuk memudahkan pemisahan selulosa. Tahap *pretreatment* dilakukan untuk menguraikan kompleks lignoselulosa sehingga proses pemisahan menjadi lebih mudah. *Pretreatment* dapat dilakukan secara kimia, fisika, dan biologi. *Pretreatment* biologi dilakukan untuk melepaskan selulosa dari matriks lignoselulosa dengan bantuan mikroorganisme. Secara biologi, metode *pretreatment* dapat dilakukan menggunakan Efektif Mikroorganisme (EM) yang mengandung bakteri pendegradasi lignin atau hemiselulosa seperti *Actinomyces* (Rismanto dkk., 2020).

Actinomyces sebagian besar dapat diisolasi dari tanah, lumpur, danau, dan pupuk. *Actinomyces* yang memiliki aktivitas xilanolitik dapat diketahui dengan metode skrining (penapisan) menggunakan pereaksi *congo red*, uji positif ditandai dengan terbentuknya zona bening pada media agar (Utarti dkk., 2020).

Actinomyces yang memiliki aktivitas xilanolitik dapat digunakan untuk menghidrolisis hemiselulosa. Dengan terhidrolisisnya hemiselulosa, lignin akan lepas dari struktur kompleksnya dan akan menghasilkan selulosa (Rismanto dkk., 2020). Endapan selulosa yang dihasilkan kemudian dimurnikan dan dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar pembuatan nanoselulosa.

Partikel nanoselulosa adalah serat alami yang dapat diekstraksi dari selulosa yang ditandai dengan adanya peningkatan kristalinitas, aspek rasio, luas permukaan, dan peningkatan kemampuan dispersi serta biodegradasi (Ioelovich, 2012). Nanopartikel distabilkan dalam suspensi melalui proses hidrolisis dengan asam. Suspensi nanokristal selulosa dapat dibentuk menjadi suatu fase kristalin likuid. Modifikasi kimia sederhana dalam permukaan nanoselulosa dapat mengalami dispersibilitas dalam pelarut yang berbeda. Nanoselulosa dapat diperoleh dari proses hidrolisis menggunakan asam dari α - selulosa (Habibi *et al.*, 2010). Selain itu, untuk memperoleh nanoselulosa dapat menggunakan metode mekanik dengan cara ultrasonikasi. Dengan daya ultrasonikasi sebesar 1500W, dapat dihasilkan nanoselulosa berukuran 50-250 nm x 10-20 nm. Partikel nanoselulosa dapat dimanfaatkan sebagai filler penguat polimer, aditif untuk produk-produk

biodegradable, penguat membran, pengental untuk dispersi, dan media pembawa obat serta implan (Effendi dkk, 2015).

Nanoselulosa yang dikombinasikan dengan Akrilamida (AAm) dalam bentuk nanokomposit hidrogel dapat dimanfaatkan sebagai media pembawa obat atau *drug delivery system* (Antika, 2021). Material penyusun nanokomposit hidrogel mengandung polimer yang mempunyai ikatan silang. Gugus -COOH yang terdapat pada AAm dapat diionisasi, sehingga rantai polimer tersebut dapat diberi ikatan silang pada gugus -OH. Ikatan silang yang terbentuk pada nanokomposit hidrogel tersebut dapat menyerap air atau larutan dalam jumlah yang besar. Metode konvensional yang dapat digunakan untuk membuat nanokomposit hidrogel yaitu metode grafting atau disebut juga proses polimerisasi cangkok (Pourjavadi *et al.*, 2007).

Hidrogel memiliki sifat sensitivitas yang tinggi terhadap lingkungan fisiologisnya, memiliki fleksibilitas yang tinggi, dan akan membengkak ketika mengikat air (*Swelling*). Selain memiliki kemampuan mengikat dan mempertahankan air dalam jumlah besar, hidrogel juga dapat melepaskannya secara terkendali. Hidrogel banyak digunakan di bidang pertanian, kecantikan, kesehatan, dan penelitian. Pada bidang kesehatan hidrogel dapat digunakan sebagai bahan dasar imunoterapi dan vaksin. Hidrogel juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku obat. Hidrogel pada khususnya, dapat menjadi solusi yang sangat menarik dalam mencapai pelepasan obat-obatan yang berkelanjutan dan tertarget, baik meningkatkan efek obat itu sendiri maupun menurunkan efek samping pada saat yang bersamaan (Chirani *et al.*, 2015).

Berdasarkan uraian tersebut, maka dilakukan penelitian pembuatan nanokomposit hidrogel berbahan dasar selulosa hasil *pretreatment* dari jerami padi yang ditambahkan dengan AAm melalui metode *grafting*. Selanjutnya, nanokomposit hidrogel yang terbentuk dikarakterisasi dengan menggunakan *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) untuk mengetahui gugus fungsinya, analisis kemampuan amoksisilin dalam hidrogel dan uji aktivitas antibakteri melalui metode difusi.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Melakukan penapisan *Actinomyces* yang memiliki aktivitas xilanolitik.
2. Memproduksi selulosa dari jerami padi dengan metode *pretreatment* biologi menggunakan isolat *Actinomyces* terpilih.
3. Mengkonversi ukuran selulosa menjadi nanopartikel.
4. Mensintesis dan mengkarakterisasi nanokomposit hidrogel dari nanoselulosa.
5. Mengetahui kinerja nanokomposit hidrogel dari jerami padi dalam pemanfaatannya sebagai *drug delivery system*.

1.3 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan beberapa manfaat sebagai berikut :

1. Menghasilkan produk yang lebih bernilai ekonomis dari limbah jerami padi.
2. Menambah literasi terkait pemanfaatan nanokomposit hidrogel.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Jerami Padi

Padi merupakan produk utama pertanian di negara-negara agraris termasuk Indonesia. Penggilingan padi menghasilkan 72% beras, 5-8% dedak, dan 20-22% sekam (Prasad *et al.*, 2001). Menurut badan pusat statistik (BPS) (2021), jumlah produksi padi di Indonesia mencapai 54.415.294 ton/tahun dengan luas lahan panen mencapai 10.411.801 hektar. Provinsi Lampung sendiri menghasilkan 2.485.452 ton padi dengan produktivitas mencapai 50,77 kuintal per hektar pada tahun 2021. Selain beras tanaman padi akan menghasilkan produk samping berupa jerami padi. Perbandingan antara beras yang dihasilkan dengan limbah jerami padi bervariasi antara 1 : 1,3 hingga 1 : 3 (Swain *et al.*, 2019).

Jerami padi adalah tanaman yang telah diambil buahnya (gabahnya), sehingga tinggal batang dan daunnya yang merupakan limbah pertanian serta belum sepenuhnya dimanfaatkan karena adanya faktor teknis dan ekonomis. Jerami padi selama ini hanya dikenal sebagai ikutan dalam proses produksi padi di sawah (Ikhsan dkk., 2009). Bagian jerami padi terdiri dari :

a. Batang (lidi jerami)

Batang jerami kurang lebih sebesar lidi kelapa dengan rongga udara memanjang di dalamnya.

b. Ranting jerami

Ranting jerami merupakan tempat dimana butiran menempel. Ranting jerami ini lebih kecil, seperti rambut yang bercabang meskipun demikian ranting jerami mempunyai tekstur yang kasar dan kuat.

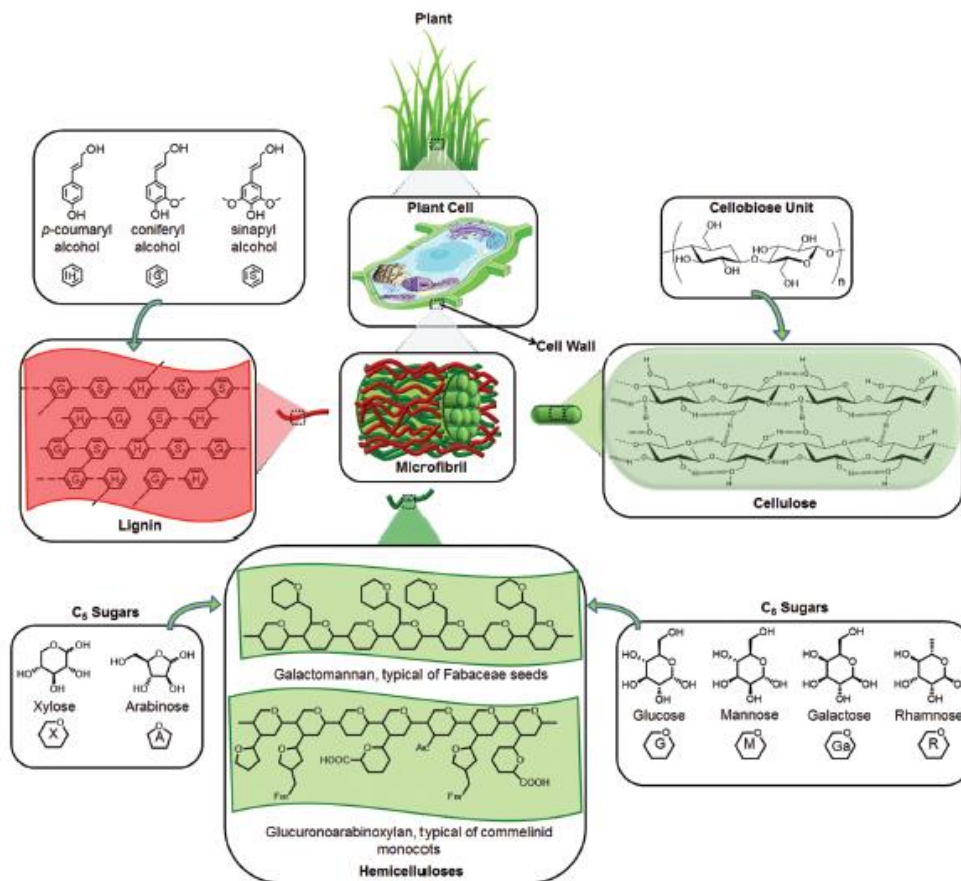
c. Selongsong jerami

Selongsong jerami adalah pangkal daun pada jerami yang membungkus batang atau lidi jerami (Trubus, 2005).

Jerami padi mengandung lignoselulosa yang terdiri dari selulosa 29,78%, hemiselulosa 25,58% dan lignin 7,83%, dimana selulosa dan hemiselulosa merupakan polimer gula yang dapat dihidrolisis menjadi monomer gula (gula hidrolisat). Umumnya industri lebih tertarik menggunakan bahan baku lignoselulosa karena lebih murah. Oleh karena itu, banyak penelitian yang mengkonversi bahan lignoselulosa menjadi gula hidrolisat yang selanjutnya dapat dijadikan berbagai macam produk (Galbe *and* Zacchi, 2002).

2.2 Lignoselulosa

Lignoselulosa merupakan biomassa yang berasal dari tanaman dengan komponen utama lignin, hemiselulosa dan selulosa. Ketiganya membentuk suatu ikatan kimia yang kompleks yang menjadi bahan dasar sel tumbuhan seperti yang diilustrasikan pada Gambar 1 (Isikgor *and* Becer, 2015). Hampir 80% dari berat biomassa tersusun dari berat dari zat tersebut dengan variasi yang berbeda-beda pada setiap biomassa. Umumnya, biomassa lignoselulosa mengandung 35-50% selulosa, 20-35% hemiselulosa, dan lignin 10-25%. Selain ketiga komponen tersebut, biomassa lignoselulosa juga mengandung zat lain seperti abu, air, lipid, protein, karbohidrat dengan molekul rendah, pektin dan zat lainnya (Schacht *et al.*, 2008). Ketiga polimer tersebut membentuk mikrofibril, dimana selulosa dililit oleh hemiselulosa dan lignin yang juga berikatan satu sama lain menghasilkan struktur 3 dimensi. Hemiselulosa akan membentuk matriks yang menghalangi akses ke selulosa. Struktur yang kompleks ini menyebabkan biomassa sulit untuk didegradasi sempurna (Chen, 2014).



Gambar 1. Struktur lignoselulosa dan biopolimer utamanya (Schacht *et al.*, 2008).

2.2.1 Lignin

Lignin adalah bagian utama dari dinding sel tanaman yang merupakan polimer terbanyak setelah selulosa. Lignin berfungsi sebagai perekat seluler yang memberikan kekuatan tekan pada jaringan tanaman dan serat individu, kekakuan pada dinding sel serta ketahanan terhadap serangga dan patogen (Isikgor *and* Becer, 2015). Tidak seperti selulosa dan hemiselulosa, meskipun tersusun atas karbon, hidrogen dan oksigen, lignin bukanlah karbohidrat. Lignin adalah heteropolimer yang kompleks dengan berat molekul tinggi. Lignin tersusun dari tiga jenis unit fenilpropana yang berbeda yaitu p- kumaril, koniferil, dan sinapil alkohol (Chen, 2014)

2.2.2 Hemiselulosa

Hemiselulosa merupakan salah satu penyusun dinding sel tumbuhan selain selulosa dan lignin yang terdiri dari kumpulan beberapa unit gula atau disebut heteropolisakarida. Hemiselulosa memiliki struktur acak dan amorf, yang terdiri dari beberapa heteropolimer seperti xylan, mannan, galaktan dan glukosa. Hemiselulosa terdapat pada dinding sel tumbuhan untuk membentuk ikatan jaringan kompleks yang memberikan kekuatan struktural dengan menghubungkan serat selulosa menjadi mikrofibril dan berikatan silang dengan lignin (Isikgor *and* Becer, 2015). Hemiselulosa relatif mudah dihidrolisis oleh asam menjadi komponen-komponen monomer hemiselulosa yang terdiri dari D-glukosa, D-manosa, D-galaktosa, D-xilosa, L-arabinosa, dan sejumlah kecil L-mannosa disamping menjadi asam D-glukuronat, asam 4-O-metil-D-glukuronat dan asam D-galakturonat. Kebanyakan hemiselulosa mempunyai derajat polimerisasi hanya 200 (Chen, 2014). Hemiselulosa mempunyai rantai polimer yang pendek dan tak berbentuk, oleh karena itu sebagian besar dapat larut dalam air

2.2.3 Selulosa

Selulosa merupakan suatu komponen utama penyusun dinding sel tumbuhan yang memiliki bentuk karbohidrat rantai lurus, dengan monomer berupa glukosa yang dihubungkan oleh ikatan β -1,4 glikosidik (Anindyawati, 2011). Struktur yang linier pada selulosa menyebabkan selulosa bersifat kristalin dan tidak mudah larut. Selulosa tidak mudah didegradasi secara kimia maupun mekanis. Di alam biasanya selulosa saling berhubungan dengan polisakarida lain seperti lignin dan hemiselulosa membentuk kerangka utama dinding sel (Mosier *et al.*, 2005).

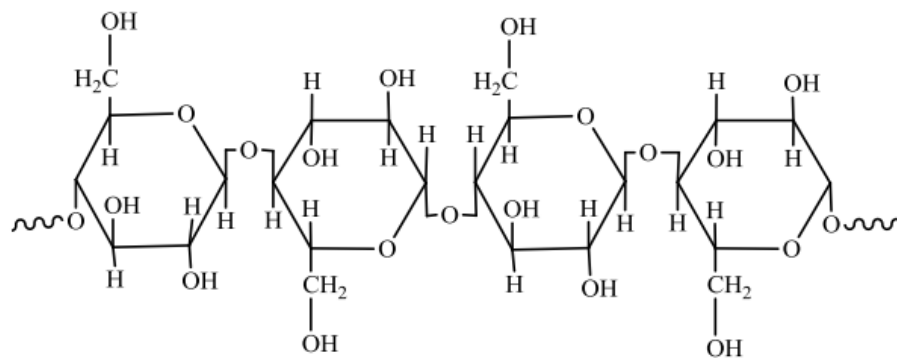
Selulosa mempunyai fibril-fibril yang terbentuk dari beberapa molekul selulosa. Fibril-fibril tersebut membentuk struktur kristal yang dilindungi oleh lignin. Hal tersebut membuat bahan-bahan yang mengandung selulosa kebanyakan bersifat kuat dan keras, serta menyebabkan proses penguraian selulosa secara alami berlangsung sangat lambat (Azizah dan Marziah, 2018). Selulosa memiliki dua bagian utama, yaitu bagian kristalin dengan bentuk teratur dan bagian amorf atau non-kristalin yang memiliki struktur yang tidak teratur (Balu, 2009). Bagian

kristalin selulosa disebabkan karena adanya gaya Van Der Waals serta ikatan hidrogen. Bagian ini memiliki struktur yang kuat dengan susunan yang rapat sehingga cenderung sulit diputuskan ikatannya. Besarnya rasio antara bagian kristalin serta bagian amorf disebut dengan derajat kristalinitas. Umumnya derajat kristalinitas selulosa berkisar antara 40-60% bergantung pada metode pengukurannya (Sutini dkk., 2020).

Menurut Nuringtyas (2010), berdasarkan derajat polimerisasi dan kelarutannya dalam basa kuat selulosa dapat dibagi menjadi tiga jenis diantaranya :

- a. α -Selulosa (*Alpha Cellulose*) adalah selulosa berantai panjang, tidak larut dalam larutan basa kuat. α -Selulosa memiliki derajat polimerisasi paling tinggi, yaitu antara 600 – 1500. α -Selulosa tidak larut dalam larutan basa kuat karena struktur alfa selulosa yang rumit antara ikatan hidrogen yang terjadi antar molekul dan intramolekul. Akibatnya, molekul α -selulosa tampak seperti kumpulan benang kusut yang sulit dipisahkan. α -selulosa juga disebut sebagai *true* selulosa karena merupakan indikator kemurnian selulosa dari suatu sampel.
- b. β -Selulosa (*Betha Cellulose*) adalah selulosa berantai pendek, larut dalam larutan basa kuat, dan dapat mengendap bila dinetralkan. Selulosa ini memiliki derajat polimerisasi antara 15 - 600.
- c. γ -Selulosa (*Gamma Cellulose*) adalah selulosa berantai pendek, larut dalam larutan basa kuat, tetapi tidak dapat mengendap bila dinetralkan. Derajat Polimerisasi γ -Selulosa kurang dari 15, kandungan utamanya adalah hemiselulosa.

Selulosa dapat dihidrolisis menjadi glukosa dengan menggunakan asam maupun enzim (Sutini dkk., 2020). Jika ikatan ini diputus baik secara dihidrolisis asam maupun enzimatik, akan dihasilkan komponen penyusun selulosa berupa oligosakarida bahkan glukosa. Selulosa berperan sebagai bahan baku dalam industri kertas, tekstil, biofuel, makanan, obat-obatan, dan lain sebagainya (Horn *et al.*, 2012). Keunggulan polimer jenis ini adalah tersedia sepanjang tahun (*renewable*) dan mudah hancur secara alami (*biodegradable*). Struktur selulosa disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Struktur selulosa (Mulyadi, 2019).

2.3 Nanoselulosa

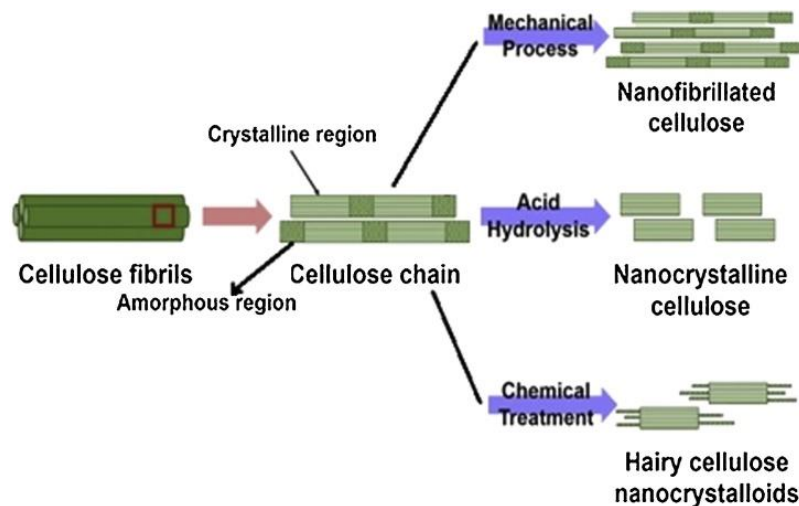
Partikel nanoselulosa adalah serat alami yang dapat diekstraksi dari selulosa yang ditandai dengan adanya peningkatan kristalinitas, aspek rasio, luas permukaan, dan peningkatan kemampuan dispersi serta biodegradasi (Ioelovich, 2012).

Nanoselulosa dapat dikategorikan menjadi tiga jenis utama; nanokristalin selulosa, nanofibril selulosa, dan nanoselulosa bakteri. Meskipun semua jenis serupa dalam komposisi kimia, mereka berbeda dalam morfologi, ukuran partikel, kristalinitas, dan beberapa sifat karena perbedaan sumber dan metode ekstraksi. Skema ekstraksi nanoselulosa disajikan pada Gambar 3.

Nanokristalin selulosa adalah nanoselulosa dengan kekuatan tinggi, yang biasanya diekstraksi dari fibril selulosa dengan hidrolisis asam. Nanokristal selulosa memiliki bentuk seperti batang pendek atau bentuk kumis dengan diameter 2-20 nm dan panjang 100-500 nm, serta mengandung 100% selulosa terutama di daerah kristal (kristalinitas tinggi sekitar 54-88%).

Nanofibril selulosa adalah nanoselulosa yang panjang, fleksibel, dan dapat diekstraksi dari fibril selulosa dengan metode mekanis. Nanofibril selulosa memiliki bentuk fibril panjang dengan diameter 5-60 nm dan panjang 500-2000 nm, serta mengandung 100% selulosa dengan daerah kristal dan amorf.

Nanoselulosa bakteri adalah jenis lain dari nanoselulosa yang berbeda dari selulosa nanokristalin dan selulosa nanofibrilasi. Selulosa nanokristalin dan nanofibrilasi dapat diekstraksi dari biomassa lignoselulosa, sedangkan nanoselulosa bakteri dihasilkan dari pembentukan gula dengan berat molekul rendah oleh bakteri terutama oleh *Gluconacetobacter xylinus* selama beberapa hari hingga dua minggu. Dengan demikian, nanoselulosa bakteri selalu dalam bentuk murni tanpa komponen lain dari biomassa lignoselulosa seperti lignin, hemiselulosa, pektin dan sebagainya. Nanoselulosa bakteri memiliki komposisi kimia yang sama dengan dua jenis nanoselulosa lainnya. Bentuknya berupa pita simpul dengan rata-rata diameter 20–100 nm dan panjang mikrometer, serta luas permukaan per unit yang besar (Phanthong *et al.*, 2018).



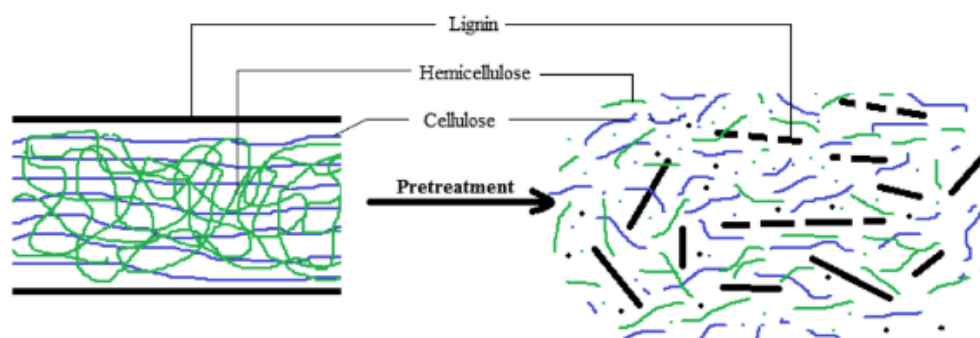
Gambar 3. Skema ekstraksi nanoselulosa dari biomassa lignoselulosa (Sharma *et al.*, 2019).

Partikel nanoselulosa dapat dimanfaatkan sebagai filler penguat polimer, aditif untuk produk-produk *biodegradable*, penguat membran, pengental untuk dispersi, dan media pembawa obat serta implan (Effendi dkk., 2015).

2.4 *Pretreatment*

Perlakuan awal (*pretreatment*) merupakan tahapan proses yang bertujuan untuk memecah struktur kristal lignin-selulosa dan menghilangkan lignin sehingga

enzim selulase dapat bersinggungan langsung dengan selulosa. Ilustrasi *pretreatment* yang dilakukan pada lignoselulosa ditunjukkan pada Gambar 4. Pretreatment merupakan salah satu proses penting dalam biokonversi substrat berlignoselulosa (Sutini dkk., 2020). Ada berbagai metode pretreatment seperti fisik, kimia, biologi, dan/atau kombinasinya. Tujuan dari setiap metode pretreatment adalah untuk menghancurkan selulosa, hemiselulosa dan lignin sehingga polimer diubah menjadi fragmen yang lebih kecil mudah diakses untuk hidrolisis enzimatik dan proses *bio-refinery* lainnya untuk menghasilkan hasil yang lebih besar dari berbagai nilai tambah produk.



Gambar 4. Biomassa lignoselulosa yang mengalami pretreatment (Sharma *et al.*, 2019).

2.5 *Actinomycetes*

Actinomycetes adalah organisme tanah yang umumnya memiliki karakteristik yang sama dengan bakteri dan jamur, tetapi juga memiliki karakteristik yang cukup berbeda. Pada lempeng agar, *Actinomycetes* dapat dibedakan dengan bakteri pada umumnya. Tidak seperti koloni bakteri pada umumnya yang berlendir dan tumbuh dengan cepat, koloni *Actinomycetes* muncul perlahan menunjukkan konsistensi berbutuk dan melekat erat pada permukaan agar (Bhatti *et al.*, 2017).

Koloni isolat *Actinomycetes* umumnya berbentuk bulat dengan elevasi timbul dan cembung, tepian rata dan tidak beraturan serta permukaan yang halus dan kasar atau berkerut. Permukaan berbutuk merupakan kumpulan hifa yang terdiri dari

banyak spora. Morfologi ini terdapat pada koloni *Actinomycetes* dewasa, sedangkan koloni muda hanya terdiri dari hifa. Koloni *Actinomycetes* muda terlihat seperti bakteri pada umumnya, yaitu permukaan bulat, cembung dan licin serta melekat kuat pada media agar. Berdasarkan hasil pewarnaan Gram, isolat *Actinomycetes* memiliki morfologi sel batang dan berwarna ungu (Gram positif) sebagai ciri khas dari *Actinomycetes* (Bhatti *et al.*, 2017).

Actinomycetes termasuk bakteri yang tidak tahan asam, bersifat anaerobik atau anaerobik fakultatif (mampu tumbuh dengan baik jika terdapat O₂ bebas atau tidak ada O₂). Rentang pH yang paling cocok untuk pertumbuhan *Actinomycetes* adalah antara 6,5 – 8,0. Pertumbuhan optimum *Actinomycetes* pada suhu antara 25 – 30°C, tetapi beberapa *Actinomycetes* masih dapat tumbuh dalam jumlah besar pada suhu 55 – 65°C (Bhatti *et al.*, 2017).

Actinomycetes hidup saprofit dan secara aktif mendegradasi bahan organik, sehingga dapat meningkatkan kesuburan tanah. *Actinomycetes* merupakan salah satu mikroorganisme yang mampu mendegradasi selulosa. Jenis *Actinomycetes* tergantung pada tipe tanah, karakteristik fisik, kadar bahan organik, dan pH lingkungan. Jumlah *Actinomycetes* meningkat dengan adanya bahan organik yang mengalami dekomposisi. Organisme ini ditemukan (hampir seluruhnya) pada kompos dan sedimen (Bhatti *et al.*, 2017).

2.6 Hidrogel

Hidrogel merupakan jaringan makromolekul hidrofilik yang dihasilkan dari ikatan silang kimia ataupun fisik polimer yang mampu menyerap dan melepas air secara reversibel berdasarkan stimulan eksternal. Sifat hidrofobik pada hidrogel disebabkan adanya gugus hidrofilik seperti –NH₂, –COOH, –OH, –CONH₂, –CONH–, dan –SO₃H, efek kapiler dan tekanan osmotik. Hidrogel memiliki sifat sensitivitas yang tinggi terhadap lingkungan fisiologisnya, memiliki fleksibilitas yang tinggi, dan akan membengkak ketika mengikat air (*Swelling*) (Chirani *et al.*, 2015). Hidrogel menunjukkan perubahan volume yang cukup besar sebagai respons terhadap perubahan kecil di sekitarnya, seperti perubahan medan listrik,

medan magnet, pelarut, pH, kekuatan ionik, dan suhu (Ullah *et al.*, 2015). Sifat fisikokimia pada hidrogel dipengaruhi oleh struktur molekul, struktur gel, banyaknya ikatan silang, serta kandungan dan keadaan air di dalam hidrogel tersebut (Kumar, 2000).

2.6.1 Mekanisme Kerja Hidrogel

Hidrogel mempunyai kemampuan untuk menyerap dan melepas air. Pada saat terjadi kontak dengan air, grup hidrofilik yang bersifat polar pada hidrogel akan terhidrasi oleh molekul air sehingga membentuk ikatan primer. Proses pembentukan ikatan primer ini dapat terjadi karena adanya struktur rongga berukuran nano (*nanocavity*) pada jaringan polimer hidrogel yang memungkinkan terjadinya ikatan hidrogen antara molekul air dan gugus polar hidrogel (Ullah *et al.*, 2015). Proses ini akan menyebabkan hidrogel secara struktur membengkak (*swells*) dan berakibat terbukanya struktur hidrogel yang bersifat hidrofobik yang juga memiliki kemampuan untuk mengikat air, sehingga terbentuk ikatan sekunder. Selain oleh ikatan primer dan sekunder, air juga dapat diserap melalui gaya osmosis sampai tercapainya titik kesetimbangan. Proses pelepasan air terserap pada hidrogel dapat terjadi apabila kestabilan ikatan antara struktur hidrogel dan air yang terbentuk selama proses penyerapan terganggu. Beberapa stimulan luar yang dapat mengganggu stabilitas ikatan struktural hidrogel dan air meliputi perbedaan temperatur, tekanan, kelembaban, derajat keasaman dari media aplikasinya, dan juga karena hadirnya bahan kimia lain (Ganji *et al.*, 2010).

2.6.2 Teknik Sintesis Hidrogel

Berdasarkan teknik pengkait-silang yang digunakan, teknik sintesis hidrogel dapat dikategorikan menjadi empat metode (Kunzler, 2003; Abdelhalim, 2006; Gulrez *et al.*, 2011), meliputi: metode polimerisasi radikal bebas, pengkaitan-silang secara fisik, kimiawi, dan melalui radiasi berenergi tinggi.

2.6.2.1 Metode polimerisasi radikal bebas

Metode polimerisasi radikal bebas merupakan metode dasar yang sering digunakan dalam sintesis hidrogel. Metode ini terdiri atas empat tahap meliputi

proses inisiasi, propagasi, transfer rantai dan terminasi. Pada proses inisiasi, radikal bebas dibentuk menggunakan inisiator termal, ultraviolet, maupun redoks. Radikal bebas yang sudah terbentuk kemudian bereaksi dengan monomer yang merubahnya menjadi bentuk aktif. Proses ini berulang, sehingga terbentuk banyak monomer aktif pada proses propagasi. Selanjutnya, proses propagasi berhenti apabila terbentuk suatu matrik rantai panjang radikal bebas yang stabil dan atau terjadinya transfer rantai radikal bebas untuk membentuk rantai baru. Metode ini dapat diterapkan untuk material hidrogel, baik yang berasal dari sintetik maupun alami.

2.6.2.2 Metode pengkaitan-silang secara kimia

Metode pengkaitan-silang secara kimia merupakan teknik sintesis hidrogel yang menggunakan bahan-bahan kimia tambahan sebagai perantara pengkait-silang untuk menghasilkan ikatan kovalen antar polimer yang bereaksi. Fungsi material perantara adalah sebagai jembatan penghubung antara polimer utama dan sekunder untuk membentuk satu ikatan kovalen. Selain itu, material perantara juga digunakan sebagai material yang berfungsi untuk mengaktivasi permukaan polimer utama sehingga dapat bereaksi dengan material sekunder. Contoh bahan kimia yang termasuk dalam perantara pengkait-silang ini adalah aldehide (termasuk di dalamnya adalah *glutar- aldehide*, *adipic acid dihydrazide*). Metode ini menghasilkan hidrogel yang bersifat permanen dan dapat diaplikasikan pada material sintetik, alami, maupun kombinasi keduanya.

2.6.2.3 Metode pengkaitan-silang secara fisik

Metode pengkaitan-silang secara fisik Metode pengkaitan-silang secara fisik menghasilkan hidrogel yang bersifat non permanen. Keunggulan metode ini adalah prosesnya yang relatif mudah dan tidak memerlukan perantara pengkait-silang, yang pada kasus tertentu, penggunaan material perantara mengharuskan proses purifikasi lanjutan sebelum produk hidrogel dapat diaplikasikan.

2.6.2.4 Metode pengkaitan-silang menggunakan radiasi

Metode radiasi memanfaatkan radiasi berenergi tinggi (seperti sinar gamma dan radiasi elektron) untuk membentuk kelompok fungsional di permukaan polimer utama, sehingga mampu membentuk rantai polimer yang terkait-silang. Metode ini mempunyai keunggulan yaitu mampu menghasilkan hidrogel murni yang hanya terdiri atas satu material, sehingga meminimalisir resiko yang berkaitan dengan biokompatibilitas dengan lingkungan. Akan tetapi, metode ini juga memiliki kelemahan yaitu memerlukan peralatan yang relatif mahal, sehingga terkendala dalam proses produksinya.

2.6.3 Aplikasi Hidrogel

2.6.3.1 Bidang Pertanian

Penggunaan hidrogel pada bidang pertanian mulai diaplikasikan pada tahun 1980-an. Hidrogel dalam bidang pertanian dimanfaatkan untuk meningkatkan sifat fisik tanah melalui peningkatan efisiensi penggunaan air, kapasitas menahan air, pengurangan pemadatan, pengurangan frekuensi irigasi, dan menghentikan erosi pada lahan pertanian. Hidrogel juga dapat dimanfaatkan sebagai pupuk yang dapat memberikan nutrisi bagi tanaman, seperti fosfor, nitrogen, seng, dan kalium (Patel *et al.*, 2018).

2.6.3.2 Bidang Kedokteran

Hidrogel banyak diaplikasikan dalam bidang medis, diantaranya untuk pengobatan luka dan rekayasa jaringan. Hidrogel dapat meniru perilaku organ manusia sebagai respons terhadap perubahan kondisi lingkungan seperti pH, suhu, enzim, dan medan listrik, yang ditemukan dalam aplikasi implan medis, otot atau organ prostetik, gripper robot, perangkat diagnostik untuk otot buatan, stabilisasi implan tulang, penebalan intima pada hewan, dan penurunan trombosis (Ullah *et al.*, 2015).

2.6.3.3 Drug Delivery System

Hidrogel dapat menjadi solusi yang sangat menarik dalam mencapai pelepasan obat yang berkelanjutan dan tepat sasaran, baik meningkatkan efek obat itu sendiri maupun menurunkan efek samping pada saat yang bersamaan (Chirani *et al.*, 2015). Hidrogel sebagai *delivery system* terdiri dari dua kategori utama yaitu sistem yang dikendalikan waktu dan sistem pelepasan yang peka terhadap lingkungan (Hamidi *et al.*, 2008).

2.7 Analisis

2.7.1 X-ray Diffraction (XRD)

XRD (*X-Ray Diffraction*) merupakan alat untuk mengetahui indeks bidang ataupun karakteristik struktur kristal yang terdapat dari berbagai macam bahan dengan memanfaatkan hamburan sinar-X. Prinsip dasar XRD adalah mendifraksi cahaya yang melalui celah kristal. Difraksi cahaya oleh kisi-kisi atau kristal ini dapat terjadi apabila difraksi tersebut berasal dari radius yang memiliki panjang gelombang yang setara dengan jarak antar atom, yaitu sekitar 1 Angstrom. Radiasi yang digunakan berupa radiasi sinar-X, elektron, dan neutron. Ketika berkas sinar-X berinteraksi dengan suatu material, maka sebagian berkas akan diabsorpsi, ditransmisikan, dan sebagian lagi dihamburkan terdifraksi. Hamburan terdifraksi inilah yang dideteksi oleh XRD. Berkas sinar X yang dihamburkan tersebut ada yang saling menghilangkan karena fasanya berbeda dan ada juga yang saling menguatkan karena fasanya sama (Hakim dkk., 2019). Metode difraksi dapat dibagi menjadi tiga jenis yaitu :

a. Metode Laue

Metode difraksi ini tidak menggunakan sinar monokromatik dan spektrumnya juga tidak menggunakan karakteristik melainkan menggunakan yang kontinu dari logam targetnya. Eksperimen metode Laue menggunakan sinar-X polikromatis dengan arah tetap. Metode Laue dapat digunakan untuk menentukan orientasi bidang kristal tunggal.

b. Metode kristal berputar

Pada umumnya metode ini digunakan untuk menganalisa struktur kristal tunggal. Metode ini menggunakan sinar-X monokromatis dengan sudut datang divariasi. Proses metode kristal berputar ini terjadi ketika kristal dari sampel uji disinari oleh sinar-X dan sinar-X tersebut mengelilingi kristal sehingga pada orientasi tertentu akan dihasilkan berkas difraksi.

c. Metode serbuk

Dalam metode serbuk ini kristal yang akan diamati dalam bentuk serbuk dengan setiap butir serbuk berlaku sebagai kristal berukuran kecil, dengan orientasi acak dan diputar tidak melalui satu sumbu saja (Rahman dan Toifur, 2016).

2.7.2 Particle Size Analyzer (PSA)

Particle Size Analysis (PSA) digunakan untuk mengukur ukuran nanopartikel yang terdistribusi dalam nanopartikel yang terdispersi dalam suatu larutan. PSA mampu mengukur partikel dalam rentang 0,3 nm hingga 8 μm . PSA melakukan pengukuran *particle size* menggunakan prinsip *Dynamic Light Scattering* (DLS). Dalam pengukuran ini yang diukur adalah gerak Brownian partikel dalam medium dan mengkorelasikannya dengan ukuran partikel tersebut. Prinsip kerjanya yaitu dengan mengiluminasikan cahaya laser dan menganalisa fluktuasi intensitas dari cahaya yang terhambur oleh partikel (Ernawati dan Ratnawati, 2011). Ketika partikel atau molekul disinari cahaya, intensitas dari cahaya yang dihamburkan partikel akan berfluktuasi dengan kecepatan yang bergantung pada ukuran partikel. Semakin kecil partikel tersebut maka semakin cepat berfluktuasi (Skoog *et al.* 2007).

2.7.3 Fourier Transform Infra Red (FTIR)

Fourier Transform Infra Red (FTIR) adalah suatu metode spektroskopi infra red yang digunakan untuk mengamati interaksi-interaksi molekul dengan radiasi elektromagnetik. Metode ini didasarkan pada absorpsi radiasi inframerah oleh sampel yang akan menghasilkan perubahan keadaan vibrasi dan rotasi dari molekul sampel. Vibrasi dapat terjadi karena energi yang berasal dari sinar

infrared tidak cukup kuat untuk menyebabkan terjadinya atomisasi ataupun eksitasi elektron pada molekul senyawa yang ditembak yang mana besarnya energi vibrasi tiap atom atau molekul berbeda tergantung pada atom-atom dan kekuatan ikatan yang menghubungkannya sehingga dihasilkan frekuensi yang berbeda pula. Intensitas absorpsi bergantung pada seberapa efektif energi foton inframerah dipindahkan ke molekul, yang dipengaruhi oleh perubahan momen dipol yang terjadi akibat vibrasi molekul (Amand *and* Tullin, 1999).

Jika suatu frekuensi tertentu dari radiasi inframerah dilewatkan pada sampel suatu senyawa organik maka akan terjadi penyerapan frekuensi oleh senyawa tersebut. Detektor yang ditempatkan pada sisi lain dari senyawa akan mendeteksi frekuensi yang dilewatkan pada sampel yang tidak diserap oleh senyawa. Banyaknya frekuensi yang melewati senyawa (yang tidak diserap) akan diukur sebagai persen transmittan. Spektrofotometer inframerah pada umumnya digunakan untuk menentukan gugus fungsi suatu senyawa organik dan mengetahui informasi struktur suatu senyawa organik dengan membandingkan daerah sidik jarinya. Kisaran serapan yang kecil dapat digunakan untuk menentukan tipe ikatan. Untuk memperoleh hal tersebut maka dibutuhkan tabel bilangan gelombang dari berbagai jenis ikatan (Dachriyanus, 2004).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan pada bulan Mei sampai bulan Oktober 2022 di Laboratorium Biokimia, Jurusan Kimia, FMIPA Universitas Lampung. Analisis Spektrofotometer UV-Vis dilakukan di Laboratorium Biokimia Universitas Lampung, analisis *X-Ray Diffraction* (XRD) dilakukan di Institut Teknologi Surabaya, analisis *Particle Size Analyzer* (PSA) dilakukan di Universitas Padjajaran, dan analisis *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) dilakukan di UPT Laboratorium Teknologi dan Sentra Inovasi Terpadu (LTSIT) Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini antara lain alat-alat gelas, bunsen, jarum ose, mikropipet, pipet tetes, neraca analitik, termometer, *Hot plate*, *magnetic stirrer*, *centrifuge*, *autoclave*, oven, rak tabung reaksi, pH indikator, *waterbath*, *laminar air flow*, inkubator, pengayak, cawan petri, labu leher tiga, kondensor, ultrasonikator, refluks, spatula, lemari pendingin, spektrofotometer UV-Vis, *freeze dryer*, *X-Ray Diffraction* (XRD), *Particle Size Analyzer* (PSA), dan *Fourier Transform Infra Red* (FTIR).

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah tepung jerami padi, media ISP-2, xilan *birchwood*, NaCl, *congo-red*, media *Yeast Malt Broth* (YMB), H₂SO₄ 5 M, Na₂CO₃, aseton, metanol etanol, kantong teh, akuades, Ammonium

persulfat (APS), Akrilamida (AAM), Metilen bis-akrilamida (MBA), kertas saring, amoksisilin, *Escherichia coli*, dan *Staphylococcus aureus*.

3.3 Metode Penelitian

3.3.1 Preparasi Sampel

Limbah jerami padi dijemur di bawah sinar matahari selama 3 hari. Limbah jerami padi yang telah kering dipotong-potong sekitar 1 cm, kemudian hasil potongan tersebut diblender dan diayak hingga menjadi tepung jerami padi dengan ukuran $\pm 250 \mu\text{m}$.

3.3.2 Analisis Komponen Jerami Padi dengan Metode TAPPI

3.3.2.1 Hidrolisis Asam

Tepung jerami padi ditimbang sebanyak 300 mg lalu dimasukkan ke dalam Erlenmeyer 50 mL dan ditambahkan asam sulfat (H_2SO_4) 72% sebanyak 7 mL. Erlenmeyer ditutup aluminium foil dan distirer selama 1 jam 30 menit. Setelah itu campuran dipindahkan ke Erlenmeyer 300 mL dan ditambahkan 119 mL akuades sehingga asam menjadi 4%. Kemudian dipanaskan dengan *autoclave* 121 °C 1 atm selama 1 jam. Hasil proses tersebut berupa filtrat (*soluble lignin*) dan endapan (*insoluble lignin*). Filtrat dan endapan dipisahkan melalui penyaringan dengan kertas saring yang telah ditimbang. Setelah terpisah, endapan dicuci dengan akuades sebanyak 50 mL untuk melarutkan zat-zat lain yang dapat larut dalam air (Polyium *et al.*, 2019).

3.3.2.2 Analisis Lignin Tidak Larut Asam (*insoluble lignin*)

Endapan pada kertas saring yang telah dicuci dikeringkan dalam oven hingga beratnya konstan, kira-kira selama 4 jam. Kertas saring didinginkan pada suhu ruang lalu ditimbang dan dicatat. Untuk menghitung jumlah lignin tidak larut asam menggunakan Persamaan 1.

$$\text{Lignin tidak larut asam} = \frac{\text{Berat endapan akhir hidrolisis}}{\text{berat awal sampel}} \times 100\% \quad (1)$$

3.3.2.3 Analisis Lignin Larut Asam (*soluble lignin*)

Filtrat hasil hidrolisis diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 240 nm. Sampel diencerkan menggunakan akuades agar nilai absorbansi berkisar 0,7-1,0. Jumlah lignin larut asam (LLA) dapat dihitung menggunakan Persamaan 2 dan 3.

$$\% \text{LLA} = \frac{UV_{\text{abs}} \times V_{\text{filtrat}} \times \text{Pengenceran}}{\epsilon \times \text{ODW}_{\text{sampel}} \times \text{lebar kuvet}} \times 100\% \quad (2)$$

$$\text{Pengenceran} = \frac{V_{\text{sampel}} + V_{\text{pelarut}}}{V_{\text{sampel}}} \quad (3)$$

Keterangan:

LLA adalah lignin larut asam (%), UVabs adalah absorbansi UV-Vis, Volume filtrat adalah filtrat hasil hidrolisis (mL), ϵ adalah absorptivitas biomassa, ODW_{sampel} adalah berat sampel (mg), dan lebar kuvet yang dipakai adalah 1 cm.

3.3.2.4 Analisis Karbohidrat Total

Filtrat hasil hidrolisis dinetralkan menggunakan kalsium karbonat hingga pH 5-6 dalam gelas beaker 100 mL. Kalsium karbonat ditambahkan secara perlahan ke dalam filtrat dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer*. Setelah mencapai pH 5-6, penambahan kalsium karbonat dihentikan dan dibiarkan hingga sampel mengendap. Cairan yang terpisah pada bagian atas endapan dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 540 nm dengan mereaksikan sampel dengan pereaksi DNS dan diinkubasi selama 15 menit.

3.3.3 Penapisan Isolat *Actinomyces*

Uji kemampuan selulolitik pada isolat *Actinomyces* dilakukan dengan mengkultur isolat *Actinomyces* terpilih pada media ISP-2 dan ditambahkan xilan *birchwood* 0,5 g untuk mengetahui aktivitas xilanolitik pada *Actinomyces*. Media disterilisasi dengan menggunakan *autoclave* pada 121 °C selama 15 menit,

kemudian dituangkan kedalam cawan petri. Isolat murni kemudian ditotolkan pada media yang telah disiapkan dan diinkubasi selama 5-7 hari pada suhu 37 °C. Setelah diinkubasi media yang telah ditumbuhi bakteri kemudian disiram dengan menggunakan pereaksi *congo-red* dan dibilas dengan menggunakan NaCl 1% (Satria *et al.*, 2020). Zona bening akan tampak pada daerah sekitar koloni jika isolat tersebut memiliki kemampuan xilanolitik. Indeks xilanolitik dapat diukur dengan menggunakan Persamaan 4.

$$\text{Indeks Aktivitas} = \frac{A}{B} \quad (4)$$

Keterangan:

A adalah diameter zona bening (mm) dan B adalah diameter koloni (mm).

3.3.4 Pretreatment Jerami Padi

Pretreatment dilakukan secara biologi dengan memanfaatkan isolat terpilih yang memiliki aktivitas xilanolitik untuk menghidrolisis lignoselulosa. Optimasi waktu hidrolisis dilakukan dengan menghidrolisis 5% tepung jerami padi oleh isolat *Actinomyces* terpilih dalam 100 mL media *Yeast Malt Broth* (YMB) dengan komposisi media glukosa 0,4%, ekstrak malt 1%, ekstrak *yeast* 0,4%, selama 7 hari pada 120 rpm. pH media diatur menggunakan larutan buffer Na₂HPO₄-NaH₂PO 0,2 N pH 7,0 (Satria *et al.*, 2020).

3.3.5 Pemurnian Selulosa

Endapan selulosa yang terbentuk dari hasil *pretreatment* dicuci dengan menggunakan akuades untuk menghilangkan sisa-sisa sel bakteri dari matriks selulosa. Selanjutnya, didekantasi menggunakan kertas saring.

3.3.6 Penentuan Indeks Kristalinitas

Analisis XRD dilakukan pada substrat *pretreated* jerami padi yang paling optimum dan jerami padi tanpa *pretreatment* menggunakan *X-Ray Diffractometer* (XRD) dengan 2θ antara 5°-40°. Indeks kristalinitas selulosa dapat dihitung

dengan metode empiris yang diusulkan oleh Segal *et al.* (1959) ditunjukkan dalam Persamaan 5.

$$\text{CrI} = \frac{I_{002} - I_{am}}{I_{002}} \times 100\% \quad (5)$$

Keterangan:

CrI adalah indeks kristalinitas biomassa (%), I_{002} adalah intensitas bagian kristalin dari biomassa (intensitas difraksi) dengan puncak pada daerah $2\theta = 22-24^\circ$, dan I_{am} adalah intensitas dari bagian amorf, yaitu pada lembah antara dua puncak pada $2\theta = 18^\circ$.

3.3.7 Pembuatan Nanoselulosa

3.3.7.1 Hidrolisis Asam

Sebanyak 200 mL H_2SO_4 5 M dimasukkan ke dalam Erlenmeyer 500 mL, kemudian dipanaskan dalam *hot plate stirrer* dan diaduk hingga suhunya 45°C . Selanjutnya ditambahkan 10 gram serbuk selulosa untuk dihidrolisis selama 60 menit pada suhu 45°C . Setelah suspensi terbentuk kemudian disentrifugasi dengan kecepatan 10.000 rpm selama 10 menit kemudian didekantasi. Endapan yang diperoleh ditambahkan sedikit akuades kemudian didekantasi. Endapan yang diperoleh ditambah sedikit akuades dan Na_2CO_3 5% b/v hingga diperoleh pH 7 pada pH indikator.

3.3.7.2 Sonikasi

Endapan yang telah dinetralkan kemudian ditambahkan akuades hingga terbentuk suspensi dengan konsentrasi 5%. Suspensi yang terbentuk disonikasi pada daya 40 KHz selama 60 menit (Muharram dkk., 2020). Kemudian suspensi disentrifugasi dengan kecepatan 10.000 rpm selama 10 menit lalu didekantasi. Selanjutnya endapan hasil sentrifugasi dikeringkan menggunakan *vacuum freeze dryer*. Setelah itu endapan diuji menggunakan PSA untuk mengetahui ukuran nanoselulosa yang terbentuk.

3.3.8 Pembuatan Hidrogel

Nanoselulosa kering seberat 2 gram dimasukkan ke dalam labu leher tiga yang telah dilengkapi dengan kondensor, termometer dan batang pengaduk. Kemudian tambahkan akuades sebanyak 70 mL hingga membentuk pulp lalu dipanaskan pada suhu 95 °C selama 30 menit. Setelah 30 menit, suhu diturunkan menjadi 60 °C, kemudian ditambahkan ammonium peroksidisulfat 0,1 g dan diaduk selama 15 menit. Selanjutnya dimasukkan campuran 10 g monomer akrilamida dan 10 mg peanut silang metilen bis-akrilamida yang telah dilarutkan ke dalam 80 mL akuades. Suhu dinaikkan secara bertahap menjadi 70 °C selama 3 jam. Produk yang terbentuk kemudian diendapkan menggunakan etanol dan metanol. Selanjutnya campuran direfluks menggunakan aseton selama 1 jam. Padatan yang dihasilkan kemudian dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 60 °C (Liang *et al.*, 2009).

3.3.9 Karakterisasi Hidrogel

3.3.9.1 Kemampuan Pembengkakan

Sampel hidrogel kering ditimbang sebanyak 1 gram (W_0) lalu direndam dalam 500 mL air suling pada suhu kamar selama 24 jam. Selanjutnya pisahkan hidrogel dengan air yang tersisa menggunakan saringan 100 mesh, kemudian ditimbang berat konstannya (W_i) (Figuerola *et al.*, 2020).

3.3.9.2 Analisis FTIR

Sampel hidrogel kering dianalisis menggunakan FTIR untuk mengetahui gugus fungsi.

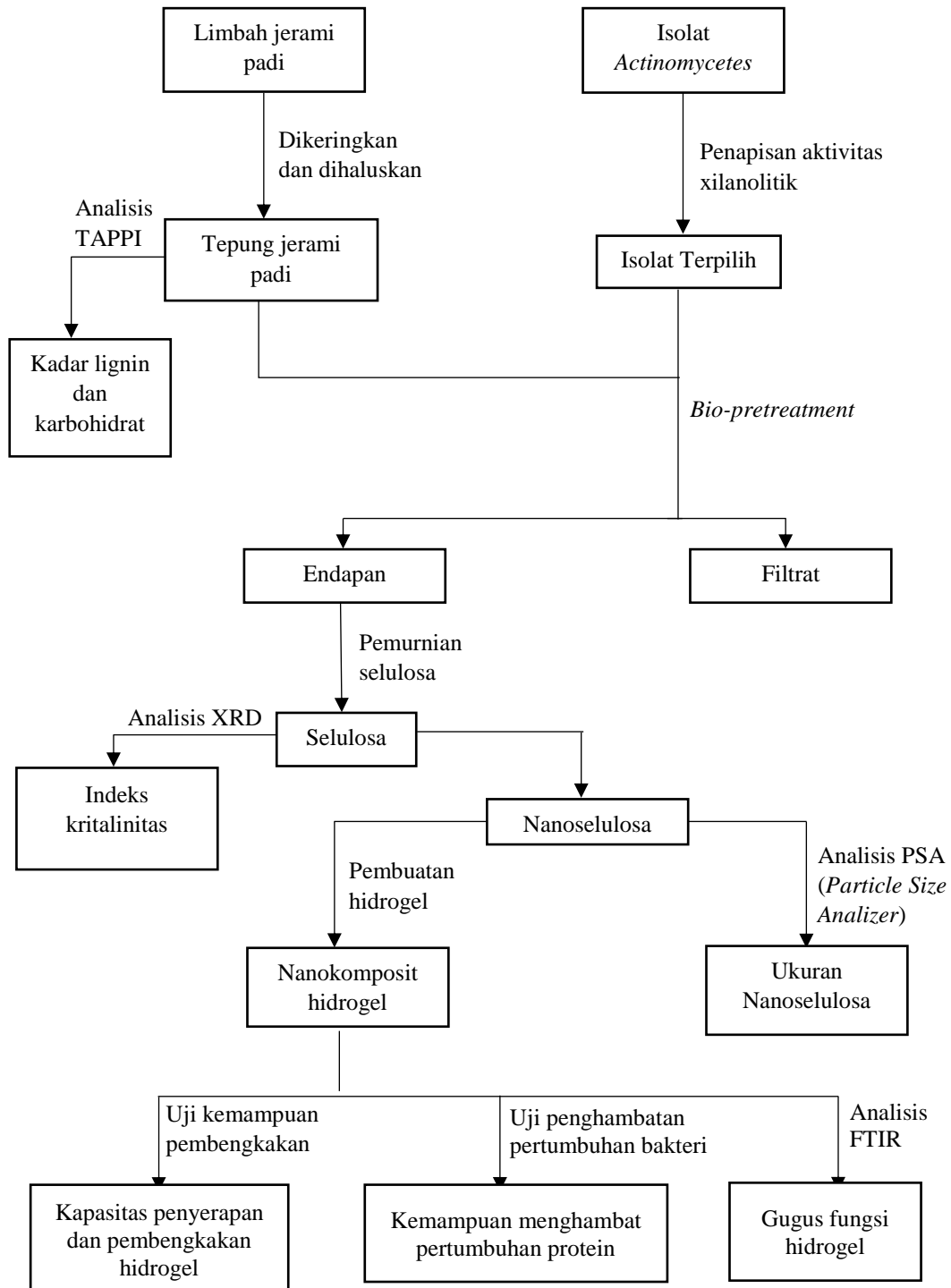
3.3.9.3 Uji Penghambatan Pertumbuhan Bakteri

Hidrogel kering diambil sebanyak 0,1 gram kemudian direndam dalam larutan antibiotik encer selama 48 jam lalu ditimbang hingga mencapai berat konstan. Digunakan antibiotik jenis amoksisilin untuk pengujian terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* dan bakteri *Escherichia coli*. Kandungan antibiotik yang

digunakan sebanyak 600 dan 1200 μ g. Digunakan pula hidrogel tanpa penambahan antibiotik sebagai kontrol negatif (Figueroa *et al.*, 2020).

3.4 Diagram Alir

Gambar 5 berikut merupakan diagram alir sebagai kerangka dasar penelitian :



Gambar 5. Diagram alir penelitian.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa :

1. Isolat *Actinomycetes* hasil penapisan yang memiliki indeks aktivitas xilanolitik terbesar yaitu Act-4 dengan indeks aktivitas xilanolitik sebesar 1,29 dengan diameter koloni sebesar 27 mm dan diameter zona bening sebesar 35 mm. Isolat Act-4 digunakan sebagai isolat terpilih yang digunakan untuk tahap selanjutnya.
2. Selulosa dari jerami padi telah berhasil diproduksi dengan metode *pretreatment* biologi menggunakan isolat terpilih Act-4.
3. Nanopartikel yang dihasilkan dari mengkonversi ukuran selulosa dengan menggunakan metode hidrolisis asam dan ultrasonikasi memiliki ukuran rata-rata sebesar 81,3 nm.
4. Nanokomposit hidrogel dari nanoselulosa telah dihasilkan melalui metode taut silang antara akrilamida dengan metilen bis-akrilamida yang dibuktikan dengan hasil uji FTIR dan uji pembengkakan. Hasil uji FTIR menunjukkan adanya gugus-gugus dari molekul selulosa, akrilamida, dan metilen bis-akrilamida. Sedangkan pada uji pembengkakan menunjukkan bahwa hidrogel yang terbentuk mampu menyerap air sebesar 18 kali lipat dari berat awalnya.
5. Nanokomposit hidrogel yang terbentuk dapat dimanfaatkan sebagai *drug delivery system* karena memiliki kemampuan menyerap antibiotik dan dibuktikan dengan adanya zona penghambatan pertumbuhan bakteri sebesar 12mm dan 13mm pada isolat *Escherichia coli* dan pada isolat *Staphylococcus aureus* sebesar 21 mm dan 24 mm.

5.2 Saran

Penelitian yang telah dilakukan menunjukkan nanoselulosa yang dihasilkan memiliki keseragaman ukuran yang kurang baik dimana ukuran rata-rata partikel nanoselulosa yang dihasilkan sebesar 81,3 nm dengan ukuran partikel yang paling kecil sebesar 21 nm serta yang paling besar dan banyak dihasilkan memiliki ukuran sebesar 195 nm. Maka dari itu perlu dilakukan evaluasi prosedur pembuatan nanoselulosa agar mendapatkan ukuran partikel nanoselulosa yang seragam.

Selain itu, untuk mengembangkan potensi hidrogel sebagai *drug delivery system* perlu dilakukan uji pada jenis obat-obatan lain selain antibiotik.

DAFTAR PUSTAKA

- Amand, L.A. and Tullin, C.J. 1999. *The Theory Behind FTIR Analysis: Application Examples from Measurement at the 12 MW Circulating Fluidized Bed Boiler at Chalmers*. Dept. of Energy Conversion Chalmers University of Technology. Gutenberg, Sweden.
- Amin, M., Damrah Hasan, S., Yanuarianto, O., and Iqbal, M. 2015. Effect of Fermentation Duration on Quality of Ammoniation of Rice Straw with Probiotic *Bacillus* sp. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Peternakan Indonesia*. 1(1), 11–17.
- Anindyawati, T. 2011. Potensi Selulase dalam Mendegradasi Lignoselulosa Limbah Pertanian untuk Pupuk Organik. *Jurnal Berita Selulosa*. 45(2), 70–77.
- Antika, R. A. 2021. Pembuatan Mikrokomposit Hidrogel Berbahan Dasar Limbah Onggok Singkong dari Residu Fraksi Selulosa. *Skripsi*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Lampung.
- Azizah, Y., dan Marziah, A. 2018. Hidrolisis ampas tebu (Bagasse) menggunakan HCl menjadi Cellulose Powder. *Jurnal Inovasi Ramah Lingkungan*. 1(2), 21–25.
- Badan Pusat Statistik. 2021. *Luas Panen dan Produksi Padi Menurut Provinsi*. WWW. BPS.com. diakses pada 20 Mei 2022.
- Balu, B. 2009. Plasma Processing of Cellulose Surfaces and Their Interactions With Fluids. In *Disertasi Engineering-Chemical Engineering*. Institute of Technology.
- Bhatti, A.A., Haq, S., and Bhat, R.A. 2017. Actinomycete Benefaction Role in Soil and Plant Health. *Microbial Pathogenesis*. 111(2017), 458-467.
- Chen, H. 2014. Biotechnology of Lignocellulose. In *Biotechnology of Lignocellulose*. Springer.

- Chirani, N., Yahia, Lh., Gritsch, L., Motta, F.L., Chirani, S., and Fare, S. 2015. History and Applications of Hydrogels. *Journal of Biomedical Sciences*. 04(02), 1-23.
- hiranjeevi, T., Mattam, A.J., Vishwakarma, K.K., Addepally, U., Peddy, V.C.R., Gandham, S., and Velankar, H.R. 2018. Assisted Single-Step Acid Pretreatment Process for Enhanced Delignification of Rice Straw for Bioethanol Production. *ACS Sustainable Chemistry and Engineering*. 6(7), 8762-8774.
- Dachriyanus. 2004. *Analisis Struktur Senyawa Organik secara Spektrofotometri*. CV Trianda Anugrah Pratama. Padang.
- Effendi, D.B., Rosyid, N.H.R., Nandiyanto, A.B.D., dan Mudzakir, A. 2015. Review : Sintesis Nanoselulosa. *Jurnal Integrasi Proses*. 5(2), 61–74.
- Ernawati, R., dan Ratnawati, E. 2012. Sintesis Nanopartikel dengan Metode dekomposisi Termal. *Jurnal Kimia Kemasan*. 33(1), 96-102.
- Figuroa, A.V.T., Martinez, C.J.P., Castro, T.D.C., Martinez, E.B., Madueno, M.A.G.C., Alegria, A.M.G., Cenicerros, T.E.L., and Villegas, L.A. 2020. Composite Hydrogel of Poly(Acrylamide) and Starch as Potential System for Controlled Release of Amoxicillin and Inhibition of Bacterial Growth. *Journal of Chemistry*. (2020).
- Galbe, M., and Zacchi, G. 2002. *A review of the production of ethanol from softwood*. 59(6), 618–628.
- Ganji, F., Farhani, S.V., and Farahani, E.V. 2010. Theoretical Description of Hydrogel Swelling: A Review. *Iranian Polymer Journal*. 19(5), 375–398.
- Habibi, Y., Lucia, L.A., and Rojas, O.J. 2010. Cellulose Nanocrystals: Chemistry, Self-Assembly, and Applications. *Chemical Reviews*. 110(6), 3479–3500.
- Hakim, L., Dirgantara, M., dan Nawir, M. 2019. Karakterisasi Struktur Material Pasir Bongkahan Galian Golongan C dengan Menggunakan X-Ray Diffraction (X-RD) di Kota Palangkaraya. *jurnal Jejaring Matematika dan Sains*. 1(1), 44-51.
- Hamidi, M., Azadi, A., and Rafiei, P. 2008. Hydrogel nanoparticles in drug delivery. *Advanced Drug Delivery Reviews*. 60(15), 1638–1649.
- Horn, S. J., Vaaje-Kolstad, G., Westereng, B., and Eijsink, V.G.H. 2012. Novel enzymes for the degradation of cellulose. *Biotechnology for Biofuels*. 5(45), 1-24.

- Ikhsan, D., Yulianto, M.E., dan Hartati, I. 2009. Pengembangan Bioreaktor Hidrolisis Enzimatis untuk Produksi Bioetanol dari Biomassa Jerami Padi (Development of enzymatic hydrolysis bioreactor for bioethanol production from rice straw). *Jurnal Litbang Provinsi Jawa Tengah*. 7(1), 1–13.
- Ioelovich, M. 2012. Optimal Conditions for Isolation of Nanocrystalline Cellulose Particles. *Nanoscience and Nanotechnology*. 2(2), 9–13.
- Isikgor, F.H., and Becer, C.R. 2015. Lignocellulosic biomass: a sustainable platform for the production of bio-based chemicals and polymers. *Polymer Chemistry*. 6(25). 4497–4559.
- Kumar, R.M.N.V. 2000. A review of chitin and chitosan applications. *Reactive and Functional Polymers*. 46(1). 1–27.
- Li, F., Mascheroni, E., and Piergiovanni, L. 2015. The Potential Of Nanocellulose In The Packaging Field: A Review: Nanocellulose In Packaging. *Packaging Technology And Science*. 28(6): 475–508.
- Liang, R., Yuan, H.B., Xi, G.X., and Zhou, Q.X. 2009. Synthesis of Wheat Straw-G-Poly(Acrylic Acid) Superabsorbent Composites and Release of Urea From It. *Carbohydrate Polymers*. 77(2): 181-187.
- Mosier, N., Wyman, C., Dale, B., Elander, R., Lee, Y.Y., Holtzapple, M., and Ladisch, M. 2005. Features of promising technologies for pretreatment of lignocellulosic biomass. *Bioresource Technology*. 96(6), 673–686.
- Muharrom, H.R., Fahrurrozi, M., dan Sediawan, W.B. 2020. Preparasi dan Karakterisasi Nanokristal Selulosa Melalui Hidrolisis Asam Campuran (H₂SO₄ dan HCl) dari Jerami Padi. Di dalam: *Prosiding Seminar Nasional Fakultas Agroindustri: Yogyakarta*, 28 Januari 2020.
- Mulyadi, I. 2019. Isolasi dan Karakterisasi Selulosa : Review. *Jurnal Sainika Unpam*. 1(2), 177–182.
- Novia, N., Windarti, A., dan Rosmawati, R. (2014). Pembuatan Bioetanol dari Jerami Padi Dengan Metode Ozonolisis–Simultaneous Saccharification and Fermentation (SSF). *Jurnal Teknik Kimia*. 20(3), 38-48.
- Nuringtyas, T.R. 2010. *Karbohidrat*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Patel, K.G., Kaswala, A., and Dubey, P.K. 2018. Prospects and Applications of Hydrogel Technology in Agriculture. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 7(5), 3155–3162.
- Phanthong, P., Reubroycharoen, P., Hao, X., Xu, G., Abudula, A., and Guan, G. 2018. Nanocellulose: Extraction and application. *Carbon Resources Conversion*. 1(1), 32–43.

- Polyium, U., Boonyaratakalin, T., and Wichiranon, S. 2019. Characterization of Physical and Mechanical Properties of Bleaching Paper from Rice Straw. *Applied Mechanics and Materials*. 891: 3-8.
- Pourjavadi, A., Amini-Fazl, M.S., and Ayyari, M. 2007. Optimization of Synthetic Conditions CMC-G-Poly (Acrylic Acid)/Celite Composite Superabsorbent by Taguchi Method and Determination of Its Absorbency Under Load. *Express Polymer Letters*. 1(8), 488–494.
- Prasad, C.S., Maiti, K.N., and Venugopal, R. 2001. Effect of rice husk ash in whiteware compositions. *Ceramics International*. 27(6), 629–635.
- Rahman, S., dan Toifur, M. 2016. Rancangan Eksperimen Analisis Struktur Mikro Sampel dengan Prinsip XRD Menggunakan Metode Kristal Berputar. *JRKPP*. 3(1), 5-9.
- Rilek, N.M., Hidayat, N., dan Sugiarto, Y. 2017. Hidrolisis Hasil *Pretreatment* Pelepah Sawit (*E Elaeis guineensis Jacq*) menggunakan H₂SO₄ pada Produksi Bioetanol. *Jurnal Teknologi dan Manajemen Agroindustri*. 6(2), 76-82.
- Rismanto, Ngangi, J., dan Moko, E. 2020. Analisis Komponen Serat Jerami Padi Menggunakan *Pretreatment* Secara Biologis dan Kimiawi. *Nukleus Biosains*. 1(1), 26–30.
- Sajidah, H.B.N. 2017. *Review : Differential Thermal Analysis (DTA), Differential Scanning Calorimetry (DSC), Thermal Gravimetric Analysis (TGA) Scanning Electron Microscopy (SEM) dan Transmission Electron Microscopy (TEM) untuk Karakterisasi Serbuk Ba_{1-x}Sr_xTiO₃*, Departemen Kimia Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Satria, H., Yandri., Nurhasanah., Yuwono, S.D., and Dian, H. 2020. Extracellular Hydrolytic Enzyme Activities of Indigenous *Actinomycetes* on Pretreated Bagasse Using Choline Acetate Ionic Liquid. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. 24(101503), 1-9.
- Schacht, C., Zetzl, C., and Brunner, G. 2008. From plant materials to ethanol by means of supercritical fluid technology. *Journal of Supercritical Fluids*. 46(3), 299–321.
- Skoog, D. A., Crouch, S. R., and Holler, F. J. 2007. *Principles of Instrumental Analysis*. Belmont.
- Sharma, A., Thakur, M., Bhattacharya, M., Mandal, T., and Goswami, S. 2019. Commercial application of cellulose nano-composites – A review. *Biotechnology Reports*. 21(3), 1-16.

- Sharma, H. K., Xu, C., and Qin, W. 2019. Biological Pretreatment of Lignocellulosic Biomass for Biofuels and Bioproducts: An Overview. *Waste and Biomass Valorization*. 10(2), 235–251.
- Silvianita, S., Nurmasari, I., Sulistio, A., Kurniawan, F., dan Sumarno. 2004. Kopolimerisasi dari Poliakrilamida Pada Pati Dengan Metode Grafting. di dalam: *Prosiding Seminar Nasional Rekayasa Kimia dan Proses*. Semarang, 21-22 april 2004. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.
- Smallman, R. E. 2000. *Metalurgi Fisik Modern Edisi Keempat*. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Sutini, Widiastuty, Y.R., dan Ramadhani, A.N. 2020. Review: Hidrolisis Lignoselulosa dari Agricultural Waste Sebagai Optimasi Produksi Fermentable Sugar. *Equilibrium Journal of Chemical Engineering*. 3(2), 59-68.
- Swain, M.R., Singh, A., Sharma, A.K., and Tuli, D.K. 2019. Bioethanol Production From Rice- and Wheat Straw: An Overview. In *Bioethanol Production from Food Crops*. Elsevier Inc.
- Trubus. 2005. *Aneka Hiasan dari Jerami*. Gramedia. Jakarta.
- Ullah, F., Othman, M.B.H., Javed, F., Ahmad, Z., and Akil, H.M. 2015. Classification, processing and application of hydrogels: A review. *Materials Science and Engineering C*. 57, 414–433.
- Utarti, E., Suswanto, A., Suhartono, M.T., dan Meryandini, A. 2020. Identifikasi Aktinomiset Selulolitik dan Xilanolitik Indigenous. *Jurnal Berkala Saintek*. 8(1), 1-5.
- Utarti, E., dan Siswanto. 2018. Limbah Berlignoselulosa Sebagai Media Produksi Xilanase Kapang Asal Jerami Padi Sawah Pantai Using Lignocellulose Waste as a Xylanase Production Media of Mold Isolated from Rice Straw of Coastal-field. *Jurnal Ilmu dasar*. 19(2) : 117-124.
- Yuansah, S.C., Darmawan, Fitriana, N., dan Laga, A. 2019. Pengaruh Pretreatment Jerami Padi Pada Produksi Enzim Termotabil Menggunakan Isolat Bakteri Termofilik. *Canrea Journal*. 2(1), 13–18.