

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI BIOPLASTIK
BERBAHAN SELULOSA LIMBAH BATANG
JAGUNG (*Zea mays*) – SORBITOL – KITOSAN**

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Syarat Guna Memperoleh
Gelar Sarjana Sains dalam Ilmu Kimia



Oleh: **NUR RAHAYU IGFIRLIYANA**

NIM: 2008036001

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
KOTA SEMARANG**

2024

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI BIOPLASTIK BERBAHAN
SELULOSA LIMBAH BATANG JAGUNG (*Zea mays*) –
SORBITOL – KITOSAN**

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Syarat Guna Memperoleh
Gelar Sarjana Sains dalam Ilmu Kimia



Oleh: **NUR RAHAYU IGFIRLIYANA**

NIM: 2008036001

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
KOTA SEMARANG
2024**

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertandatangan dibawah ini:

Nama : Nur Rahayu Igfirliyana

NIM : 2008036001

Jurusan : Kimia

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul:

SINTESIS DAN KARAKTERISASI BIOPLASTIK BERBAHAN SELULOSA LIMBAH BATANG JAGUNG (*Zea mays*) - SORBITOL - KITOSAN

Secara keseluruhan adalah hasil penelitian/karya saya sendiri,
kecuali bagian tertentu yang dirujuk dari sumbernya.

Semarang, 10 Oktober 2024

Pembuat Pernyataan,



Nur Rahayu Igfirliyana

NIM. 2008036001



PENGESAHAN

Naskah skripsi berikut ini:

Judul : Sintesis dan Karakterisasi Bioplastik
Berbahan Selulosa Limbah Batang Jagung (*Zea
mays*) - Sorbitol - Kitosan

Penulis : Nur Rahayu Igfirliyana

NIM : 2008036001

Jurusan : Kimia

Telah diujikan dalam sidang tugas akhir oleh Dewan Penguji
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo dan dapat
diterima sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana
dalam Ilmu Kimia.

Semarang, 30 Desember 2024

DEWAN PENGUJI

Ketua Sidang

Sekretaris Sidang

Zidni Azizati, M.Sc

NIP. 199011172018012001

Wirda Udaibah, M.Si

NIP. 198501042009122003

Penguji I

Dr. Ervin Tri Suryandari, M.Si

NIP. 197407162009122001

Penguji II

Mulyatun, M.Si

NIP. 198305042011012008



Pembimbing

Zidni Azizati, M.Sc

NIP. 199011172018012001

NOTA DINAS

Semarang, 10/12/2024

Yth. Ketua Program Studi Kimia
Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Walisongo Semarang

Assalamualaikum wr.wb

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan dan koreksi naskah skripsi dengan:

Judul : **Sintesis dan Karakterisasi Bioplastik Berbahan Selulosa Limbah Batang Jagung (*Zea mays*)-Sorbitol-Kitosan**

Nama : **Nur Rahayu Igfirliyana**

NIM : **2008036001**

Jurusan : **Kimia**

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang untuk diajukan dalam Sidang Munaqosyah.

Wassalamu'alaikum wr.wb

Pembimbing



Zidni Azizati, M.Sc

NIP. 199011172018012001

ABSTRAK

Berdasarkan data dari Asosiasi Industri Plastik Indonesia (INAPLAS) dan Badan Pusat Statistik (BPS) sebanyak 85.000 ton kantong plastik per tahunnya terbuang ke lingkungan. Salah satu upaya untuk mengurangi penggunaan sampah plastik dengan membuat plastik mudah terurai (*biodegradable*). Limbah batang jagung memiliki kandungan selulosa yang mampu menjadi bahan dasar pembuatan bioplastik ramah lingkungan dengan penambahan kitosan dan *plasticizer* sorbitol. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui karakteristik selulosa limbah batang jagung serta karakteristik bioplastik dan kemampuan biodegradasinya. Penelitian dilakukan melalui tahap ekstraksi selulosa limbah batang jagung dan sintesis bioplastik selulosa-kitosan-sorbitol. Selulosa batang jagung yang dihasilkan berwarna putih dan memiliki gugus fungsi O-H, C-H, dan C-O yang mengindikasikan adanya gugus spesifik dari selulosa. Hasil analisis FTIR bioplastik selulosa-kitosan-sorbitol menunjukkan adanya gugus fungsi N-H ($1583,98\text{ cm}^{-1}$) yang menjadi ciri khas adanya kitosan. Bioplastik dengan karakteristik paling baik didapatkan pada variasi 2 g kitosan dan 1,5 mL sorbitol dengan kuat tarik 6,21 MPa, persen perpanjangan 42,7%, dan terdegradasi dalam 17 hari.

Kata kunci: Bioplastik, Biodegradable, Selulosa, Batang Jagung, Kitosan, Sorbitol

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb

Alhamdulillah, segala puji dan syukur dipanjatkan kepada kehadiran Allah SWT atas berkat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul: “Sintesis dan Karakterisasi Bioplastik Berbahan Selulosa Limbah Batang Jagung (*Zea mays*)-Sorbitol-Kitosan” dengan baik. Shalawat serta salam selalu tercurahkan kepada baginda Nabi Muhammad SAW yang kita nanti-nantikan syafa’atnya di hari akhir. Penyusunan skripsi dimaksudkan untuk memenuhi syarat memperoleh gelas Sarjana Sains di Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.

Penulis menyadari bahwa penyelesaian skripsi ini tidak lepas dari berbagai pihak yang telah memberikan nasihat, bimbingan, arahan, serta dukungan dan do’a. Oleh sebab itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. H. Nizar Ali, M.Ag., Rektor Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.
2. Bapak Prof. Dr. H. Musahadi, M.Ag., Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.
3. Ibu Mulyatun, M.Si., Ketua Program Studi Kimia Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.

4. Ibu Zidni Azizati, M.Sc., Dosen Pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, saran, motivasi, serta selalu mengusahakan bantuan kepada penulis dengan penuh pengertian dan selalu mendengarkan cerita penulis tentang kendala baik dalam proses sintesis maupun penyusunan skripsi.
5. Segenap Dosen, Pegawai dan Civitas Akademika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang yang telah memberikan banyak ilmu pengetahuan dan pemahaman.
6. Kedua Orang Tua, Papi (Achmad Fauzi) dan Mami (Iryatul Masriyah), serta Juna yang selalu memberikan doa, dukungan finansial, semangat, kasih sayang, dan menjadi teman bercerita penulis sehingga dapat menyelesaikan studi dengan baik.
7. Nadaa, Seri, Ica dan Cipa yang telah menjadi tempat berbagi cerita, berkeluh kesah, saling mendukung dalam perkuliahan, menemani penulis dalam konser, menjadi keluarga selama di perantauan serta mendukung penulis sampai akhir studi sarjana ini.
8. Ika dan Hanik yang menjadi tempat berkeluh kesah, menemani penulis dalam penelitian, dan membantu penulis untuk tetap waras serta sadar dalam menyelesaikan skripsi.

9. Teman-teman seperjuangan Kimia Angkatan 2020 khususnya KIM-A yang telah menunjukkan arti dari sebuah persahabatan dan menjadi tempat bertukar ilmu.
10. Teman-teman Asisten Laboratorium Kimia khususnya Ibu Anita dan Mas Muchis yang telah memberi kesempatan kepada penulis untuk banyak belajar selama menjadi asisten laboratorium.
11. Perempuan hebat yang memiliki keinginan tinggi namun terkadang sulit dimengerti isi kepala serta tingkah lakunya. Untuk diri saya sendiri, selamat karena sudah berhasil sampai dititik ini dan terima kasih sudah bertahan sampai detik ini. Masih banyak mimpi yang harus dicapai terutama menjadi pilot. Jadi, ayo terus melangkah ke depan dengan lebih percaya diri. Berbahagialah selalu dimanapun kapanpun kamu berada. Semoga Allah selalu menemani disetiap langkah yang kamu ambil.
12. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu per satu yang telah memberikan semangat demi terselesaikannya tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini banyak kekurangan dan jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran agar penulis dapat memperbaiki skripsi ini. Semoga naskah skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis dan pembaca.

Semarang, 30 Oktober 2024

Nur Rahayu Igfirliyana

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN	ii
PENGESAHAN.....	iii
NOTA DINAS.....	iv
ABSTRAK.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	7
C. Tujuan	8
D. Manfaat Penelitian	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	9
A. Landasan Teori.....	9
1. Bioplastik	9
2. Batang Jagung.....	12
3. Selulosa	13
4. Kitosan	15
5. Sorbitol.....	17
B. Karakterisasi	18
1. <i>Fourier Transform Infra-Red (FTIR)</i>	18
2. Uji Kekuatan Mekanik.....	21
3. Uji Daya Serap Air.....	24

4. Uji Biodegradasi	25
C. Kajian Pustaka	26
D. Hipotesis	30
BAB III METODE PENELITIAN	31
A. Tempat dan Waktu Penelitian	31
B. Alat dan Bahan	31
1. Alat.....	31
2. Bahan	31
C. Prosedur Kerja.....	32
1. Preparasi Bahan Baku.....	32
2. Ekstraksi Selulosa.....	33
3. Sintesis Bioplastik Selulosa – Kitosan	33
4. Sintesis Bioplastik Selulosa – Kitosan - Sorbitol.....	34
5. Karakterisasi.....	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	38
A. Sintesis Selulosa Batang Jagung.....	38
B. Sintesis Bioplastik Selulosa - Kitosan.....	44
1. Uji Kekuatan Mekanik.....	46
2. Uji Daya Serap Air.....	48
3. Uji Biodegradasi	50
4. Karakterisasi ATR-FTIR.....	51
C. Sintesis Bioplastik Selulosa-Kitosan-Sorbitol	56
1. Uji Kekuatan Mekanik.....	58
2. Uji Daya Serap Air.....	61
3. Uji Biodegradasi	63
4. Karakterisasi ATR-FTIR.....	67

BAB V KESIMPULAN	73
A. Kesimpulan	73
B. Saran.....	74
DAFTAR PUSTAKA	75
LAMPIRAN.....	87
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	113

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Standar Mutu Bioplastik.....	11
Tabel 2. 2 Hasil Serapan FTIR Selulosa Komersial	20
Tabel 3. 1 Formulasi Bioplastik Selulosa - Kitosan.....	34
Tabel 3. 2 Formulasi Bioplastik Selulosa – Kitosan – Sorbitol	35
Tabel 4. 1 Hasil Uji FTIR Selulosa Batang Jagung	43
Tabel 4. 2 Hasil Uji Kuat Tarik Bioplastik Selulosa-Kitosan .	46
Tabel 4. 3 Hasil Uji % Elongasi Bioplastik Selulosa-Kitosan.	47
Tabel 4. 4 Uji % Daya Serap Air Bioplastik Selulosa-Kitosan	48
Tabel 4. 5 Hasil Uji Biodegradasi Bioplastik Selulosa-Kitosan	50
Tabel 4. 6 Spektra ATR-FTIR (a) Selulosa Batang Jagung (b) Kitosan (c) Bioplastik Selulosa-Kitosan	53
Tabel 4. 7 Hasil Uji Kuat Tarik Bioplastik Selulosa-Kitosan- Sorbitol.....	58
Tabel 4. 8 Hasil Uji % Elongasi Bioplastik Selulosa-Kitosan- Sorbitol.....	60
Tabel 4. 9 Hasil Uji % Daya Serap Air Bioplastik Selulosa- Kitosan-Sorbitol.....	62
Tabel 4. 10 Uji Biodegradasi Bioplastik Selulosa-Kitosan- Sorbitol.....	64
Tabel 4. 11 Hasil Uji ATR-FTIR BSK2 dan BSKS1,5	68

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Siklus Degradasi Polimer Bioplastik	10
Gambar 2. 2 Struktur Molekul Selulosa	14
Gambar 2. 3 Struktur Kitosan	16
Gambar 2. 4 Sorbitol	17
Gambar 2. 5 Skema Alat FTIR.....	20
Gambar 2. 6 Spektrum FTIR dari selulosa komersial.....	20
Gambar 2. 7 Universal Testing Machine	22
Gambar 4. 1 Mekanisme Delignifikasi	40
Gambar 4. 2 Spektra FTIR Selulosa Batang Jagung	42
Gambar 4. 3 Struktur Selulosa	42
Gambar 4. 4 (a) Bioplastik Selulosa-Kitosan 1 g (b) Bioplastik Selulosa-Kitosan 2 g.....	45
Gambar 4. 5 Spektra ATR-FTIR (a) Selulosa Batang Jagung (b) Kitosan (c) Bioplastik Selulosa-Kitosan.....	52
Gambar 4. 6 Usulan Skema Interaksi Ikatan antara Selulosa - Kitosan.....	53
Gambar 4. 7 (a) BSKS0 (b) BSKS1,5 (c) BSKS3	56
Gambar 4. 8 Hasil Uji Kuat Tarik Bioplastik-Selulosa-Kitosan-Sorbitol	58
Gambar 4. 9 Spektra ATR-FTIR (a) Selulosa Batang Jagung (b) Kitosan (c) Bioplastik Selulosa- Kitosan (d) Bioplastik Selulosa-Kitosan-Sorbitol.....	67
Gambar 4. 10 Usulan Skema Interaksi Selulosa - Kitosan - Sorbitol.....	68

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Skema Kerja	87
Lampiran 2 Data FTIR	93
Lampiran 3 Analisis Data	96
Lampiran 4 Dokumentasi	100

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Jumlah penduduk yang selalu meningkat tiap tahunnya mengakibatkan bertambahnya konsumsi sumber daya alam dan energi dalam skala besar. Sampah yang menumpuk di lingkungan sekitar menjadi salah satu produk yang dihasilkan dari kegiatan manusia. Berdasarkan data Sistem Informasi Pengolahan Sampah Nasional (SIPSN) Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) sumber sampah paling besar per tahun 2023 berasal dari kegiatan rumah tangga dengan persentase 60,52%. Sampah plastik menjadi salah satu hasil dari kegiatan rumah tangga yang belum dapat dikelola dengan baik. Pada tahun 2019, produksi sampah plastik di Indonesia diperkirakan mencapai 175.000 ton per hari. Data dari Asosiasi Industri Plastik Indonesia (INAPLAS) dan Badan Pusat Statistik (BPS) menunjukkan bahwa total sampah plastik di Indonesia mencapai 64 juta ton per tahun. Sebanyak 85.000 ton kantong plastik per tahun tercatat terbuang ke lingkungan (Geospasial, 2020; Amni *et al.*, 2022).

Umumnya penggunaan plastik dapat ditemui pada hampir setiap produk. Plastik yang tidak ramah lingkungan

dan susah terurai di alam seringkali digunakan manusia, sehingga dapat mengganggu kelestarian alam. Tuhan menuntut manusia untuk selalu menjaga dan melestarikan lingkungan sebagai penghuninya. Manusia, di sisi lain, seringkali tidak bertanggung jawab dan secara tidak sengaja merusak ekosistem dan membahayakan makhluk hidup lainnya. Akibatnya, manusia memiliki kewajiban untuk menyelesaikan masalah tersebut. Sesuai dengan firman Allah dalam Q.S. Ar-Rum (30) ayat 41:

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ
يَرْجِعُونَ

Artinya: *“Telah tampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan perbuatan tangan manusia. (Melalui hal itu) Allah membuat mereka merasakan sebagian dari (akibat) perbuatan mereka agar mereka kembali (ke jalan yang benar)”* (Rizkiyah and Erwanto, 2023).

Dalam tafsir Al-Azhar, penafsiran Q.S Ar-Rum (30) ayat 41 yang menjelaskan dalam ayat ini bahwa di darat dan laut disebutkan sebagai tempat terjadinya kerusakan di bumi karena ulah manusia. Seperti contoh, laut yang tercemar sehingga ikan banyak yang mati dan hasil laut berkurang, kemudian daratan semakin panas sehingga terjadi kemarau panjang yang membuat keseimbangan lingkungan menjadi kacau (Rizkiyah and Erwanto, 2023).

Saat ini, polimer berbasis minyak bumi digunakan untuk membuat lebih dari 99% plastik kemasan, termasuk tas, peralatan makan, dan sedotan sekali pakai. Polusi plastik dari kemasan telah menjadi salah satu masalah lingkungan terpenting di dunia. Plastik umumnya terbuat dari polipropilena (PP), polietilena (PE), dan polivinil klorida yang memiliki sifat sulit diuraikan oleh mikroorganisme. Sifatnya yang tidak dapat terurai secara hayati, membuat plastik bertahan di lingkungan yang menyebabkan kerusakan pada lingkungan dan mengganggu ekosistem (Kendall, 2012; Mubarok, 2022).

Pembakaran, pembedaman dalam tanah dan *landfill* dianggap sebagai solusi alternatif pengelolaan limbah plastik. Faktanya pembakaran limbah plastik, yang tampaknya merupakan metode yang mudah dan hemat biaya bagi masyarakat, telah terbukti memiliki dampak yang merugikan bagi kesehatan manusia. Plastik konvensional yang mengandung polivinil klorida (PVC), mengakibatkan pelepasan senyawa kimia berbahaya, termasuk ion klorida dan dioksin yang beracun dan bersifat karsinogenik. Upaya pengelolaan yang dilakukan dengan mengurangi kuantitas sampah adalah mengurangi sampah plastik yang sulit terurai (Prasetya *et al.*, 2017). Plastik yang berasal dari konversi biomassa dianggap

sebagai salah satu solusi paling berkelanjutan untuk masalah ini (Kendall, 2012; Ong *et al.*, 2020).

Beberapa bahan yang dapat dijadikan sumber biomassa yaitu selulosa, pati, minyak alami, dan protein (Ma *et al.*, 2013; Belhassen *et al.*, 2014). Selulosa merupakan polimer alam yang keberadaannya sangat melimpah dan merupakan komponen utama penyusun dinding sel tanaman. Selulosa juga ditemukan sebagai kulit bagian dalam kayu yang berserat dan sebagai komponen berserat dari beberapa tangkai daun. Selulosa merupakan penyusun 40-50% kayu, 80% rami, dan 90% serat kapas (Asmoro *et al.*, 2018).

Selulosa dapat diperoleh dari kulit buah kakao, sabut kelapa, jerami padi, batang padi, limbah ampas rumput laut dengan kandungan masing-masing 35%, 32,5%, 37,71%, 31,37%, dan 17,47% (Rosa *et al.*, 2010; Hutomo *et al.*, 2012; Hidayati *et al.*, 2019; Maladi, 2019). Batang jagung mengandung 42,6% selulosa, 21,3% hemiselulosa, dan 8,2% lignin, menjadikan limbah batang jagung sebagai pasokan alternatif selulosa yang layak untuk berbagai aplikasi industri (Sarkar *et al.*, 2012; Sihotang and Tambunan, 2022). Pemanfaatan limbah batang jagung sebagai sumber selulosa menjadi peluang besar bagi peneliti karena limbah batang jagung banyak tersedia di

alam dan pemanfaatannya masih belum optimal. Pemanfaatan limbah batang jagung juga bisa sekaligus berperan dalam menerapkan prinsip *green chemistry* yaitu dengan memanfaatkan limbah untuk diolah menjadi bioplastik (Wijayanti *et al.*, 2016; Jiang *et al.*, 2020; Rojtica, 2021).

Ikatan hidrogen yang lemah dimiliki bioplastik berbahan selulosa karena jarak antar molekul yang renggang sehingga mudah terdegradasi. Ikatan hidrogen yang lemah juga menyebabkan bioplastik menjadi kurang kuat dan fleksibel (Wijayanti *et al.*, 2016; Rentoy *et al.*, 2019). Penambahan zat aditif seperti *plasticizer* menjadi solusi yang dapat digunakan untuk mengatasi kekurangan bioplastik berbahan selulosa. *Plasticizer* merupakan suatu senyawa yang digunakan untuk meningkatkan fleksibilitas dan mengurangi kerapuhan pada polimer. Poliol, seperti sorbitol dan gliserol, seringkali digunakan sebagai *plasticizer* karena kemampuannya untuk melemahkan ikatan hidrogen intermolekuler, sehingga meningkatkan jarak antarmolekul dalam matriks polimer (Tri *et al.*, 2022).

Ikatan hidrogen internal antarmolekul dapat direduksi melalui penambahan sorbitol. Persentase elongasi atau regangan suatu material dapat ditingkatkan dengan penambahan sorbitol, di mana terdapat hubungan

linier antara konsentrasi sorbitol dengan nilai elongasi. Kemampuan degradasi bioplastik dipengaruhi oleh konsentrasi sorbitol, dengan peningkatan konsentrasi sorbitol mempercepat proses degradasi (Arief *et al.*, 2021). Hal ini disebabkan oleh sifat hidrofilik sorbitol yang memungkinkan terjadinya penyerapan air. Kondisi lembab yang diakibatkan oleh penyerapan air tersebut menciptakan lingkungan yang kondusif bagi pertumbuhan mikroorganisme, sehingga mempercepat proses degradasi bioplastik (Handayani and H Haryanto, 2020; Azizati *et al.*, 2022). Hasil penelitian Arief (2021) menunjukkan bahwa penambahan sorbitol 1 mL, 2 mL, 3 mL, dan 4 mL dalam pembuatan bioplastik menghasilkan hasil uji daya serap sebesar 71,04%; 73,78%; 87,39%; dan 88,03%, hal ini menunjukkan bahwa uji daya serap dipengaruhi oleh penambahan sorbitol, semakin besar sorbitol yang ditambahkan maka semakin besar pula persentase penyerapan pada bioplastik.

Rendahnya *tensile strength* bioplastik akibat penambahan sorbitol dapat diatasi dengan penambahan kitosan sebagai penguat (Putranti and Nugraheni, 2023). Kitosan digunakan untuk meningkatkan kuat tarik karena mampu meningkatkan ikatan hidrogen dengan komponen dalam bioplastik. Sifat hidrofobik yang dimiliki oleh

kitosan membuatnya sukar larut dalam air sehingga mampu memperlambat laju biodegradasi bioplastik yang dihasilkan (Priyadarshi and Rhim, 2020; Aranaz *et al.*, 2021). Hasil penelitian Yustinah (2023) menunjukkan bahwa kitosan dengan massa 3 gram memiliki karakteristik bioplastik dengan nilai daya serap air 20%, nilai kuat tarik 18,1 MPa, dan perpanjangan putus 18%.

Berdasarkan masalah yang dijelaskan, penelitian terkait pembuatan bioplastik berbahan dasar selulosa dari limbah batang jagung sudah pernah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya seperti Asmoro *et al.* (2018); Rentoy *et al.* (2019); Sihotang (2022), sehingga inovasi yang dirumuskan dalam penelitian ini adalah penambahan *plasticizer* sorbitol dan penguat kitosan. Hasil penelitian ini akan memfasilitasi peningkatan pemahaman terkait bioplastik yang terbuat dari selulosa yang disintesis dari bahan alam dengan penambahan sorbitol dan kitosan yang dapat berfungsi sebagai dasar penelitian dan aplikasi lebih lanjut.

B. Rumusan Masalah

1. Bagaimana karakteristik selulosa dari batang jagung?
2. Bagaimana karakteristik bioplastik yang terbuat dari selulosa limbah batang jagung dengan penambahan sorbitol dan kitosan?

3. Bagaimana kemampuan biodegradasi bioplastik yang terbuat dari selulosa limbah batang jagung dengan tambahan *plasticizer* sorbitol dan kitosan?

C. Tujuan

1. Menentukan karakteristik selulosa limbah batang jagung.
2. Menentukan karakteristik sifat fisik/mekanik bioplastik ramah lingkungan yang terbuat dari selulosa limbah batang jagung dengan penambahan sorbitol dan kitosan.
3. Menentukan nilai degradasi bioplastik ramah lingkungan yang terbuat dari selulosa limbah batang jagung, dengan penambahan sorbitol dan kitosan.

D. Manfaat Penelitian

1. Memanfaatkan limbah batang jagung menjadi produk dengan nilai guna yang lebih tinggi.
2. Membuat produk bioplastik dari bahan alam yang mudah didapat, ekonomis, dan ramah lingkungan untuk meminimalisir kerusakan lingkungan akibat penggunaan plastik sintesis yang sulit terdegradasi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Landasan Teori

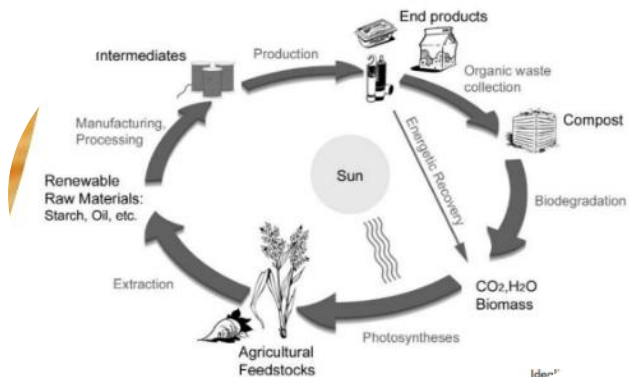
1. Bioplastik

Bioplastik, atau plastik biodegradable, merupakan material polimer yang dapat terdegradasi secara biologis. Material ini dirancang untuk memiliki sifat mekanik yang sebanding dengan plastik konvensional, namun dapat terurai menjadi air dan karbon dioksida melalui aktivitas mikroorganisme dalam lingkungan alam. Kemampuan biodegradasi ini menjadikan bioplastik sebagai alternatif bahan yang ramah lingkungan (Budiman *et al.*, 2018; Maladi, 2019; Maneking *et al.*, 2020; Widiatmono *et al.*, 2021).

Bioplastik merupakan material polimer yang dapat terdegradasi secara biologis, baik melalui proses biodegradasi oleh mikroorganisme maupun oleh faktor lingkungan seperti kelembaban dan radiasi sinar matahari. Berbagai biopolimer alami, termasuk polisakarida (selulosa, pati, kitin), protein (kasein, whey, kolagen), dan lipid, telah dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam

pembuatan bioplastik, khususnya untuk aplikasi pengemasan makanan (Rentoy *et al.*, 2019; Tri *et al.*, 2022).

Bioplastik dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis utama, yaitu film biodegradabel dan *biodegradable coating*. *Biodegradabel coating* diaplikasikan secara langsung pada permukaan produk, sedangkan film biodegradabel umumnya digunakan sebagai kemasan atau pelapis sekunder (Rojtica, 2021).



Gambar 2. 1 Siklus Degradasi Polimer Bioplastik
(IBAW Publication, 2005)

Proses biodegradasi film plastik diawali dengan degradasi kimia, di mana molekul polimer mengalami oksidasi sehingga menghasilkan

fragmen polimer dengan berat molekul yang lebih rendah. Fragmen-fragmen ini kemudian menjadi substrat bagi mikroorganisme untuk melakukan dekomposisi. Dekomposisi, atau pengomposan, merupakan proses biologis di mana mikroorganisme menguraikan bahan organik menjadi humus dan senyawa-senyawa sederhana. Proses ini melibatkan oksidasi senyawa organik, menghasilkan karbon dioksida, air, dan biomassa mikroba (Miftahul, 2017).

Standar mutu bioplastik yang digunakan, ditunjukkan pada tabel 2.1

Tabel 2. 1 Standar Mutu Bioplastik

No.	Standar Mutu Baku Bioplastik	Nilai	Standar Nasional Indonesia
1.	Kuat Tarik (MPa)	Min 13,7 MPa	SNI 7818: 2014
2.	Persen Elongasi (%)	400% - 1120%	SNI 7818: 2014
3.	Biodegradasi	Minimum 90% selama 180 hari	SNI 7188.7: 2022
4.	Daya Serap Air	21,5%	SNI 7188.7: 2016

2. Batang Jagung

Limbah dari sektor pertanian dan pangan, khususnya yang kaya akan selulosa seperti jagung (*Zea mays*), memiliki potensi besar sebagai bahan baku alternatif dalam produksi bioplastik. Jagung, sebagai salah satu komoditas pertanian utama dunia, menghasilkan limbah dalam jumlah yang signifikan. Selulosa yang terkandung dalam limbah jagung dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar dalam sintesis biopolimer (Accinelli *et al.*, 2018; Asmoro *et al.*, 2018)

Jagung (*Zea mays*) telah lama menjadi salah satu komoditas utama pertanian di Indonesia, dengan produksi yang mengalami peningkatan signifikan dari tahun ke tahun. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS), produksi jagung nasional pada tahun 2011 tercatat sebesar 17,92 juta ton dan meningkat menjadi 18,51 juta ton pada tahun 2013. Meskipun produksi jagung terus meningkat, pemanfaatan limbah batang jagung, yang merupakan produk sampingan dari proses pengolahan jagung, masih belum optimal. Limbah batang jagung umumnya dimanfaatkan sebagai

pakan ternak, bahan bakar, atau dibuang begitu saja (Wiradipta, 2017).

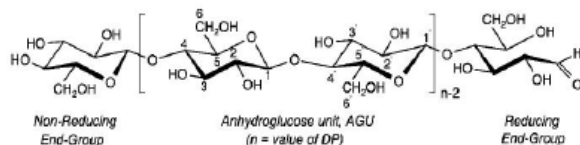
Limbah batang tanaman jagung memiliki potensi besar untuk meningkatkan nilai tambah produk pertanian. Batang jagung, sebagai salah satu biomassa limbah pertanian yang melimpah di Indonesia, telah dimanfaatkan secara tradisional sebagai pakan ternak, bahan bakar, atau kompos. Kandungan selulosa yang tinggi pada batang jagung, mencapai 42,6%, serta kandungan hemiselulosa (21,3%) dan lignin (8,2%), menjadikan limbah ini sebagai sumber selulosa alternatif yang menjanjikan untuk berbagai aplikasi industri (Afriyanti *et al.*, 2021; Sihotang and Tambunan, 2022).

3. Selulosa

Selulosa merupakan polimer linier yang tersusun atas unit-unit glukosa. Struktur linier dan sifat semikristalin selulosa menyebabkan rendahnya kelarutan dalam berbagai pelarut. Selain itu, selulosa juga tahan terhadap degradasi kimia maupun mekanis. Di alam, selulosa seringkali ditemukan bersama dengan hemiselulosa dan

lignin, membentuk jaringan utama dinding sel tumbuhan. Selulosa yang tidak larut dalam air, banyak ditemukan pada bagian-bagian tanaman yang bersifat berkayu, seperti batang, dahan, dan akar. Fungsi utama selulosa dalam tumbuhan adalah sebagai komponen struktural, memberikan kekuatan, bentuk, dan perlindungan pada sel dan jaringan tanaman (Wiradipta, 2017; Asmoro *et al.*, 2018).

Selulosa, sebagai biopolimer dengan kandungan serat yang tinggi, dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku utama dalam produksi bioplastik. Sifat mekanik bioplastik selulosa dipengaruhi oleh ukuran serat selulosa yang digunakan, di mana semakin besar diameter serat, maka kekuatan tarik bioplastik tersebut cenderung semakin rendah (Miftahul, 2017; Asmoro *et al.*, 2018).



Gambar 2. 2 Struktur Molekul Selulosa (Asmoro *et al.*, 2018).

Proses isolasi selulosa dapat diterapkan pada berbagai jenis limbah pertanian, seperti limbah kelapa sawit, tongkol jagung, sagu, bambu, enceng gondok, kulit kakao, bagase, dan batang tanaman (Asmoro *et al.*, 2018).

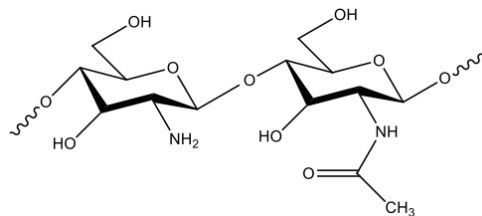
4. Kitosan

Kitosan adalah polisakarida alami yang jumlahnya sangat besar dan mudah ditemukan di alam. Kitosan yang merupakan turunan kitin umumnya berasal dari limbah cangkang kerang (Bumgardner *et al.*, 2016). Sifat kitosan yang hidrofobik dan ramah lingkungan menjadikannya sebagai bahan pengental serta pengisi dalam sintesis bioplastik. Kitosan merupakan satu-satunya polikation di alam yang kerapatan muatannya bergantung pada tingkat asetilasi dan pH media. Kelarutan polimer bergantung pada tingkat asetilasi dan berat molekul (Aranaz *et al.*, 2021).

Kitosan dengan tingkat deasetilasi yang rendah memiliki lebih banyak gugus samping asetil sehingga hambatan sterik yang mengarah ke struktur kristal yang lebih amorf. Kristalinitas

menyebabkan peningkatan kekuatan mekanik kitosan, hal ini juga meningkatkan kerapuhan atau penurunan persen pemanjangan (Bumgardner *et al.*, 2016; Aranaz *et al.*, 2021).

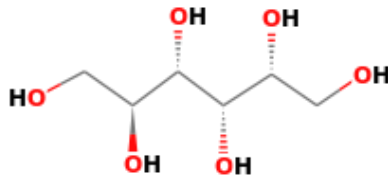
Kitosan dengan persen derajat deasetilasi yang tinggi, membuat struktur kitosan menjadi lebih tersusun sehingga menyebabkan peningkatan kekuatan mekanik, memperlambat degradasi dan pembengkakan. Terjadinya penurunan nilai kuat tarik pada penambahan kitosan disebabkan jumlah kitosan yang ditambahkan sudah melebihi massa optimum. Hal ini menyebabkan kitosan akan berdiri sendiri dan tidak berikatan dengan komposisi lain, mengakibatkan nilai kuat tarik mengalami penurunan (Bumgardner *et al.*, 2016; Yustinah *et al.*, 2023).



Gambar 2. 3 Struktur Kitosan (Qolbi, 2023)

5. Sorbitol

Sorbitol sebagai salah satu jenis gula alkohol, sering digunakan sebagai pemanis buatan dalam produk makanan. Selain itu, sorbitol juga berfungsi sebagai *plasticizer* dalam berbagai aplikasi industri.



Gambar 2. 4 Sorbitol (America, 2023)

Plasticizer, sebagai senyawa organik bermassa molekul rendah, ditambahkan pada polimer untuk menurunkan kekakuan dan meningkatkan fleksibilitas serta ekstensibilitas material. Penambahan *plasticizer* mampu membuat material menjadi lebih lentur, elastis, dan tahan terhadap retak. *Plasticizer* juga meningkatkan permeabilitas material terhadap gas, uap air, dan zat terlarut (Afidin, 2021).

Sifat hidrofilik yang dimiliki sorbitol mampu untuk mengikat molekul air. Adanya kandungan air yang tinggi dalam bioplastik dapat mempercepat proses biodegradasi. Air merupakan medium

pertumbuhan bagi mikroorganismenya. Penambahan sorbitol sebagai *plasticizer* dapat mengurangi ikatan hidrogen intramolekuler, sehingga menurunkan kekuatan interaksi antar rantai polimer dan berakibat pada penurunan kekuatan tarik bioplastik. Peningkatan konsentrasi sorbitol akan semakin melemahkan interaksi antar rantai polimer, sehingga meningkatkan fleksibilitas material namun juga mengurangi kekuatan mekaniknya (Arief *et al.*, 2021).

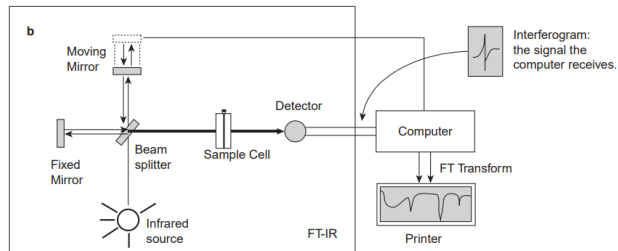
B. Karakterisasi

1. *Fourier Transform Infra-Red (FTIR)*

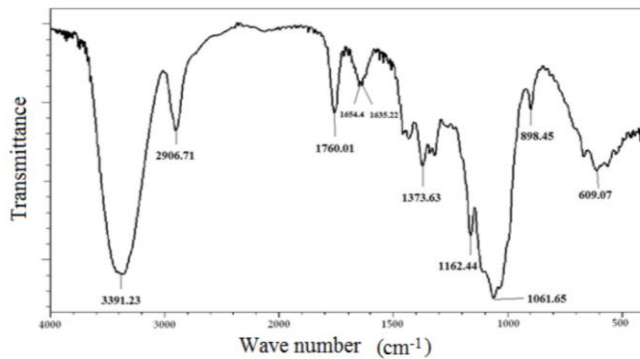
Spektroskopi inframerah merupakan teknik analisis yang memanfaatkan interaksi radiasi inframerah dengan molekul sampel untuk mengidentifikasi gugus fungsi spesifik dalam senyawa organik. Spektrum inframerah yang dihasilkan merepresentasikan sidik jari molekular unik dari suatu senyawa, yang ditandai oleh serangkaian puncak pada bilangan gelombang tertentu. Pada teknik ini, berkas radiasi inframerah dilewatkan melalui celah ke sampel, celah berfungsi

mengontrol jumlah energi yang disampaikan pada sampel. Beberapa *infrared* diserap oleh sampel dan yang lainnya ditransmisikan melalui permukaan sampel sehingga sinar *infrared* lolos ke detektor. Sinyal yang terukur direkam dalam bentuk puncak-puncak (Miftahul, 2017; Yang *et al.*, 2021).

Spektroskopi Inframerah Transformasi Fourier (FTIR) adalah teknik analisis yang memanfaatkan interaksi radiasi inframerah dengan molekul sampel untuk mengidentifikasi gugus fungsi spesifik. Pada teknik ini, sampel dikenai radiasi inframerah, dan energi yang diserap oleh molekul akan terukur sebagai spektrum yang unik. Spektrum FTIR ini merepresentasikan sidik jari molekular dari suatu senyawa, di mana setiap puncak pada spektrum berkorelasi dengan frekuensi getaran suatu gugus fungsi tertentu dalam molekul tersebut. (Pavia *et al.*, 2009; Widiatmono *et al.*, 2021).



Gambar 2. 5 Skema Alat FTIR (Pavia *et al.*, 2009)



Gambar 2. 6 Spektrum FTIR dari selulosa komersial (Abderrahim *et al.*, 2015)

Tabel 2. 2 Hasil Serapan FTIR Selulosa Komersial

Gugus Fungsi	Bilangan Gelombang (cm^{-1})
O-H	3391,23
C-H	2906,71
C-O	1162,44
C-H	1061,65
	898,45

2. Uji Kekuatan Mekanik

a. Uji Kuat Tarik (*Tensile Strength*)

Kekuatan maksimum yang dapat ditahan suatu lembaran plastik hingga mencapai titik putus (Budiman *et al.*, 2018). Nilai kuat tarik yang rendah mengindikasikan bioplastik yang dihasilkan mudah rusak, dan tidak dapat melindungi produk dari gesekan atau benturan (Qolbi, 2023).

Kekuatan tarik dapat diukur berdasarkan persamaan 2.1.

$$\sigma = \frac{F_{maks}}{A_0} \quad (II.1)$$

(Qolbi, 2023)

Kekuatan tarik disimbolkan dengan σ (kg/cm^2), F_{maks} menunjukkan beban maksimum (kg) dan luang penampang awal disimbolkan dengan A_0 (cm^2).



Gambar 2. 7 *Universal Testing Machine* (Miftahul, 2017)

Nilai kekuatan tarik yang tinggi mengindikasikan kemampuan untuk menahan gaya yang lebih besar dari suatu material plastik terhadap perubahan bentuk dan reatakan akibat gaya tarik yang diberikan. Semakin tinggi nilai kekuatan tarik suatu plastik, maka semakin baik pula kemampuannya dalam melindungi produk dari berbagai jenis tegangan mekanik, seperti gaya tekan, geser, getaran, dan benturan (Nur *et al.*, 2020).

b. Uji Persen Perpanjangan (*%Elongation*)

Uji elongasi dilakukan untuk mengukur kemampuan bioplastik memanjang sebelum putus ketika diberi gaya tarik. Nilai elongasi maksimum yang diperoleh dari uji ini merepresentasikan persentase perpanjangan maksimum yang dapat dicapai oleh sampel sebelum putus. Perubahan komposisi material dapat mempengaruhi nilai elongasi secara signifikan. Menurut standar internasional untuk plastik PLA dari Jepang, persentase elongasi yang umum adalah sekitar 9%. Elastisitas suatu material dapat dihitung berdasarkan perbandingan antara perubahan panjang terhadap panjang awal material saat diberikan beban. (Miftahul, 2017; Mustapha and Wan, 2022).

Nilai elongasi pada titik putus menunjukkan tingkat elastisitas material tersebut. Semakin tinggi nilai elongasi putus, semakin besar kemampuan material untuk mengalami perubahan bentuk sementara tanpa mengalami kerusakan permanen. Sebaliknya,

material dengan nilai elongasi putus yang rendah cenderung bersifat getas dan mudah mengalami retak atau patah. (Budiman *et al.*, 2018; Nur *et al.*, 2020). Rumus perhitungan uji persen perpanjangan ditunjukkan pada persamaan 2.2.

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_o} \times 100\% \quad (\text{II.2})$$

(Jabbar, 2017)

Simbol ε menunjukkan elastisitas/regangan (%), Δl menunjukkan penambahan Panjang (cm), dan l_o menunjukkan panjang awal (cm).

3. Uji Daya Serap Air

Sifat ketahanan bioplastik terhadap air ditentukan dengan uji *swelling* yaitu persentase plastik dalam menyerap air dari lingkungan. (Saleh and Utami, 2021; Widiatmono *et al.*, 2021). Pengujian diperlukan untuk mengetahui sifat bioplastik hasil sintesis sudah sesuai SNI atau belum. SNI 7188.7:2016 untuk uji daya serap sebesar 21,5%. Pengujian daya serap air dapat dihitung menggunakan persamaan 2.3.

$$\text{Daya serap air} = \frac{W - W_0}{W_0} \times 100\% \quad (\text{II.3})$$

(Widiatmono *et al.*, 2021)

Dengan W_0 menunjukkan massa awal sampel (g), dan W menunjukkan massa akhir setelah dilakukan perendaman (g).

Pengujian dilakukan sebanyak dua kali (duplo) bertujuan agar data yang diperoleh akurat. Nilai %RPD yang didapat harus sesuai dengan SNI yaitu di bawah 10% (Habibi, 2019). Nilai perbedaan presentase retalif (*relative percent different, %RPD*) dapat dihitung menggunakan persamaan 2.4.

$$\%RPD = \frac{\Delta x}{\bar{x}} \times 100\% = \frac{|x_1 - x_2|}{(x_1 + x_2)/2} \times 100\% \quad (\text{II.4})$$

%RPD menunjukkan perbedaan persentase relatif, x_1 menunjukkan nilai pengujian pertama (simplo), x_2 menunjukkan nilai pengujian kedua (duplo), dan \bar{x} menunjukkan nilai rata-rata hasil pengujian.

4. Uji Biodegradasi

Uji biodegradasi dilakukan untuk mengukur laju degradasi suatu bioplastik oleh mikroorganisme dalam lingkungan tertentu.

Metode penguburan dalam tanah (*soil burial test*) umumnya digunakan untuk pengujian biodegradasi, tanah digunakan sebagai media karena keanekaragaman dan kepadatan mikroorganisme di dalam tanah yang dapat mempercepat proses degradasi (Budiman *et al.*, 2018; Widiatmono *et al.*, 2021; Mustapha and Wan, 2022).

Nilai standar untuk uji biodegradasi bioplastik berdasarkan SNI 7188.7:2020 minimum 90% dalam 180 hari. Tingkat kerusakan bioplastik menjadi hal yang ditinjau dalam pengujian. Kerusakan dapat diketahui dari hasil pengurangan massa bioplastik awal dengan massa bioplastik setelah dikubur dalam tanah (Qolbi, 2023).

C. Kajian Pustaka

Penelitian Asmoro *et al.* (2018) menggunakan proses delignifikasi basa dalam ekstraksi selulosa batang jagung. Hasil yang diperoleh yakni ekstraksi selulosa menggunakan NaOH 25% menghasilkan rendemen tertinggi sebesar 35,61%. NaOH digunakan untuk ekstraksi selulosa karena berfungsi sebagai pendorong dalam proses pemecahan komponen

lignoselulosa sehingga menghasilkan selulosa yang bersifat sukar larut dalam air air.

Penelitian Sihotang and Tambunan (2022) melakukan sintesis selulosa dari batang jagung. Selulosa disintesis menggunakan NaOH 5% dengan penambahan HNO₃ 2% pada pemasanan yang dapat memecah lignin hingga terlepas dari selulosa. Hasil sintesis selulosa yang dilakukan menghasilkan rendemen sebesar 42,6%.

Penelitian Kamaludin *et al.* (2022) menyatakan bahwa pada hasil uji biodegradasi penggunaan sorbitol sebagai *plasticizer* lebih baik dari gliserol untuk digunakan dalam pembuatan bioplastik. Kemampuan sorbitol untuk mengikat air lebih tinggi dibandingkan gliserol disebabkan oleh jumlah gugus hidroksil yang lebih banyak pada molekul sorbitol. Hal ini memungkinkan sorbitol untuk menyediakan lingkungan yang lebih lembap, sehingga mendukung pertumbuhan mikroorganisme yang berperan dalam proses biodegradasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan *plasticizer* sebesar 25% baik sorbitol maupun gliserol memberikan hasil degradasi

tertinggi, dengan persentase kehilangan massa masing-masing sebesar 28,33% dan 37,58% pada hari ke-12.

Penelitian Arief *et al.* (2021) menggunakan sorbitol sebagai *plasticizer* dalam pembuatan bioplastik berbahan selulosa. Hasil analisis menunjukkan dengan meningkatnya konsentrasi selulosa maka akan semakin mempercepat proses degradasi bioplastik. Sorbitol dengan volume 12 mL memperoleh nilai degradasi sebesar $58,68 \pm 0,90\%$ selama tujuh hari. Peningkatan konsentrasi sorbitol juga akan mempengaruhi persen perpanjangan, karena peningkatan konsentrasi *plasticizer* sorbitol akan mengurangi ikatan hidrogen untuk meningkatkan fleksibilitas atau elastisitas sehingga kuat tarik menurun. Penambahan sorbitol sebanyak 3 mL menghasilkan persen perpanjangan sebesar 44,56%.

Penelitian Asjun *et al.* (2023) menunjukkan bahwa dengan meningkatnya jumlah kitosan, maka nilai kuat tarik semakin meningkat. Formulasi kitosan 4 g dan PEG 1000 (3%) menghasilkan nilai kuat tarik tertinggi 39,291 MPa. Pada hasil penelitian juga menunjukkan bahwa peningkatan jumlah kitosan dalam komposisi membuat waktu degradasi semakin lama.

Penelitian Yustinah (2019) penambahan kitosan sebesar 3 g menghasilkan kuat tarik 15,26 MPa dan persen perpanjangan 5,13%. Penelitian ini menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi kitosan dalam struktur dasar bioplastik berbanding lurus dengan peningkatan jumlah ikatan hidrogen yang terbentuk. Akibatnya, kekuatan ikatan kimia dalam bioplastik meningkat, sehingga diperlukan energi yang lebih besar untuk memutuskan ikatan-ikatan tersebut.

Penelitian Yustinah (2023) menghasilkan nilai kuat tarik dari variasi kitosan 1,5 gr; 2 gr; 2.5 gr; 3 gr dan 3,5 gr masing- masing sebesar 5,128 MPa, 6,303 MPa, 7,049 MPa, 18,100 MPa, dan 4,650 MPa. Peningkatan kekuatan tarik pada bioplastik akan terus terjadi selama masih terdapat interaksi yang signifikan antara molekul kitosan dan selulosa. Penurunan kekuatan tarik yang teramati pada penambahan kitosan 3,5 gram mengindikasikan adanya fase pemisahan atau aglomerasi partikel kitosan yang tidak terikat dengan matriks selulosa, sehingga mengurangi fleksibilitas dan meningkatkan kerapuhan bioplastik.

Berdasarkan beberapa penelitian terdahulu, penelitian ini akan menggunakan limbah batang jagung

sebagai bahan selulosa dengan ekstraksi menggunakan pelarut NaOH dan ditambah dengan kitosan sebagai penguat dan sorbitol sebagai *plasticizer*. Fokus penelitian ini adalah pemanfaatan selulosa dari limbah batang jagung yang diharapkan dapat dibuat menjadi bioplastik yang mudah didegradasi.

D. Hipotesis

Selulosa memiliki gugus O-H yang dapat berikatan hidrogen dengan gugus N-H dari kitosan sehingga diharapkan mampu meningkatkan kuat tarik pada bioplastik. Penambahan sorbitol yang memiliki gugus O-H akan berinteraksi dengan kitosan dan selulosa sehingga diharapkan dapat meningkatkan elongasi dari bioplastik. Penambahan kitosan dan sorbitol diharapkan mampu menghasilkan bioplastik yang memiliki kekuatan mekanik yang baik.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Juni – Oktober 2024 di Laboratorium Kimia Kampus 2 UIN Walisongo Semarang. Uji kekuatan mekanik dilakukan di Laboratorium Terpadu Universitas Diponegoro Semarang dan karakterisasi FTIR dilakukan di Laboratorium Terpadu UIN Walisongo Semarang.

B. Alat dan Bahan

1. Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah peralatan gelas, neraca analitik (Ohaus), ayakan 80 mesh, cetakan plastik, blender, oven (Mettler UN 30), *magnetic stirrer* (D-Lab), FTIR (*Fourier Transform InfraRed*) Bruker ALPHA II Compact FT-IR Spectrometer, dan *Universal Testing Machine* (CORES-DU_R-7.8 LHU).

2. Bahan

Bahan dalam penelitian yang digunakan yakni limbah batang jagung yang berasal dari Kecamatan Kaloran, NaOH p.a dari Merck (10%, 800 mL),

NaOCl dari ONEMED (5%, 180 mL), aquadest, kitosan dan sorbitol dari toko *chem mix*.

C. Prosedur Kerja

1. Preparasi Bahan Baku

Preparasi dilakukan dengan tahap pencucian untuk menghilangkan bahan-bahan yang tercampur dalam limbah batang jagung seperti tanah, batu, dan kotoran lain. Setelah batang jagung bersih, dilakukan pemisahan antara batang dan kulit bagian luarnya. Bagian dalam batang yang sudah terpisah dari kulit luar, kemudian dikeringkan menggunakan sinar matahari untuk menghilangkan kandungan air di dalamnya. Setelah kering, batang jagung dipotong menjadi beberapa bagian kecil agar memudahkan dalam tahap penghancuran. Penghancuran dilakukan menggunakan blender untuk mendapatkan serbuk batang jagung. Hasil gilingan yang sudah dihancurkan kemudian diayak menggunakan ayakan 80 mesh untuk menghasilkan serbuk dengan ukuran yang homogen (Rentoy *et al.*, 2019; Sihotang and Tambunan, 2022; Tri *et al.*, 2022).

2. Ekstraksi Selulosa

Dicampurkan 10 gram serbuk batang jagung dengan 800 mL NaOH 10%, diaduk pada suhu ruang selama 1 jam lalu didekantasi. Pulp yang dihasilkan disaring menggunakan kain katun dan dibilas dengan aquadest. Selanjutnya residu dicampurkan ke dalam larutan NaOCl 5% sebanyak 180 mL pada suhu 70°C selama 1 jam. Setelahnya dilakukan filtrasi menggunakan kain katun. Dicuci residu dengan aquadest hingga bau hipoklorit hilang. Residu dikeringkan dalam oven dengan suhu 60°C hingga berat konstan. Setelah kering, selulosa dihaluskan menggunakan blender. Serbuk yang dihasilkan kemudian diayak dengan ukuran 80 mesh. Selulosa yang sudah halus dilakukan karakterisasi menggunakan FTIR (Rentoy *et al.*, 2019; Susanti, 2021; Lou *et al.*, 2022; Sihotang and Tambunan, 2022; Tri *et al.*, 2022).

3. Sintesis Bioplastik Selulosa – Kitosan

Selulosa sebanyak 1,25 gram ditambahkan variasi kitosan 1 gram dan 2 gram yang kemudian dicampurkan dengan aquadest sehingga volume mencapai 80 mL dan distirrer selama 1 jam pada

suhu 80°C dengan kecepatan 500 rpm sampai larutan homogen. Formulasi bioplastik selulosa-kitosan dibuat dengan variasi, seperti tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Formulasi Bioplastik Selulosa - Kitosan

Variasi	Selulosa (gram)	Kitosan (gram)
BSK1	1,25	1
BSK2	1,25	2

Setelahnya campuran dicetak dengan menggunakan cetakan plastik secara merata hingga gelembung udara pada permukaan menghilang. Dikeringkan campuran dalam oven pada suhu 60°C (Sihotang and Tambunan, 2022; Tri *et al.*, 2022). Film yang dihasilkan dilepas dari cetakan dan dianalisis dengan FTIR, uji kekuatan mekanik, uji daya serap air, dan uji biodegradasi.

4. Sintesis Bioplastik Selulosa - Kitosan - Sorbitol

Selulosa sebanyak 1,25 gram dengan variasi sorbitol 0 mL; 1,5 mL dan 3 mL dan ditambahkan komposisi kitosan yang optimum pada tahap 3. Kemudian dicampurkan dengan aquadest sehingga volume mencapai 80 mL dan distirrer selama 1 jam pada suhu 80°C dengan kecepatan 500 rpm sampai larutan homogen. Bioplastik dibuat sesuai variasi yang telah diformulasikan, seperti tabel 3.2.

Tabel 3. 2 Formulasi Bioplastik Selulosa – Kitosan
– Sorbitol

Sampel Bioplastik	Selulosa (gram)	Sorbitol (mL)	Kitosan (gram)
BSKS0	1,25	0	
BSKS1,5	1,25	1,5	optimasi
BSKS3	1,25	3	

Setelahnya campuran dicetak dengan menggunakan cetakan plastik secara merata hingga gelembung udara pada permukaan menghilang, lalu dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C (Afriyanti *et al.*, 2021; Sihotang and Tambunan, 2022; Tri *et al.*, 2022). Film yang dihasilkan dilepas dari cetakan dan dianalisis dengan FTIR, uji kekuatan mekanik, uji daya serap air, dan uji biodegradasi.

5. Karakterisasi

a. ATR-FTIR

Spesimen diposisikan pada prisma kristal, sumber sinar selanjutnya akan dipancarkan sesuai dengan sudut sinar kritis ke arah prisma kristal (*Zinc selenide (ZnSe) /Ge*), melintasi spesimen dan akhirnya dipantulkan ke arah detektor. Analisis gugus fungsi selulosa dilakukan dalam rentang panjang gelombang

400 cm^{-1} – 4000 cm^{-1} , sehingga diperoleh spektrum FTIR. Teknik spektroskopi *Fourier Transform Infrared* (FTIR) ini digunakan untuk memeriksa puncak penyerapan yang terkait dengan gugus fungsional yang ada dalam bahan bioplastik (Kim *et al.*, 2024).

b. Uji Kuat Tarik (ASTM D638-02a-2002)

Uji kuat tarik dilakukan menggunakan alat *universal testing machine*. Sampel dengan ukuran 5 cm × 1 cm, kedua sisinya dijepit untuk mengukur beban maksimum yang tercatat saat sampel putus.

c. Uji %Elongasi (ASTM D1822-L, 2000)

Pengujian dilakukan menggunakan alat *universal testing machine*. Sampel dipotong dengan ukuran 5 cm × 1 cm, kedua sisi panjangnya direkatkan. Pertambahan panjang lembar bioplastik hingga titik putus digunakan sebagai data untuk analisis.

d. Uji Daya Serap Air (ASTM D18305-B, 2002)

Ditimbang massa awal (W_0) sampel bioplastik berukuran 2 cm x 2 cm. Dimasukkan sampel bioplastik ke dalam wadah berisi

aquadest dengan suhu 25°C selama 10 detik. Setelah 10 detik, sampel diambil dan dikeringkan menggunakan kain kering. Selanjutnya timbang kembali massa bioplastik setelah kering (*W*). Pengujian ini dilakukan sebanyak dua kali (duplo).

e. Uji Biodegradasi (ASTM D6954-04, 2000)

Proses yang dilakukan dalam biodegradasi bioplastik adalah metode *soil burial test* dengan estimasi waktu penguburan dalam tanah dilakukan hingga sampel bioplastik habis seluruhnya dengan pengamatan setiap hari. Sampel dipotong berukuran 4 cm x 4 cm, ditimbang berat awalnya. Setelah itu dilihat perubahan masa setiap hari hingga plastik terdegradasi sempurna.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian akan diuraikan dan dipaparkan dalam bab ini mengenai sintesis dan karakterisasi bioplastik berbahan selulosa limbah batang jagung-sorbitol-kitosan. Bioplastik dikarakterisasi gugus fungsi dengan ATR-FTIR dan dilakukan pengujian yang meliputi uji kekuatan mekanik, daya serap dan biodegradasi.

A. Sintesis Selulosa Batang Jagung

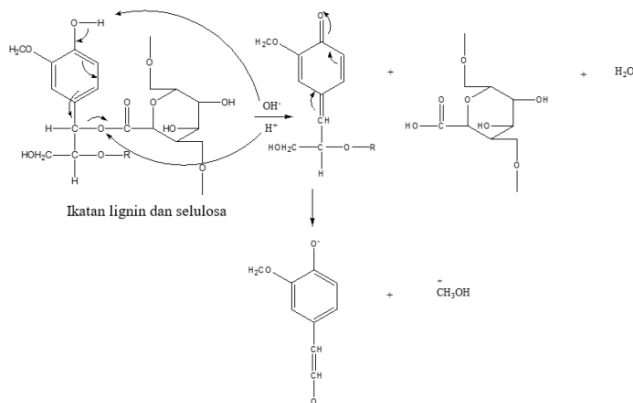
Preparasi diawali dengan tahap pencucian, dilakukan untuk menghilangkan bahan-bahan yang tercampur dalam limbah batang jagung. Batang jagung dipotong menjadi bagian yang lebih kecil, dilakukan pengeringan dengan menggunakan sinar matahari. Batang jagung yang sudah kering kemudian dihancurkan menggunakan blender, bertujuan untuk memperkecil ukuran batang jagung menjadi serbuk. Limbah batang jagung yang sudah dihancurkan kemudian diayak menggunakan ayakan 80 mesh untuk menghasilkan serbuk dengan ukuran yang seragam.

Ekstraksi selulosa melalui dua tahap yakni, tahap delignifikasi dan tahap *bleaching*. Tahap delignifikasi bertujuan untuk memecah lignoselulosa menjadi

lingnin dan selulosa. Tahap *bleaching* bertujuan untuk melarutkan lignin yang ada dalam selulosa. Sintesis selulosa dibuat dengan menggunakan serbuk batang jagung yang ditambahkan dengan NaOH 10%, campuran diaduk pada suhu ruang selama 1 jam. Pengadukan bertujuan untuk mengaktifkan gugus OH pada molekul-molekul selulosa sehingga terbentuk pulp dan filtrat. NaOH berfungsi sebagai pelarut untuk mengekstraksi selulosa. Penggunaan NaOH lebih dari 10% akan memudahkan selulosa mengalami degradasi. Pemakaian NaOH yang berlebih tidak efisien karena dapat mengurangi rendemen hasil ekstraksi. NaOH yang bersifat basa dapat menyerang dan merusak struktur lignoselulosa, sehingga memecah lignin dan selulosa. Lignin yang terlarut dalam NaOH ditandai dengan warna larutan menjadi semakin coklat tua mendekati hitam (Asmoro *et al.*, 2018; Lestari *et al.*, 2018). Mekanisme delignifikasi ditunjukkan pada gambar 4.1.

Campuran disaring kemudian residu (pulp) dicuci dengan aquadest. Pencucian dilakukan untuk menetralkan pulp yang dihasilkan. Pulp yang dihasilkan masih berwarna kuning muda sedikit

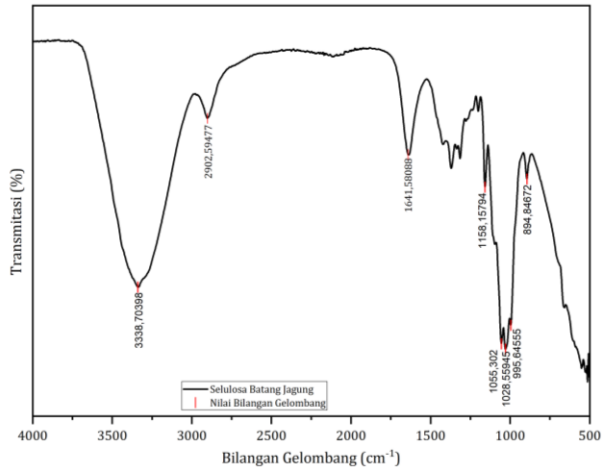
kecokelatan, sehingga dilakukan tahap *bleaching*. Tahap *bleaching* (pemutihan) dilakukan dengan mencampurkan larutan NaOCl 5% dan pulp yang sudah dicuci. Campuran distirrer selama 1 jam dengan suhu 70°C hingga menghasilkan campuran berwarna putih. NaOCl digunakan untuk *bleaching* selulosa, sifat asam yang dimiliki mampu melarutkan lignin dan hemiselulosa dengan bantuan pemanasan. Pulp yang dihasilkan kemudian disaring dan dibilas dengan aquadest hingga bau kaporit menghilang. Residu (selulosa) kemudian dimasukkan kedalam oven dengan suhu 60°C hingga berat konstan.



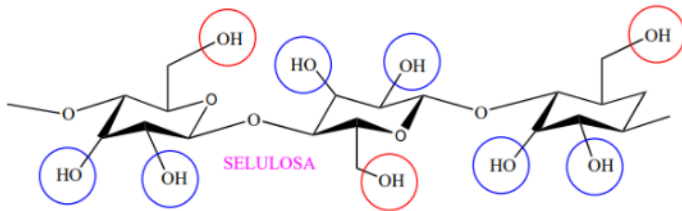
Gambar 4. 1 Mekanisme Delignifikasi (Lestari *et al.*, 2018)

Gambar 4.1 menunjukkan mekanisme pemutusan ikatan antara lignin dan selulosa oleh NaOH. Ion OH⁻ dari NaOH menyerang atom H yang bersifat asam karena terikat pada atom O yang memiliki keelektronegatifan besar. Atom O yang lebih elektronegatif akan menarik electron pada atom H, membuat atom H bermuatan parsial positif dan mudah lepas menjadi ion H⁺. Ion hidroksida (OH⁻) dari NaOH akan memutus ikatan-ikatan dari struktur dasar lignin. Lignin yang terlepas dari selulosa kemudian berikatan dengan ion Na⁺ membentuk garam fenolat. Gugus hidroksil fenolat lignin dalam keadaan terionisasi membentuk garam fenolat sehingga garam fenolat bersifat polar (mudah larut dalam air). Lignin yang terlarut dalam larutan ditandai dengan warna larutan menjadi cokelat tua hampir hitam (Lestari *et al.*, 2018).

Sintesis yang dilakukan menghasilkan rendemen sebesar 53,3% selulosa. Selulosa yang dihasilkan, selanjutnya dikarakterisasi menggunakan FTIR. Karakterisasi bertujuan untuk menganalisis gugus fungsi yang dihasilkan oleh selulosa yang telah disintesis. Spektra hasil FTIR selulosa ditunjukkan pada Gambar 4.2 dan Tabel 4.1.



Gambar 4. 2 Spektra FTIR Selulosa Batang Jagung



Gambar 4. 3 Struktur Selulosa

Tabel 4. 1 Hasil Uji FTIR Selulosa Batang Jagung

Gugus Fungsi	Bilangan Gelombang (cm⁻¹)	Hasil Serapan Selulosa Literatur (cm⁻¹) (Hospodarova <i>et al.</i>, 2018)
O-H	3338,70	3331,52
C-H	2902,59	2894,43
O-H	1641,58	1633,74
C-H	1370,04	1367,70
C-O	1055,30	1053,12
C-H	894,84	896,93

Identifikasi pita serapan terlihat dalam gambar 4.2 dan tabel 4.1 bahwa puncak yang teramati pada rentang bilangan gelombang 3330 cm⁻¹ - 2900 cm⁻¹ adalah karakteristik untuk vibrasi ulur ikatan -OH dan -CH dalam polisakarida. Puncak serapan 3338,70 cm⁻¹ adalah karakteristik untuk vibrasi ulur gugus hidroksil (-OH) dalam polisakarida (Rosa *et al.*, 2010; Poletto *et al.*, 2011; Hospodarova *et al.*, 2018). Serapan pada 2902,59 cm⁻¹ disebabkan oleh vibrasi ulur -CH dari semua konstituen hidrokarbon dalam polisakarida. Spektra pada puncak yang terletak di 1641,58 cm⁻¹ sesuai dengan puncak yang mengindikasikan adanya gugus OH (*bending*) dari H₂O dalam selulosa (Rosa *et al.*, 2010; Poletto *et al.*, 2014).

Gambar 4.3 memperlihatkan struktur selulosa dengan gugus OH yang mengikat C rantai utama ditunjukkan dengan lingkaran biru dan gugus OH yang mengikat C alkil ditunjukkan dengan lingkaran merah. Gugus OH (*stretching*) yang mengikat C rantai utama akan muncul sebagai puncak tajam dengan intensitas tinggi pada bilangan gelombang 3338 cm^{-1} sedangkan gugus OH yang mengikat C alkil akan muncul sebagai puncak serapan 1641 cm^{-1} . Spektra pada rentang bilangan 1158 cm^{-1} , $1055,30\text{ cm}^{-1}$ – $1028,55\text{ cm}^{-1}$ masing-masing menunjukkan ikatan -CO- (*eter glikosidik*) yang terdapat dalam selulosa. Vibrasi yang dihasilkan merupakan serapan kuat dan khas pada spektrum FTIR selulosa. Puncak serapan $894,84\text{ cm}^{-1}$ mengindikasikan gugus fungsi C-H pada cincin aromatik yang terdapat pada selulosa. (Poletto *et al.*, 2014; Abderrahim *et al.*, 2015; Hospodarova *et al.*, 2018). Dapat disimpulkan dari data spektra FTIR bahwa selulosa telah berhasil diisolasi dari batang jagung.

B. Sintesis Bioplastik Selulosa - Kitosan

Bioplastik dibuat menggunakan variasi kitosan 1 g dan 2 g sesuai dengan rancangan formulasi bioplastik yang disajikan dalam tabel 3.1.

Sintesis bioplastik menggunakan 1,25 g selulosa dengan variasi kitosan, campuran diaduk selama 1 jam dengan suhu 80°C hingga homogen. Tahap akhir yakni proses pencetakan campuran yang kemudian dikeringkan dalam oven dengan suhu 60°C hingga terbentuk bioplastik dengan berat konstan.



Gambar 4. 4 (a) Bioplastik Selulosa-Kitosan 1 g (b) Bioplastik Selulosa-Kitosan 2 g

Variasi BSK1 (Kitosan 1 gram), menghasilkan bioplastik berwarna kuning-oranye, tidak transparan, tidak berbau dengan permukaan yang tidak rata/pecah. Sifat fisik yang dimiliki variasi ini membuat bioplastik yang dihasilkan tidak dapat diuji kekuatan mekanik. Hal ini karena tidak terpenuhinya syarat uji kekuatan mekanik, dimana ukuran bioplastik yang dibutuhkan sebesar 5 cm × 1 cm.

Variasi BSK2 (Kitosan 2 gram), menghasilkan bioplastik berwarna kuning-oranye, tidak transparan, permukaan tidak rata, dan tidak berbau.

1. Uji Kekuatan Mekanik

a. Kuat Tarik

Kekuatan maksimum yang dapat ditahan oleh suatu material sebelum putus disebut kuat tarik. Semakin besar nilai kuat tariknya, semakin bagus bioplastik yang dihasilkan.

Hasil uji kuat tarik pada bioplastik selulosa – kitosan disajikan pada tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Hasil Uji Kuat Tarik Bioplastik Selulosa-Kitosan

Variasi Komposisi	Kuat Tarik (MPa)	SNI 7818:2014
BSK1	-	Min 13,7 MPa
BSK2	3,63	

Penambahan kitosan dibutuhkan sebagai biopolimer karena memiliki struktur polimer linier yang dapat membentuk ikatan hidrogen dengan selulosa untuk meningkatkan sifat mekanik. Selain itu, kitosan digunakan untuk membantu proses pembuatan gel dan penstabil bioplastik (Cengristitama and Ramlan, 2022). Peningkatan kekuatan tarik bioplastik dapat dicapai melalui penambahan kitosan, yang akan

berinteraksi dengan selulosa dalam struktur dasar polimer (Yustinah *et al.*, 2023).

b. %Elongasi

Parameter yang kedua adalah persen elongasi. Kemampuan bioplastik untuk meregang atau memanjang sebelum putus ketika diberi gaya tarik disebut dengan elongasi. Hasil uji persen elongasi pada variasi BSK disajikan pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil Uji % Elongasi Bioplastik Selulosa-Kitosan

Variasi Komposisi	Elongasi (%)	SNI 7818:2014
BSK1	-	400 % -
BSK2	21,67	1120%

Tabel 4.3 menunjukkan bahwa nilai elongasi yang diperoleh bioplastik variasi BSK2 sebesar 21,67%. Berdasarkan teori semakin banyak kitosan yang terkandung dalam bioplastik maka hasil uji persen perpanjangan akan semakin kecil. Penambahan jumlah kitosan menyebabkan penurunan jarak ikatan antar molekul. Hal ini disebabkan oleh meningkatnya jumlah ikatan hidrogen yang

terbentuk antara molekul kitosan-selulosa (Handayani and H Haryanto, 2020). Mengakibatkan bioplastik yang dihasilkan semakin kaku dan kurang elastis.

2. Uji Daya Serap Air

Daya serap air ialah kemampuan bioplastik untuk menyerap air dari lingkungan sekitarnya. Uji daya serap dilakukan menggunakan aquadest dengan suhu 25°C.

Hasil uji daya serap air pada variasi komposisi BSK disajikan pada tabel 4.4.

Tabel 4. 4 Uji % Daya Serap Air Bioplastik Selulosa-Kitosan

Variasi Komposisi	Daya Serap Air (%)	SNI 7188-7:2022
BSK1	19,8706 ±5,73	mak 21,5% pada suhu 25°C dan
BSK2	17,8746 ±5,02	69,09% pada suhu 100°C

Hasil uji daya serap yang ditunjukkan oleh tabel 4.4, jika dilihat dari perbandingan massa kitosan yang digunakan, bioplastik yang menggunakan variasi kitosan 2 g nilai uji daya serap yang dihasilkan lebih kecil dibandingkan

dengan bioplastik yang menggunakan variasi kitosan 1 g. Kitosan yang bersifat hidrofobik mampu bertindak sebagai penghalang fisik, mencegah molekul air masuk ke dalam struktur bioplastik, karena strukturnya yang kaku, kitosan menciptakan ikatan hidrogen yang kuat dengan bahan-bahan lain dalam bioplastik. Hal ini mencegah penyerapan air dengan mengurangi ruang kosong di antara rantai polimer dan membentuk jaringan yang lebih padat (Cengristitama and Ramlan, 2022; Eva Agustina *et al.*, 2024).

Bioplastik dengan variasi BSK1 dan BSK2 memenuhi standar SNI 7188.7 tahun 2016, dengan maksimal daya serap sebesar 21,5% pada suhu 25°C dan 69,09% pada suhu 100°C. Jika dilihat dari nilai SNI tersebut, daya serap bioplastik tidak boleh lebih dari standar, hal ini karena semakin tinggi kemampuan bioplastik dalam mengikat air maka bioplastik tersebut akan menghasilkan nilai daya serap yang melebihi SNI sebagai kategori *biodegradable*.

3. Uji Biodegradasi

Uji biodegradasi dilakukan bertujuan untuk mengetahui laju degradasi bioplastik hingga terurai baik di lingkungan. Metode yang digunakan yakni *soil burial test*, di mana sampel bioplastik dikubur di dalam tanah sementara kelembapan dan suhu tanah tetap konstan.

Penelitian dilakukan dengan cara bioplastik dikubur menggunakan tanah kompos. Degradasi sampel diamati dengan mengamati perubahan yang terjadi setiap harinya, hingga bioplastik terdegradasi sempurna.

Tabel 4. 5 Hasil Uji Biodegradasi Bioplastik Selulosa-Kitosan

Variasi Komposisi	Lama Terdegradasi (hari)	SNI 7188-7:2022
BSK1	21	Maks 90% dalam 180 hari
BSK2	22	

Hasil uji biodegradasi pada tabel 4.5 menunjukkan waktu degradasi yang dibutuhkan pada variasi BSK1 selama 21 hari dan BSK2 selama 22 hari. Kandungan kitosan yang memiliki sifat hidrofobik membuat bioplastik terhambat dalam

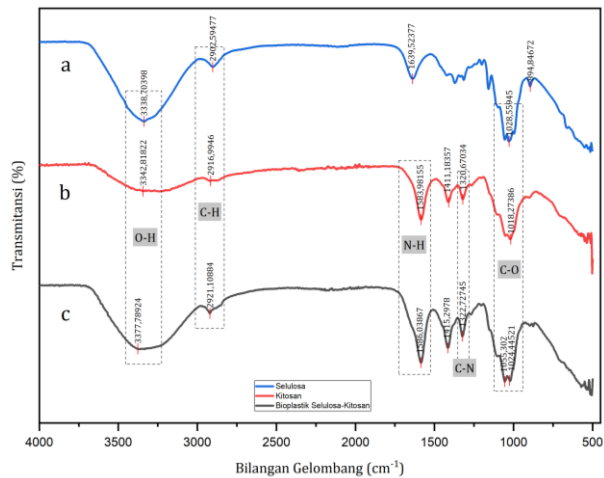
terdegradasi. Kitosan yang bersifat hidrofobik bertindak sebagai penghalang fisik, sehingga bioplastik dalam tanah sulit terdegradasi oleh mikroorganisme (Yustinah *et al.*, 2023).

Penelitian Yustinah *et al.* (2023) Uji biodegradasi yang dilakukan selama 20 hari untuk variasi kitosan 1,5 g; 2 g; 2,5 g; 3 g; dan 3,5 g. Tidak terdapat perubahan yang signifikan pada bioplastik selama minggu pertama pengamatan. Namun, perubahan warna dari kuning menjadi coklat kekuningan teramati setelah 14 hari. Pada hari ke-20, penipisan dan munculnya sobekan pada permukaan bioplastik mengindikasikan terjadinya degradasi material. Perubahan morfologi ini ditandai dengan hilangnya kepadatan permukaan sampel. Berdasarkan pengamatan yang dilakukan, hasil uji terbaik untuk biodegradasi terdapat pada penambahan massa kitosan 1,5 g.

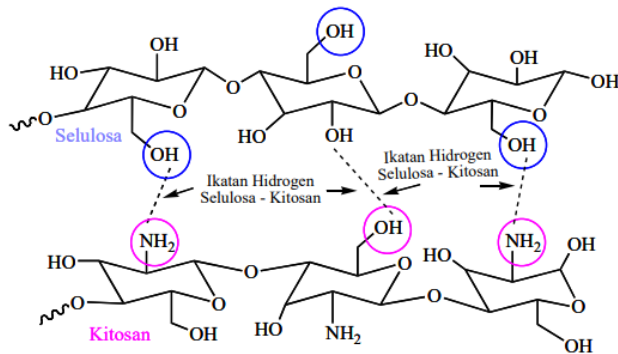
4. Karakterisasi ATR-FTIR

Karakterisasi gugus fungsi dari penambahan bahan tambahan yang terdapat dalam bioplastik dapat diverifikasi menggunakan instrument ATR-FTIR. Bioplastik yang diuji ATR-FTIR dilihat dari

hasil uji sebelumnya (kekuatan mekanik, uji daya serap dan uji biodegradasi) dimana variasi BSK2 memiliki hasil yang lebih baik dibandingkan variasi BSK1, sehingga variasi BSK2 yang dipilih untuk diuji ATR-FTIR. Hasil uji ATR-FTIR BSK2 dapat dilihat pada gambar 4.5 dan tabel 4.6. Skema interaksi antara selulosa – kitosan ditampilkan pada gambar 4.6.



Gambar 4. 5 Spektra ATR-FTIR (a) Selulosa Batang Jagung (b) Kitosan (c) Bioplastik Selulosa-Kitosan



Gambar 4. 6 Usulan Skema Interaksi Ikatan antara Selulosa - Kitosan

Tabel 4. 6 Spektra ATR-FTIR (a) Selulosa Batang Jagung (b) Kitosan (c) Bioplastik Selulosa-Kitosan

Gugus Fungsi	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)		
	Selulosa	Kitosan	BSK2
O-H	3338,70	3342,81	3377,53
C-H	2902,59	2921,10	2929,33
O-H	1639,52	-	-
N-H	-	1583,98	1586,03
C-O	1030,61	1018,27	1022,38
C-H	894,84	-	898,96

Berdasarkan hasil pengujian pada tabel 4.6 dan gambar 4.5, puncak vibrasi pada bilangan gelombang 3377,53 cm⁻¹ mengindikasikan adanya gugus -OH. Gugus fungsi C-H alkana terdeteksi pada panjang gelombang 2929,33 cm⁻¹. Terdeteksi puncak vibrasi pada bilangan gelombang 1322,72

cm^{-1} yang mengindikasikan gugus fungsi C-N amina/amida. Gugus fungsi C-O untuk senyawa ester, eter, alkohol, atau asam karboksilat dideteksi pada puncak vibrasi bilangan gelombang 1055,30 cm^{-1} dan 1022,38 cm^{-1} . Puncak terakhir diindikasikan sebagai gugus fungsi C-H cincin aromatik yang berasal dari selulosa dan kitosan pada bilangan gelombang 898,96 cm^{-1} dan 890,73 cm^{-1} (Asjun *et al.*, 2023; Yustinah *et al.*, 2023). Hasil analisis gugus fungsi menunjukkan adanya bahan baku yang digunakan dalam penelitian, yaitu: kitosan yang memiliki gugus fungsi C-H aromatik, dan senyawa amina; selulosa dengan gugus fungsi O-H, C-H, dan C-O.

Skema interaksi yang ditampilkan pada gambar 4.6 menunjukkan bahwa ikatan hidrogen yang terjadi antara atom H milik OH selulosa yang mengikat gugus C alkil akan berikatan dengan atom N milik NH_2 kitosan. Hal ini disebabkan karena atom N pada gugus NH_2 bersifat lebih elektronegatif dibandingkan dengan atom O yang mengikat C alkil pada selulosa. Membuat bioplastik yang dihasilkan memiliki nilai kuat tarik yang tinggi,

karena adanya ikatan hidrogen yang terbentuk sehingga jarak intermolekul semakin rapat. Rapatnya jarak intermolekul membuat nilai elongasi yang dihasilkan menjadi rendah.

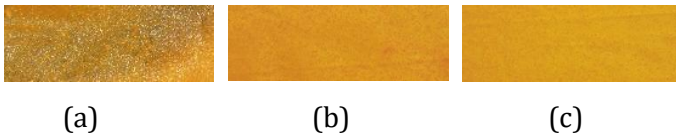
Hal ini didukung dengan hasil ATR-FTIR pada gambar 4.5 yang menunjukkan jika gugus OH pada selulosa yang muncul pada puncak bilangan 1635 cm^{-1} tidak muncul kembali spektra BSK2. Spektra BSK2 menampilkan adanya perbedaan intensitas penyerapan gugus O-H dimana intensitas yang diperoleh semakin melebar antara selulosa dengan BSK2. Perubahan intensitas juga terjadi pada penyerapan N-H yang semakin tajam. Hal ini terjadi karena adanya interaksi selulosa dengan kitosan membentuk ikatan hidrogen. Ikatan hidrogen mengubah ketika kitosan dan selulosa dicampurkan, puncak ini dapat mengalami pergeseran/pelebaran, yang menunjukkan adanya interaksi ikatan hidrogen antara gugus -OH dari selulosa dan gugus -NH₂ atau -OH dari kitosan (Arifianingsih *et al.*, 2018; Ritonga *et al.*, 2024).

Berdasarkan hasil pengujian BSK1 dan BSK2, didapatkan bahwa BSK2 (variasi kitosan 2 g)

merupakan hasil yang maksimum. Hal ini dapat dilihat dari uji kekuatan mekanik, uji daya serap dan uji biodegradasinya. Hasil ATR-FTIR pada bioplastik variasi BSK2 juga menunjukkan adanya gugus fungsi yang mengindikasikan adanya selulosa dan kitosan dalam bioplastik yang dibuat.

C. Sintesis Bioplastik Selulosa-Kitosan-Sorbitol

Hasil bioplastik yang sudah optimum pada tahap sebelumnya, kemudian ditambahkan variasi sorbitol 0 mL (BSKS0); 1,5 mL (BSKS1,5); dan 3 mL (BSKS3) sesuai dengan formulasi bioplastik selulosa-kitosan-sorbitol (BSKS) yang disajikan dalam tabel 3.2. Gambar 4.7 memperlihatkan hasil bioplastik dengan penambahan variasi sorbitol.



Gambar 4.7 (a) BSKS0 (b) BSKS1,5 (c) BSKS3

Variasi BSKS0 (Kitosan 2 g dan Sorbitol 0 mL), menghasilkan bioplastik yang memiliki sifat fisik berwarna kuning-orange, tidak transparan, tidak berbau dengan permukaan yang tidak rata/berlubang.

Variasi BSKS1,5 (Kitosan 2 g dan Sorbitol 1,5 mL), dari hasil sintesis bioplastik yang dihasilkan memiliki sifat fisik berwarna orange, tidak transparan, tidak berbau, dan memiliki permukaan yang rata. Bioplastik yang dihasilkan mempunyai bentuk fisik yang paling baik dibanding variasi lainnya.

Variasi BSKS3 (Kitosan 2 g dan Sorbitol 3 mL), menghasilkan bioplastik dengan sifat fisik berwarna orange pekat, tidak transparan, tidak berbau dan permukaan yang rata.

Sorbitol digunakan sebagai *plasticizer* dalam sintesis bioplastik selulosa yang memiliki sifat rapuh dan kaku. *Plasticizer* dapat membuat plastik lebih fleksibel dan dapat mengurangi kekakuan polimer sehingga membuat plastik menjadi elastis (Arief *et al.*, 2021). Berdasarkan Kamaluddin (2022) *plasticizer* sorbitol mempengaruhi nilai elongasi yang cenderung naik, karena peningkatan konsentrasi *plasticizer* akan menurunkan ikatan hidrogen dalam bioplastik sehingga meningkatkan fleksibilitas dan melemahkan gaya tarik inermolekul rantai polimer.

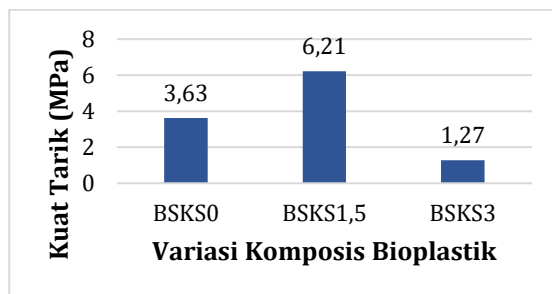
1. Uji Kekuatan Mekanik

a. Kuat Tarik

Kekuatan maksimum yang dapat ditahan oleh suatu material sebelum putus disebut kuat tarik. Semakin besar nilai kuat tariknya, semakin bagus bioplastik yang dihasilkan. Hasil uji kuat tarik bioplastik selulosa – kitosan – sorbitol disajikan pada tabel 4.7 dan gambar 4.8.

Tabel 4. 7 Hasil Uji Kuat Tarik Bioplastik Selulosa-Kitosan-Sorbitol

Variasi Komposisi	Kuat Tarik (MPa)	SNI 7818:2014
BSKS0	3,63	
BSKS1,5	6,21	Min 13,7 MPa
BSKS3	1,27	



Gambar 4. 8 Hasil Uji Kuat Tarik Bioplastik-Selulosa-Kitosan-Sotbitol

Jika dilihat dari hasil yang ditunjukkan pada tabel 4.7 dan gambar 4.8, penambahan sorbitol memberikan pengaruh pada nilai kuat tarik. Nilai kuat tarik yang dihasilkan mula-mula mengalami peningkatan, namun pada variasi BSKS3 memiliki nilai kuat tarik yang cenderung kecil dibandingkan dengan bioplastik variasi lain. Hal ini dapat disebabkan karena penambahan sorbitol yang melebihi nilai optimum membuat nilai kuat tarik menjadi kecil. Penambahan sorbitol dalam jumlah berlebih dapat mengganggu interaksi antar rantai polimer, sehingga mengurangi kekuatan intermolekular dan menurunkan nilai kuat tarik namun dapat meningkatkan fleksibilitas material (Arief *et al.*, 2021).

Berdasarkan tabel 4.7, hasil uji kuat tarik yang diperoleh pada sintetis ini berkisar 1,27 MPa hingga 6,21 MPa. Hasil yang diperoleh belum memenuhi SNI 7818:2014 dengan minimal 13,7 MPa. Nilai kuat tarik tertinggi sebesar 6,21 dimiliki variasi BSKS1,5 dan nilai

kuat tarik terendah dimiliki variasi BSKS3 sebesar 1,27 MPa.

b. %Elongasi

Parameter yang kedua adalah persen elongasi. Kemampuan bioplastik untuk meregang atau memanjang sebelum putus ketika diberi gaya tarik disebut dengan elongasi. Hasil uji persen elongasi pada variasi komposisi BSKS disajikan pada tabel 4.8.

Tabel 4. 8 Hasil Uji % Elongasi Bioplastik Selulosa-Kitosan-Sorbitol

Variasi Komposisi	Elongasi (%)	SNI 7818:2014
BSKS0	21,67	400 % - 1120%
BSKS1,5	42,7	
BSKS3	64,0	

Hasil uji pada tabel 4.8, diperoleh nilai elongasi dari berbagai variasi komposisi berkisar 21% hingga 64%. Nilai elongasi mengalami kenaikan karena volume sorbitol yang digunakan semakin banyak. Berdasarkan teori, semakin banyak *plasticizer* yang ditambahkan maka akan meningkatkan nilai elongasinya. Penelitian Asngad, dkk (2020) dan Kamaluddin, dkk (2022) menghasilkan bahwa

penambahan *plasticizer* sorbitol pada bioplastik berbahan selulosa membuat nilai elongasi bioplastik semakin meningkat dan bioplastik yang dihasilkan juga menjadi elastis. Hal ini karena penambahan konsentrasi *plasticizer* akan melemahkan ikatan hidrogen antar polimer sehingga menghasilkan bioplastik yang lentur, fleksibel dan tidak rapuh.

Data yang diperoleh pada tabel 4.8 belum memenuhi SNI 7818:2014 berkisar 400% - 1200%. Hasil elongasi tertinggi dimiliki BSKS2 sebesar 64% dan elongasi terendah dimiliki BSKS0 sebesar 21,67%. Nilai elongasi yang diperoleh pada penelitian ini lebih baik dibandingkan nilai elongasi yang dihasilkan pada penelitian Isnaini (2019). Penelitian Isnaini (2019) disintesis bioplastik selulosa cangkang buah nipah dengan penambahan sorbitol dan kitosan menghasilkan nilai elongasi maksimal sebesar 13,53%.

2. Uji Daya Serap Air

Daya serap air ialah kemampuan bioplastik untuk menyerap air dari lingkungan sekitarnya.

Kualitas suatu bioplastik dapat dianggap baik apabila persentase penyerapan airnya semakin rendah. Semakin rendah nilai penyerapan air, semakin tinggi ketahanan bioplastik terhadap air. Sebaliknya, semakin tinggi nilai penyerapan air, semakin besar tingkat degradasi dan kelarutan bioplastik dalam air. Hal ini mengindikasikan bahwa penyerapan air yang tinggi akan mempercepat proses degradasi bioplastik. Uji daya serap dilakukan menggunakan aquadest dengan suhu 25°C. Hasil uji daya serap air pada variasi komposisi BSKS disajikan pada tabel 4.9.

Tabel 4. 9 Hasil Uji % Daya Serap Air Bioplastik Selulosa-Kitosan-Sorbitol

Variasi Komposisi	Daya Serap Air (%)	SNI 7188.7:2016
BSKS0	17,8746 ±5,02	maks 21,5%
BSKS1,5	25,2173 ±3,41	pada suhu 25°C dan 69,09%
BSKS3	45,2077 ±1,32	pada suhu 100°C

Hasil uji daya serap pada tabel 4.9 mengalami kenaikan dengan penambahan sorbitol. Hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak penambahan sorbitol maka daya serap yang dihasilkan juga

semakin besar. Sorbitol yang bersifat hidrofilik, mampu melembutkan matriks polimer selulosa dengan cara mengganggu ikatan hidrogen antar molekul. Hal ini menyebabkan terbentuknya ruang kosong yang lebih besar di antara rantai polimer, sehingga memungkinkan air lebih mudah masuk dan terserap (Asngad *et al.*, 2020).

Daya serap yang diperoleh pada variasi BSKS3 sebesar 45,2%, hasil yang didapat mengindikasikan bahwa bioplastik yang dihasilkan pada variasi ini memiliki ketahanan air yang rendah, disebabkan banyaknya kandungan sorbitol di dalam bioplastik.

3. Uji Biodegradasi

Uji biodegradasi dalam tanah bertujuan untuk mengetahui laju degradasi bioplastik hingga terurai baik di lingkungan. Metode yang digunakan yakni *soil burial test*, di mana sampel bioplastik dikubur di dalam tanah sementara kelembapan dan suhu tanah tetap konstan.

Penelitian dilakukan dengan cara bioplastik dikubur menggunakan tanah kompos. Degradasi sampel diamati dengan menghitung massa

bioplastik sebelum dikubur dengan massa bioplastik setelah dikubur perharinya. Pengamatan dilakukan hingga bioplastik terdegradasi sempurna. Hasil uji biodegradasi ditampilkan pada tabel 4.10.

Tabel 4. 10 Uji Biodegradasi Bioplastik Selulosa-Kitosan-Sorbitol

Variasi Komposisi	Lama Terdegradasi (hari)	SNI 7188-7:2022
BSKS0	22	maks 90% dalam 180 hari
BSKS1,5	17	
BSKS3	16	

Hasil uji biodegradasi pada tabel 4.10 menunjukkan waktu degradasi paling cepat pada variasi BSKS3 selama 16 hari dan waktu degradasi paling lama pada variasi BSKS0 selama 22 hari. Pada tabel 4.10 variasi BSKS3 memiliki waktu degradasi paling cepat selama 16 hari. Hal ini karena tingginya kandungan sorbitol pada variasi tersebut. Penambahan sorbitol pada bioplastik mampu mempercepat proses degradasi, yang disebabkan sorbitol bersifat *hidrofilik*. Sorbitol dapat dengan mudah mengikat air, sehingga bioplastik ketika dalam tanah menjadi lembab. Bioplastik yang lembab, menjadi tempat yang cocok

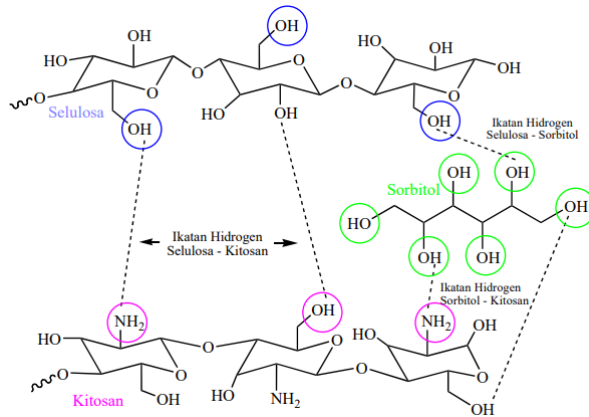
untuk mikroorganikme pendegradasi berkembang baik, sehingga mampu mempercepat proses degradasi bioplastik (Azizati *et al.*, 2022; Desramadhani and Kusuma, 2023; Hardiningtyas *et al.*, 2024).

Menurut Cengristitama (2022) kitosan yang bersifat hidrofobik dapat mempengaruhi sifat penyerapan air oleh bioplastik dan memiliki sifat penghalang bioplastik terhadap uap air, oksigen, dan zat-zat lain atau dapat diartikan bahwa kitosan memiliki sifat anti bakteri. Hal ini sangat dibutuhkan karena sifat sorbitol yang menyerap air sehingga dapat mempercepat biodegradasi, diperlukan kitosan sebagai penstabil agar biodegradasi berjalan tidak terlalu cepat tidak juga terlalu lama.

Variasi BSKS0 menghasilkan nilai degradasi paling lama, yaitu 22 hari. Tidak adanya kandungan sorbitol dalam variasi bioplastik tersebut membuktikan bahwa sorbitol mampu mempengaruhi kecepatan degradasi. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa penambahan

kitosan yang bersifat *hidrofobik* mampu memperlambat proses biodegradasi.

Berdasarkan tabel 4.9 terkait hasil uji persen daya serap air dan tabel 4.10 terkait hasil uji biodegradasi, semakin tinggi kandungan sorbitol dalam bioplastik akan meningkatkan nilai persen uji daya serap air dan mempercepat proses biodegradasinya. Hal ini disebabkan sifat sorbitol yang hidrofilik, membuatnya mudah mengikat air sehingga bioplastik mampu menyerap lebih banyak air dan menjadi lembab. Jika dilihat dari sifat kitosan yang hidrofobik, variasi BSKS0 memiliki nilai persen daya serap yang kecil dan laju biodegradasi yang lambat. Hal ini karena kitosan menjadi penghalang fisik/anti bakteri. Semakin tinggi kandungan sorbitol dalam bioplastik maka semakin besar nilai persen daya serap dan semakin cepat proses biodegradasi. Nilai daya serap air berbanding terbalik dengan nilai uji biodegradasi. Konsentrasi sorbitol berbanding lurus dengan nilai persen uji daya serap air bioplastik, dan berbanding terbalik dengan nilai uji biodegradasi.



Gambar 4. 10 Usulan Skema Interaksi Selulosa – Kitosan – Sorbitol

Tabel 4. 11 Hasil Uji ATR-FTIR BSK2 dan BSKS1,5

Gugus Fungsi	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)			
	Selulosa	Kitosan	BSK2	BSKS1,5
O-H	3338,70	3342,81	3377,78	3332,53
C-H	2902,59	2919,05	2921,10	2929,33
N-H	-	1583,98	1586,03	1588,09
C-H	-	1411,18	1413,24	1415,29
C-N	-	1320,67	1322,72	1322,72
C-O	1026,50	1018,27	1022,38	1024,44
C-H	894,84	-	898,96	890,73

Gambar 4.9 merupakan hasil analisis ATR-FTIR bioplastik dengan variasi BSK2 (Bioplastik Selulosa-Kitosan 2 g) dan BSKS1,5 (Bioplastik Selulosa-Kitosan-Sorbitol 1,5 mL). Berdasarkan hasil pengujian, gugus OH (*stretching*) terletak pada puncak vibrasi bilangan gelombang 3377,78 cm⁻¹

dan 3311,96 cm^{-1} . Gugus fungsi C-H (*stretching*) alkana terdeteksi pada panjang gelombang 2921,10 cm^{-1} 2929,33 cm^{-1} dan 1415,29 cm^{-1} . Terdeteksi puncak vibrasi pada bilangan gelombang 1322,72 cm^{-1} yang mengindikasikan gugus fungsi C-N amina/amida. Gugus fungsi C-O untuk senyawa ester, eter, alkohol, atau asam karboksilat dideteksi pada puncak vibrasi bilangan gelombang 1055,30 cm^{-1} dan 1022 cm^{-1} - 1024 cm^{-1} . Puncak terakhir diindikasikan sebagai gugus fungsi C-H cincin aromatik yang berasal dari selulosa dan kitosan pada bilangan gelombang 898,96 cm^{-1} dan 890,73 cm^{-1} (Asjun *et al.*, 2023; Yustinah *et al.*, 2023).

Hasil analisis gugus fungsi menunjukkan adanya bahan baku yang digunakan dalam penelitian, yaitu: kitosan yang memiliki gugus fungsi C-H aromatik, N-H dan C-N; selulosa dengan gugus fungsi O-H, C-H, dan C-O. Gambar 4.9 menunjukkan adanya perbedaan intensitas penyerapan gugus O-H, dengan intensitas yang diperoleh lebih tajam dan lebih luas antara bioplastik dengan dan tanpa sorbitol. Fenomena ini terjadi karena sorbitol mengandung banyak gugus

fungsi O-H. Akibatnya, intensitas penyerapan gugus fungsi O-H meningkat (Azizati *et al.*, 2022; Yustinah *et al.*, 2023). Gugus fungsi C-H yang berada pada bilangan gelombang 1410 ditemukan pada semua variasi, berasal dari getaran C-H dalam kerangka karbon alifatik kitosan (Hardiningtyas *et al.*, 2024).

Skema pada gambar 4.10 menunjukkan adanya interkasi antara selulosa dengan kitosan, selulosa dengan sorbitol dan kitosan dengan sorbitol membentuk ikatan hidrogen. Molekul sorbitol terletak diantara rantai ikatan polimer megakibatkan interaksi antar polimer menjadi semakin berkurang. Pada gambar 4.10, NH₂ pada polimer kitosan yang seharusnya berikatan dengan OH selulosa (gambar 4.6), dengan adanya keberadaan sorbitol dapat mengganggu interaksi antar polimer sehingga NH₂ kitosan berikatan dengan OH sorbitol. Hal ini ditandai dengan berkurangnya intensitas penyerapan gugus N-H dan pergeseran bilangan gelombang (gambar 4.9) yang dihasilkan pada variasi BSKS1,5. Terganggunya interaksi antar polimer membuat jarak antar polimer menjadi renggang. Hal ini

dimanfaatkan oleh sorbitol sebagai *plasticizer* untuk menyisip diantara polimer membuat peningkatan fleksibilitas pada bioplastik. Adanya jarak antar polimer mengakibatkan penurunan nilai kuat tarik, namun meningkatkan fleksibilitas.

Gambar 4.9 menunjukkan adanya perbedaan intensitas penyerapan gugus O-H pada rentang 3400 cm^{-1} - 3300 cm^{-1} , dengan intensitas yang diperoleh lebih tajam dan lebih luas antara bioplastik dengan dan tanpa sorbitol. Fenomena ini terjadi karena sorbitol mengandung banyak gugus fungsi O-H. Akibatnya, intensitas penyerapan gugus fungsi O-H meningkat. Peak yang dihasilkan BSKS1,5 menunjukkan gugus fungsi O-H mengalami pelebaran disebabkan bertambahnya jumlah sorbitol karena adanya interaksi antara -OH selulosa dengan gugus -OH dari sorbitol.

Penelitian Hidayat (2015) menunjukkan bahwa penambahan sorbitol mampu menurunkan kerapuhan dan meningkatkan fleksibilitas bioplastik. Mekanisme yang mendasari hal ini adalah gangguan ikatan hidrogen antar molekul polimer oleh sorbitol, yang berakibat pada

penurunan kekuatan intermolekular ketika konsentrasi sorbitol melebihi titik optimal.

BAB V

KESIMPULAN

A. Kesimpulan

1. Selulosa hasil sintesis memiliki sifat fisik berwarna putih dengan bentuk serbuk. Karakterisasi FTIR menunjukkan adanya gugus fungsi khas selulosa O-H ($3330,47 \text{ cm}^{-1}$), C-H ($2896,42 \text{ cm}^{-1}$), dan C-O ($1156,10 \text{ cm}^{-1}$ dan $1020,33 \text{ cm}^{-1}$).
2. Hasil sintesis bioplastik selulosa limbah batang jagung - sorbitol - kitosan memiliki sifat fisik berupa lembaran tipis berwarna kuning-oranye. Karakterisasi ATR-FTIR bioplastik hasil sintesis menunjukkan adanya gugus N-H ($1583,98 \text{ cm}^{-1}$) yang dimiliki kitosan. Nilai kuat tarik bioplastik hasil sintesis berkisar $1,27 \text{ MPa} - 6,21 \text{ MPa}$ dan nilai persen perpanjangan berkisar $21\% - 64,0\%$. Nilai daya serap yang dihasilkan bioplastik berkisar $17,8746\% - 45,2077\%$.
3. Bioplastik selulosa limbah batang jagung - sorbitol - kitosan memiliki waktu degradasi tercepat pada hari ke-16 dengan bioplastik variasi BSKS3 dan degradasi terlama pada hari ke-22 dengan bioplastik variasi BSKS0.

B. Saran

1. Disarankan untuk melakukan varian komposisi yang lebih banyak untuk mengetahui komposisi terbaik dalam sintesis bioplastik.
2. Sebaiknya mengeksplorasi penambahan bahan lain sebagai *plasticizer* dan penguat/pengisi untuk melihat perbedaan dari kombinasi bahan lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Abderrahim, B., Abderrahman, E., Mohamed, A., Fatima, T., Abdesselam, T. and Krim, O. (2015) 'Kinetic Thermal Degradation of Cellulose, Polybutylene Succinate and a Green Composite: Comparative Study', *World Journal of Environmental Engineering*, Vol. 3, 2015, Pages 95-110, 3(4), pp. 95-110. Available at: <https://doi.org/10.12691/WJEE-3-4-1>.
- Accinelli, C., Abbas, H.K., Little, N.S., Kotowicz, J.K. and Shier, W.T. (2018) 'Biological control of aflatoxin production in corn using non-aflatoxigenic *Aspergillus flavus* administered as a bioplastic-based seed coating', *Crop Protection*, 107, pp. 87-92. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2018.02.004>.
- Afidin, I.M.Z. (2021) 'Pengaruh penambahan kitosan dan sorbitol terhadap bioplastik berbasis selulosa asetat dari ampas tebu', in *UIN Walisongo Semarang*. Semarang: UIN Walisongo Semarang, pp. 1-114.
- Afriyanti, A., Asmoro, N.W., Widyastuti, R. and Arifin, M. (2021) 'Karakteristik Edible Film Selulosa Batang Jagung (*Zea mays*) dengan Penambahan Sorbitol', *Jurnal Ilmu Pangan dan Hasil Pertanian*, 4(2), pp. 129-135. Available at: <https://doi.org/10.26877/jiphp.v4i2.7106>.
- America, U.S.S. of C. on behalf of the U.S. of (2023) *Sorbitol*, *NIST Chemistry WebBook*. Available at: <https://webbook.nist.gov/cgi/cbook.cgi?ID=C50704&Mask=2>.
- Amni, C., Supardi, J., Irmayanti, I. and Miftaurrahmah, M. (2022) 'Analisis Penambahan Carboxy Methyl

- Cellulose Pada Plastik Biodegradable Dari Bonggol Pisang', *Jurnal Mekanova: Mekanikal, Inovasi dan Teknologi*, 7(2), p. 201. Available at: <https://doi.org/10.35308/jmkn.v7i2.4472>.
- Aranaz, I., Alcántara, A.R., Civera, M.C., Arias, C., Elorza, B., Caballero, A.H. and Acosta, N. (2021) 'Chitosan: An overview of its properties and applications', *Polymers*, 13(19). Available at: <https://doi.org/10.3390/polym13193256>.
- Arief, M.D., Mubarak, A.S. and Pujiastuti, D.Y. (2021) 'The Concentration Of Sorbitol On Bioplastic Cellulose Based Carrageenan Waste On Biodegradability And Mechanical Properties Bioplastic', *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 679(1). Available at: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/679/1/012013>.
- Arifianingsih, N.N., Istirokhatun, T. and Susanto, H. (2018) 'Pengaruh Penambahan Kitosan sebagai Agen Anti-mikroba pada Pembuatan Membran Selulosa Asetat terhadap Biofouling yang Disebabkan oleh Bakteri Gram Positif', *Jurnal Teknik Lingkungan*, 3(4), pp. 1–6.
- Asjun, Asnani and Faradilla, R.F. (2023) 'Pengaruh Formulasi Kitosan Udang Windu dan Karagenan Terhadap Sifat Bioplastik dengan Pemplastis Polietilen Glikol', *Jurnal Sains dan Inovasi Perikanan*, 7(1), pp. 50–62. Available at: <https://doi.org/10.33772/jsipi.v7i1.214>.
- Asmoro, N.W., Afriyanti, A. and Ismawati, I. (2018) 'Ekstraksi Selulosa Batang Tanaman Jagung (Zea Mays) Metode Basa', *Jurnal Ilmiah Teknosains*, 4(1),

pp. 24–28. Available at:
<https://doi.org/10.26877/jitek.v4i1.1710>.

Asngad, A., Marudin, E.J. and Cahyo, D.S. (2020) 'Kualitas Bioplastik dari Umbi Singkong Karet dengan Penambahan Kombinasi Plasticizer Gliserol dengan Sorbitol dan Kitosan', *Bioeksperimen: Jurnal Penelitian Biologi*, 6(1), pp. 36–44. Available at:
<https://doi.org/10.23917/bioeksperimen.v6i1.10431>.

Azizati, Z., Afidin, I.M.Z. and Hasnowo, L.A. (2022) 'The Effect of Sorbitol Addition in Bioplastic from Cellulose Acetate (Sugarcane Bagasse)-Chitosan', *Walisongo Journal of Chemistry*, 5(1), pp. 94–101. Available at:
<https://doi.org/10.21580/wjc.v5i1.12173>.

Belhassen, R., Vilaseca, F., Mutjé, P. and Boufi, S. (2014) 'Thermoplasticized starch modified by reactive blending with epoxidized soybean oil', *Industrial Crops and Products*, 53, pp. 261–267. Available at:
<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.12.039>.

Budiman, J., Nopianti, R. and Lestari, S.D. (2018) 'Karakteristik Bioplastik dari Pati Buah Lindur (*Bruguiera gymnorrhiza*)', *Jurnal Fishtech*, 7(1), pp. 49–59. Available at:
<https://doi.org/10.36706/fishtech.v7i1.5980>.

Bumgardner, J.D., Murali, V.P., Su, H., Jenkins, O.D., Velasquez-Pulgarin, D., Jennings, J.A., Sivashanmugam, A. and Jayakumar, R. (2016) *Characterization of chitosan matters, Chitosan Based Biomaterials: Fundamentals: Volume 1*. Available at:
<https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100230->

8.00004-2.

- Cengristitama, C. and Ramlan, S. (2022) 'Pengaruh Penambahan Plasticizer Gliserol Dan Kitosan Terhadap Karakteristik Plastik Biogradable Berbahan Dasar Pati Sukun', *Jurnal TEDC*, 16(2), pp. 102–108.
- Desramadhani, R. and Kusuma, S.B.W. (2023) 'The Effect of Sorbitol Concentration on The Characteristics of Starch-Based Bioplastics', *Indonesian Journal of Chemical Science*, 12(2), pp. 130–142. Available at: <https://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ijcs/article/view/70390>.
- Eva Agustina, Purnamasari, R., Nasrul Fuad Erfansyah, Funsu Andiarna, Nova Lusiana and Hidayati, I. (2024) 'Pemanfaatan Limbah Pucuk Tebu sebagai Sumber Selulosa Bahan Baku Plastik Biodegradable', *Biotropic: The Journal of Tropical Biology*, 8(1), pp. 39–54. Available at: <https://doi.org/10.29080/biotropic.v8i1.2082>.
- Geospasial, W. (2020) 'Bahaya Sampah Plastik', *Warta Geospasial: Media Informasi Badan Informasi Geospasial*, 4, pp. 1–8. Available at: <http://ejurnal.ppsdmmigas.esdm.go.id/sp/index.php/swarapatra/article/view/43>.
- Habibi, Y. (2019) 'Relative Percent Difference (RPD) Sebagai Jaminan Mutu Optimasi Alat GCMS Aplikasi Senyawa Khas Pada Bernbagai Minyak Atsiri', *Prosiding SNST*, pp. 211–216.
- Handayani, J. and H Haryanto (2020) 'Pengaruh Penambahan Kitosan dan Sorbitol pada Pembuatan Film Bioplastik dari Biji Alpukat terhadap

- Karakteristik Bioplastik', *Prosiding University Research Colloquium*, pp. 41–47. Available at: <http://repository.urecol.org/index.php/proceeding/article/view/1121>.
- Hardiningtyas, S.D., Winarsih, D. and Ibahim, B. (2024) 'Efek Penambahan Sorbitol terhadap Karakteristik Film Bioplastik Berbasis Kitosan dan Agar', *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*, 19(1), p. 17. Available at: <https://doi.org/10.15578/jpbkp.v19i1.949>.
- Hidayati, S., Zuidar, A.S. and Ardiani, A. (2015) 'Aplikasi Sorbitol Pada Produksi Biodegradable Film Dari Nata De Cassava', *Reaktor*, 15(3), p. 195. Available at: <https://doi.org/10.14710/reaktor.15.3.195-203>.
- Hidayati, S., Zulferiyenni and Satyajaya, W. (2019) 'Optimasi pembuatan biodegradable film dari selulosa limbah padat rumput laut *Eucheuma cottonii* dengan penambahan gliserol, kitosan, CMC dan tapioka', *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia (JPHPI)*, 22(2), pp. 340–354.
- Hospodarova, V., Singovszka, E. and Stevulova, N. (2018) 'Characterization of Cellulosic Fibers by FTIR Spectroscopy for Their Further Implementation to Building Materials', *American Journal of Analytical Chemistry*, 09(06), pp. 303–310. Available at: <https://doi.org/10.4236/ajac.2018.96023>.
- Hutomo, G.S., Marseno, D.W., Anggrahini, S. and Supriyanto (2012) 'Ekstraksi Selulosa dari Pod Husk Kakao Menggunakan Sodium Hidroksida', *Agritech*, 32(3), pp. 223–229. Available at: <https://jurnal.ugm.ac.id/agritech/article/view/961>

2/7187.

- IBAW Publication (2005) 'Highlights in Bioplastics', *Highlights in Bioplastics*, p. 14.
- Isnaini, S.U.N. (2019) *Karakteristik Plastik Biodegradable Berbahan Selulosa Dari Cangkang Buah Nipah (Nypa fruticans)*, Skripsi.
- Jabbar, U.F. (2017) 'Pengaruh Penambahan Kitosan Terhadap Karakteristik Bioplastik dari Pati Kulit Kentang (*Solanum tuberosum*. L)', *Skripsi*, p. 71.
- Jiang, T., Duan, Q., Zhu, J., Liu, H. and Yu, L. (2020) 'Starch-based biodegradable materials: Challenges and opportunities', *Advanced Industrial and Engineering Polymer Research*, 3(1), pp. 8–18. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.aiepr.2019.11.003>.
- Kamaluddin, M.A., Maryono, M., Hasri, H., Genisa, M.U. and Rizal, H.P. (2022) 'Pengaruh Penambahan Plasticizer Terhadap Karakteristik Bioplastik Dari Selulosa Limbah Kertas', *Analit: Analytical and Environmental Chemistry*, 7(02), p. 197. Available at: <https://doi.org/10.23960/aec.v7i02.2022.p197-208>.
- Kendall, A. (2012) 'A life cycle assessment of biopolymer production from material recovery facility residuals', *Resources, Conservation and Recycling*, 61, pp. 69–74. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2012.01.008>.
- Kim, M., Hillel, C., Edwards, K., Pietro, W., Mermut, O. and Barrett, C.J. (2024) 'Chitosan-azo dye bioplastics that are reversibly resoluble and recoverable under visible light irradiation', *RSC Advances*, 14(35), pp. 25771–25784. Available at:

<https://doi.org/10.1039/D4RA02211D>.

- Lestari, M.D., Sudarmin and Harjono (2018) 'Ekstraksi Selulosa dari Limbah Pengolahan Agar Menggunakan Larutan NaOH sebagai Prekursor Bioetanol', *Indonesian Journal of Chemical Science*, 7(3), pp. 236–241. Available at: <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ijcs>.
- Lou, C., Zhou, Y., Yan, A. and Liu, Y. (2022) 'Extraction cellulose from corn-stalk taking advantage of pretreatment technology with immobilized enzyme', *RSC Advances*, 12(2), pp. 1208–1215. Available at: <https://doi.org/10.1039/d1ra07513f>.
- Ma, Q., Liu, X., Zhang, R., Zhu, J. and Jiang, Y. (2013) 'Synthesis and properties of full bio-based thermosetting resins from rosin acid and soybean oil: The role of rosin acid derivatives', *Green Chemistry*, 15(5), pp. 1300–1310. Available at: <https://doi.org/10.1039/c3gc00095h>.
- Maladi, I. (2019) *Pembuatan Bioplastik Berbahan Dasar Pati Kulit Singkong (Manihot utilissima) dengan Penguat Selulosa Jerami Padi, Polivinil Alkohol dan Bio-Compatible Zink Oksida*, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.
- Maneking, E., Sangian, H.F. and Tongkukut, S.H.J. (2020) 'Pembuatan dan Karakterisasi Bioplastik Berbahan Dasar Biomassa dengan Plasticizer Gliserol', *Jurnal MIPA*, 9(1), p. 23. Available at: <https://doi.org/10.35799/jmuo.9.1.2020.27420>.
- Miftahul, J. (2017) 'PENENTUAN KONSENTRASI OPTIMUM SELULOSA SEKAM PADI DALAM PEMBUATAN FILM BIOPLASTIK', in *UIN Alauddin Makassar*. Makassar:

Universitas Islam Negeri Aluddin, pp. 1–83.

- Mubarok, F. (2022) 'Ancaman Nyata Sampah Terhadap Satwa di Alam', *Mongabay*, 19 June. Available at: <https://www.mongabay.co.id/2022/06/19/ancaman-nyata-sampah-terhadap-satwa-di-alam/>.
- Mustapha, S.N.H. and Wan, J.S. (2022) 'Effect of hybridization composition and glycerin content on novel corn starch/nata de coco plastic film: Thermal, mechanical, and degradation study', *Food Chemistry*, 373. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131440>.
- Nur, R.A., Nazir, N. and Taib, G. (2020) 'Karakteristik Bioplastik dari Pati Biji Durian dan Pati Singkong yang Menggunakan Bahan Pengisi MCC (Microcrystalline cellulose) dari Kulit Kakao', *Jurnal Gema Agro*, 25(01), pp. 1–10.
- Ong, H.L., Villagracia, A.R., Owi, W.T., Sam, S.T. and Akil, H.M. (2020) 'Revealing the Water Resistance, Thermal and Biodegradation Properties of Citrus aurantifolia Crosslinked Tapioca Starch/Nanocellulose Bionanocomposites', *Journal of Polymers and the Environment*, 28(12), pp. 3256–3269. Available at: <https://doi.org/10.1007/s10924-020-01852-2>.
- Pavia, D.L., Lampman, G.M., Kriz, G.S. and Vyvyan, J.R. (2009) *Introduction to Spectroscopy*. Fourth Edi, Brooks/Cole Cengage Learning. Fourth Edi. Bemont, California: BROOKS/COLE CENGAGE Learning. Available at: <https://doi.org/10.3917/popu.p1977.32n1.0034>.
- Poletto, M., Ornaghi Júnior, H.L. and Zattera, A.J. (2014) 'Native cellulose: Structure, characterization and

- thermal properties', *Materials*, 7(9), pp. 6105–6119. Available at: <https://doi.org/10.3390/ma7096105>.
- Poletto, M., Pistor, V., Zeni, M. and Zattera, A.J. (2011) 'Crystalline properties and decomposition kinetics of cellulose fibers in wood pulp obtained by two pulping processes', *Polymer Degradation and Stability*, 96(4), pp. 679–685. Available at: <https://doi.org/10.1016/J.POLYMDEGRADSTAB.2010.12.007>.
- Prasetya, I., Istiqomah, S.H. and Yamtana, Y. (2017) 'Pembuatan Bioplastik Berbahan Bonggol Pisang Dengan Penambahan Gliserol', *Sanitasi: Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 8(2), p. 73. Available at: <https://doi.org/10.29238/sanitasi.v8i2.4>.
- Priyadarshi, R. and Rhim, J.W. (2020) 'Chitosan-based biodegradable functional films for food packaging applications', *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 62(March), p. 102346. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102346>.
- Putranti, L.N. and Nugraheni, P.S. (2023) 'Effect of carboxymethyl cellulose addition on the characteristic of chitosan-based bioplastic', *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1289(1). Available at: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1289/1/012038>.
- Qolbi, N.N.A. (2023) *Perbandingan Penggunaan Pemlastis Gliserol dengan Soritol Terhadap Kualitas Bioplastik Berbasis Selulosa Serbuk Kayu Jati (Tectona grandis)-Kitosan, Skripsi*. UIN Walisongo Semarang.
- Rentoy, F.A.M., Angot, D.R., Mabaquiao, J.R. and Larroder, A.

- (2019) 'Development of Cellulose-based Bioplastic from Corn Stalks', *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 673(i), pp. 2–7.
- Ritonga, H., Mashuni, M. and Hardima, W. (2024) 'Optimasi Sifat Mekanik Komposit Bioplastik dari Selulosa Ampas Sagu dan Kitosan (Optimization of Mechanical Properties of Bioplastic Composite from Sago Pulp Cellulose and Crab Shell Chitosan)', *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, 20(2), pp. 190–197. Available at: <https://doi.org/10.20961/alchemy.20.2.85193.190-197>.
- Rizkiyah, Z.A. and Erwanto, D. (2023) 'Menghadapi Fenomena Kerusakan Di Muka Bumi dalam QS. AR-RUM: 41', *MUSHAF JOURNAL : Jurnal Ilmu Al-Quran dan Hadist*, 3(2), pp. 218–228.
- Rojtica, M.A. (2021) *SINTESIS DAN KARAKTERISASI BIOPLASTIK BERBASIS SELULOSA ASETAT LIMBAH TEBU-KITOSAN-GLISEROL*, Skripsi. UIN Walisongo Semarang.
- Rosa, M.F., Medeiros, E.S., Malmonge, J.A., Gregorski, K.S., Wood, D.F., Mattoso, L.H.C., Glenn, G., Orts, W.J. and Imam, S.H. (2010) 'Cellulose nanowhiskers from coconut husk fibers: Effect of preparation conditions on their thermal and morphological behavior', *Carbohydrate Polymers*, 81(1), pp. 83–92. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2010.01.059>.
- Saleh, E.R.M. and Utami, S. (2021) 'Karakteristik Fisik dan Biodegradabilitas Bioplastik dari Pati Kulit Pisang Mulu Bebe Dengan Penambahan Gliserol Yang Berbeda', *Prosiding Seminar Nasional Lingkungan Lahan Basah*, 6(April), pp. 2–7.

- Sarkar, N., Ghosh, S.K., Bannerjee, S. and Aikat, K. (2012) 'Bioethanol production from agricultural wastes: An overview', *Renewable Energy*, 37(1), pp. 19–27. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2011.06.045>.
- Sihotang, S.H. and Tambunan, P.M. (2022) 'Pembuatan dan Karakterisasi Plastik Biodegradabel dari Limbah Batang Jagung (*Zea Mays* L.) dengan Montmorillonite', *Journal of The Indonesian Society of Integrated Chemistry*, 14(2), pp. 90–99. Available at: <https://doi.org/10.22437/jisic.v14i2.20599>.
- Susanti, A. (2021) 'Pembuatan dan Karakterisasi Biodegradable plastic Berbasis Campuran Pati dan Selulosa Dari Limbah Jagung', *Eksergi*, 18(2), p. 49. Available at: <https://doi.org/10.31315/e.v18i2.5341>.
- Tri, K.C., Sutrisno, J., Walujo, A.D. and Sembodo, P.B. (2022) 'Pemanfaatan Limbah Tongkol Jagung Manis (*Zea Mays* L. Saccharata) Sebagai Bahan Bioplastik Dengan Penambahan ZnO dan Gliserol', *WAKTU: Jurnal Teknik UNIPA*, 20(01), pp. 54–64. Available at: <https://doi.org/10.36456/waktu.v20i01.5147>.
- Widiatmono, B.R., Sulianto, A.A. and Debora, C. (2021) 'Biodegradabilitas Bioplastik Berbahan Dasar Limbah Cair Tahu dengan Penguat Kitosan dan Plasticizer Gliserol', *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 8(1), pp. 21–27. Available at: <https://doi.org/10.21776/ub.jsal.2021.008.01.3>.
- Wijayanti, K.P., Dermawan, N., Faisah, S.N., Prayogi, V., Judiawan, W., Nugraha, T. and Listyorini, N.T. (2016) 'Bio-Degradeable Bioplastics sebagai Plastik Ramah Lingkungan', *Surya Octagon Interdisciplinary Journal*

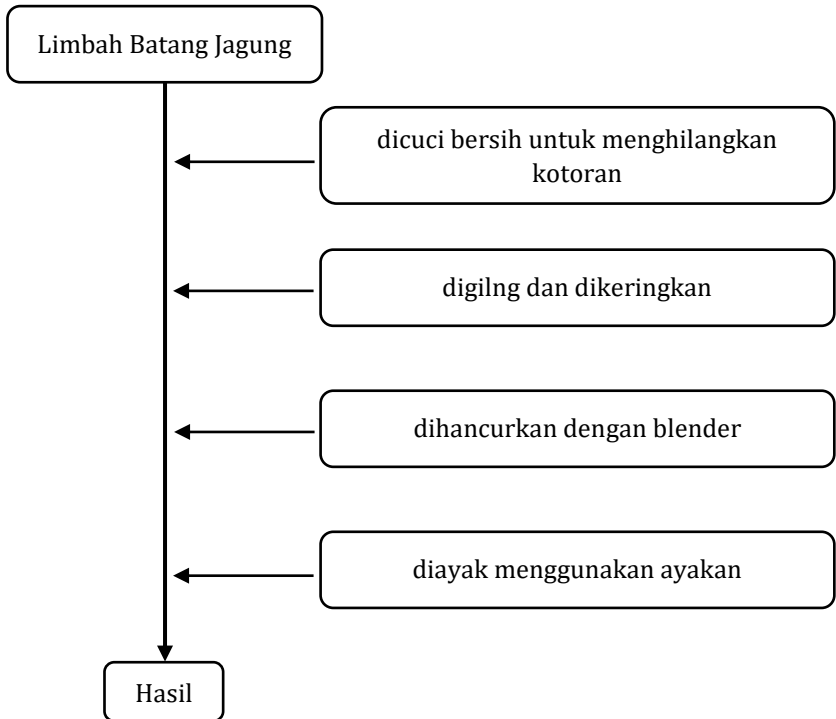
of Technology, 1(2), pp. 131–153.

- Wiradipta, I.D.G.A. (2017) 'Pembuatan Plastik Biodegradable Berbahan Dasar Selulosa Dari Tongkol Jagung', *Department of Physics Faculty of Mathematics and Natural Science Tenth Nopember of Technology Institute*, p. 90.
- Yang, J., Ching, Y.C., Chuah, C.H., Hai, N.D., Singh, R. and Nor, A.R.M. (2021) 'Preparation and characterization of starch-based bioplastic composites with treated oil palm empty fruit bunch fibers and citric acid', *Cellulose*, 28(7), pp. 4191–4210. Available at: <https://doi.org/10.1007/s10570-021-03816-8>.
- Yustinah, Noviyanti, S., Hasyim, U.H. and Syamsudin, A.B. (2019) 'Pengaruh Penambahan Kitosan dalam Pembuatan Plastik Biodegradable dari Rumput Laut *Gracilaria* sp dengan Pemplastik Sorbitol', *Seminar Nasional Sains dan Teknologi*, pp. 1–6.
- Yustinah, Y., AB, S., Solekhah, P.P., Novitasari, G.P., Nuryani, F., Djaeni, M. and Buchori, L. (2023) 'Pengaruh Jumlah Kitosan dalam Pembuatan Plastik Biodegradabel dari Selulosa Sabut Kelapa dengan Pemplastik Gliserol', *JRST (Jurnal Riset Sains dan Teknologi)*, 7(2), p. 143. Available at: <https://doi.org/10.30595/jrst.v7i2.15598>.

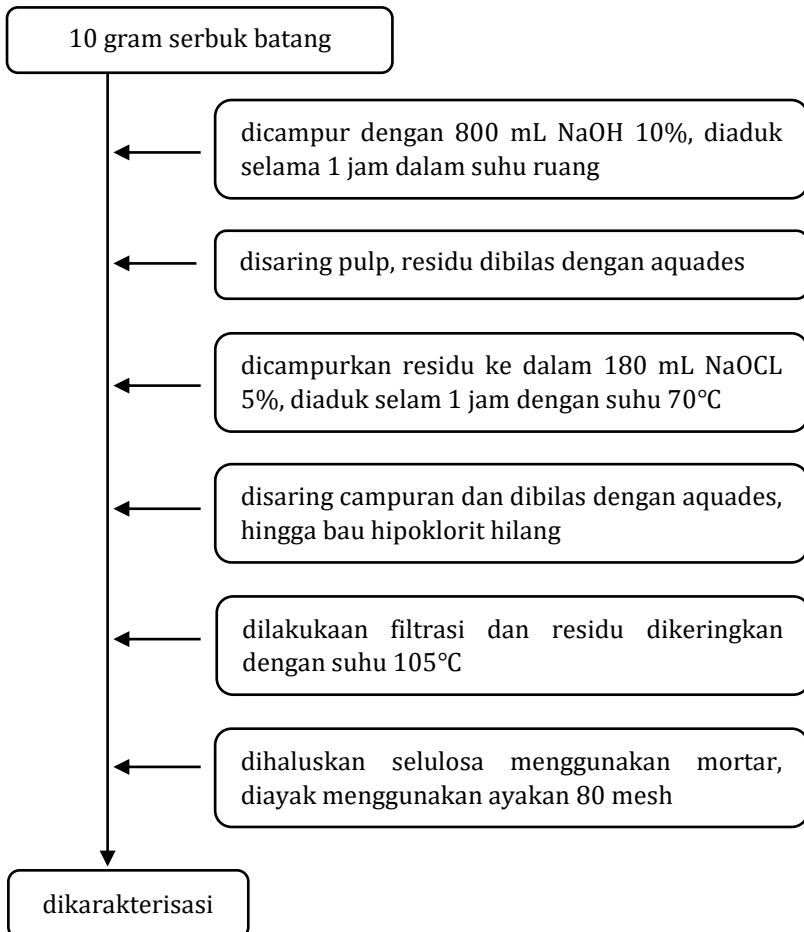
LAMPIRAN

Lampiran 1 Skema Kerja

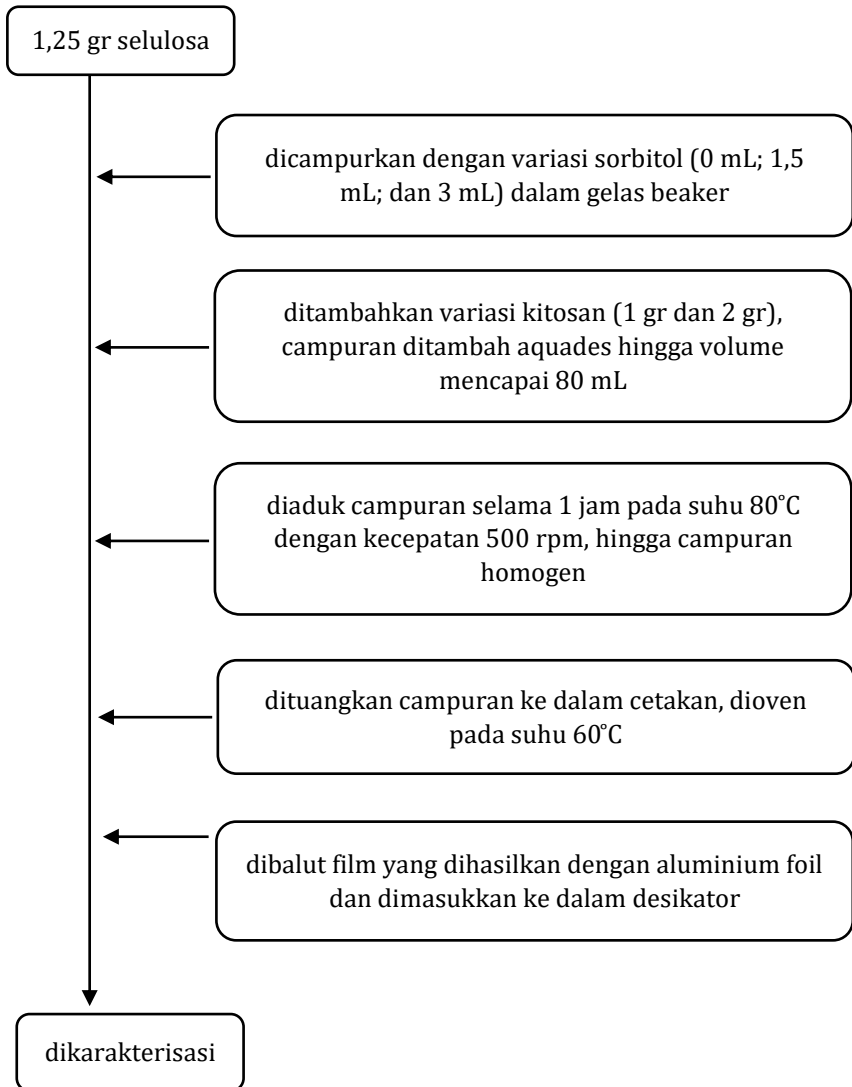
A. Preparasi Bahan Baku (Rentoy *et al.*, 2019; Tri *et al.*, 2022)



B. Ekstraksi Selulosa (Susanti, 2021; Lou *et al.*, 2022; Sihotang and Tambunan, 2022; Tri *et al.*, 2022)

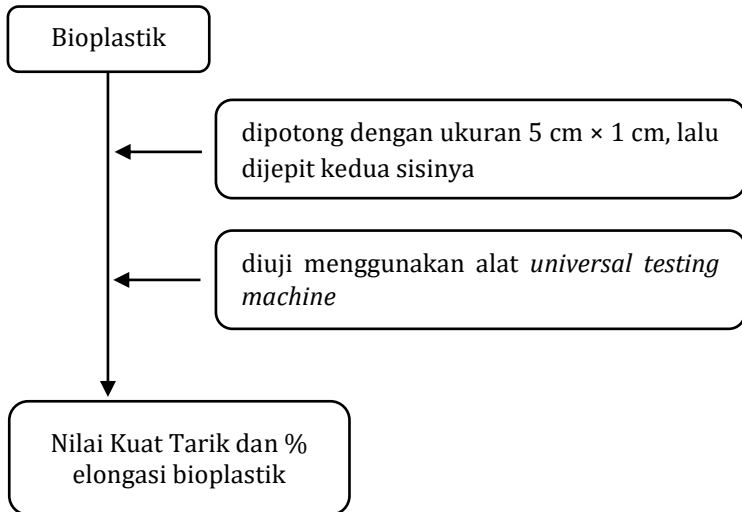


C. Sintesis Bioplastik Selulosa - Sorbitol - Kitosan
(Sihotang and Tambunan, 2022; Tri *et al.*, 2022)

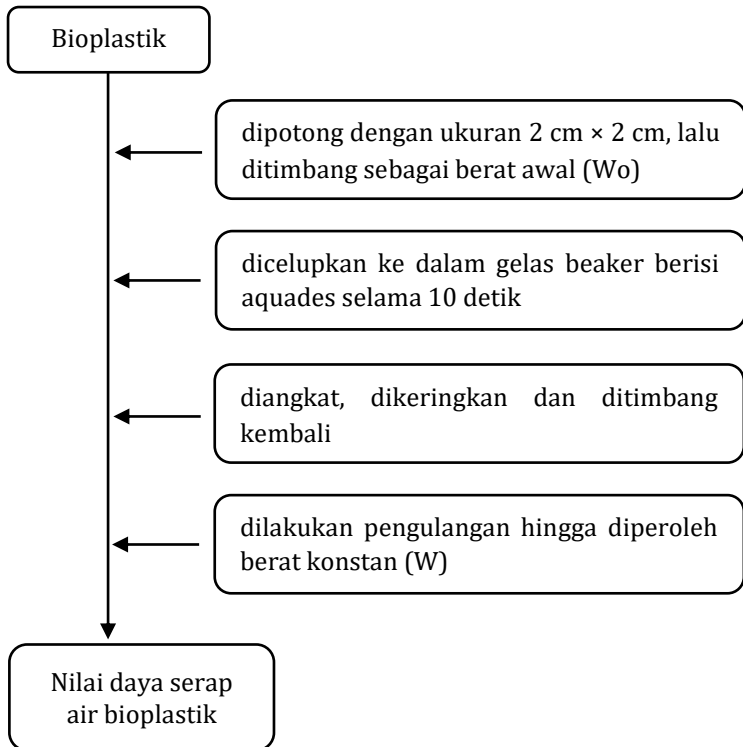


D. Karakterisasi Bioplastik

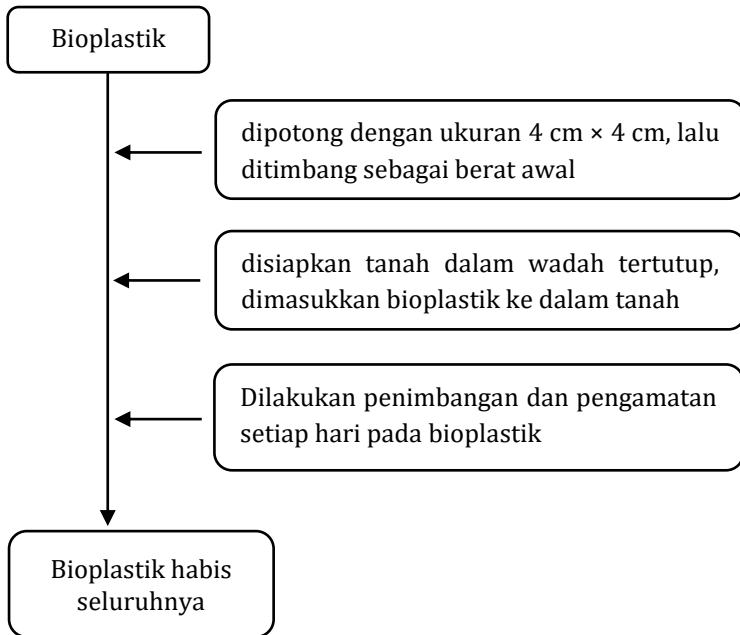
1. Uji Kuat Tarik dan % Elongasi



2. Uji Daya Serap

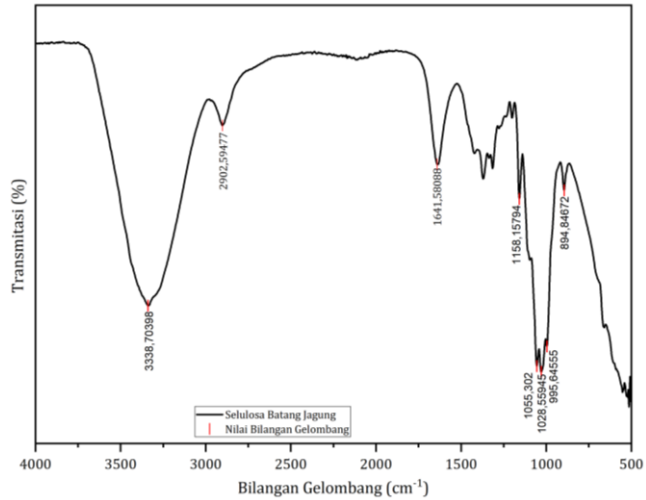


3. Uji Biodegradasi

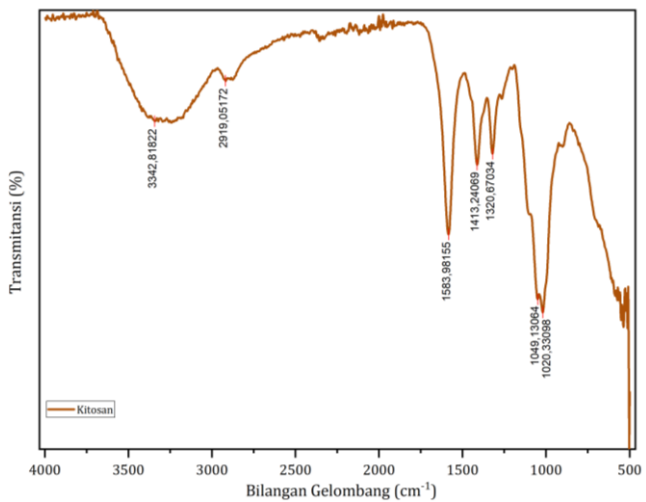


Lampiran 2 Data FTIR

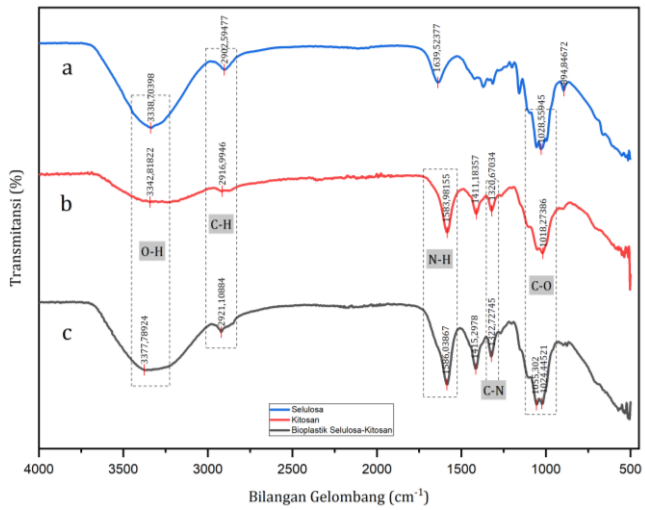
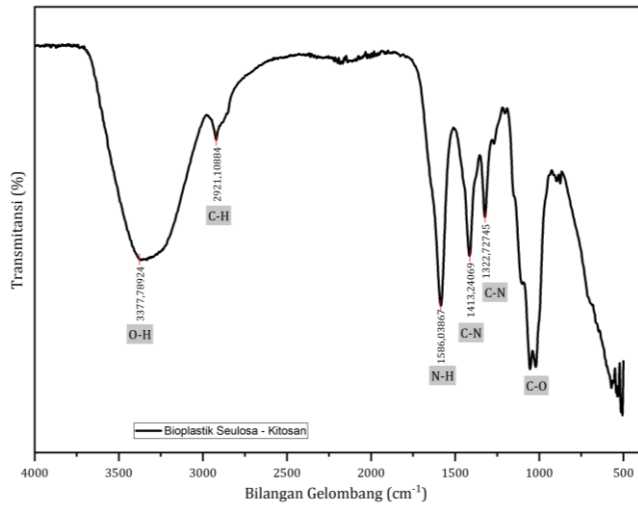
A. FTIR Selulosa Limbah Batang Jagung



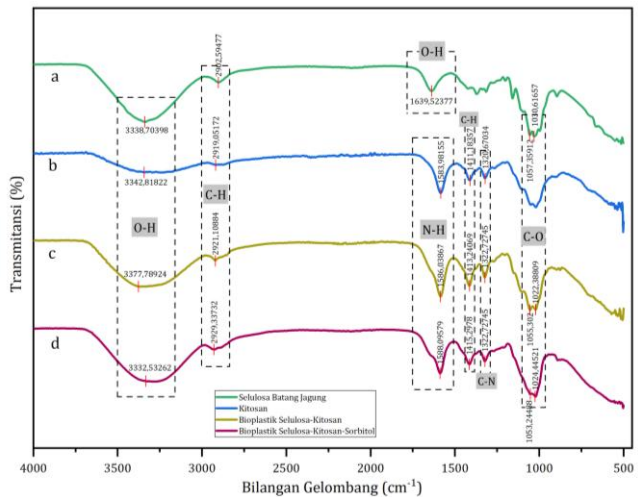
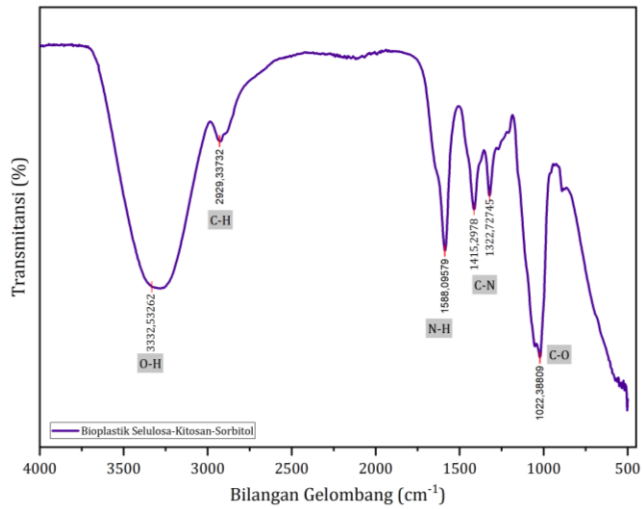
B. FTIR Kitosan



C. FTIR Bioplastik Selulosa-Kitosan



D. FTIR Bioplastik Selulosa-Kitosan-Sorbitol



Lampiran 3 Analisis Data

Sampel Bioplastik

BSK1= 1,25 gr selulosa + 1 gr kitosan + 0 mL sorbitol

BSKS0 = 1,25 gr selulosa + 2 gr kitosan + 0 mL sorbitol

BSKS1,5 = 1,25 gr selulosa + 2 gr kitosan + 1,5 mL sorbitol

BSKS3 = 1,25 gr selulosa + 2 gr kitosan + 3 mL sorbitol

A. Rendemen Selulosa

Diketahui:

Massa awal: 10 gram

Massa akhir: 5,86 gram

Massa akhir total: massa akhir - massa ziplock

: 5,86 gram - 0,53 gram

: 5,33 gram

Rendemen selulosa:

$$= \frac{\text{massa akhir total}}{\text{massa awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{5,33 \text{ gram}}{10 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$= 53,3\%$$

B. Uji Kuat Tarik dan % Elongasi

Sampel	Kuat Tarik (MPa)	Elongasi (%)
BSK1	-	-
BSKS0	3,63	21,67
BSKS1,5	6,21	42,7
BSKS3	1,27	64,0

C. Uji Daya Serap

Sampel	Pengulangan	Berat Awal (g)	Berat Akhir (g)	Air (%)	Rata-rata Air (%)
BSK1	Simplo	0,0487	0,0581	19,3018	19,8706 ±5,73
	Duplo	0,0455	0,0548	20,4395	
BSKS0	Simplo	0,0505	0,0593	17,4257	17,8746 ±5,13
	Duplo	0,0513	0,0607	18,3235	
BSKS1,5	Simplo	0,0811	0,1019	25,6473	25,2173 ±3,41
	Duplo	0,0823	0,1027	24,7873	
BSKS3	Simplo	0,1198	0,1736	44,9081	45,2077 ±1,32
	Duplo	0,1202	0,1749	45,5074	

1. Sampel BSK1

- Simplo

$$\begin{aligned}
 \text{Air (\%)} &= \frac{W-W_0}{W_0} \times 100\% \\
 &= \frac{0,0581 - 0,0480}{0,0480} \times 100\%
 \end{aligned}$$

$$= 19,3018\%$$

- Duplo

$$\begin{aligned} \text{Air (\%)} &= \frac{W-WO}{WO} \times 100\% \\ &= \frac{0,0548-0,0455}{0,0455} \times 100\% \\ &= 20,4395\% \end{aligned}$$

2. Sampel BSKS0

- Simplo

$$\begin{aligned} \text{Air (\%)} &= \frac{0,0593-0,0505}{0,0505} \times 100\% \\ &= 17,4257\% \end{aligned}$$

- Duplo

$$\begin{aligned} \text{Air (\%)} &= \frac{0,0607-0,0513}{0,0513} \times 100\% \\ &= 18,3235 \end{aligned}$$

3. Sampel BSKS1,5

- Simplo

$$\begin{aligned} \text{Air (\%)} &= \frac{0,1019-0,0811}{0,0811} \times 100\% \\ &= 25,6473\% \end{aligned}$$

- Duplo

$$\begin{aligned} \text{Air (\%)} &= \frac{0,1027-0,0823}{0,0823} \times 100\% \\ &= 24,7873\% \end{aligned}$$

4. Sampel BSKS3

- Simplo

$$\begin{aligned} \text{Air (\%)} &= \frac{0,1736-0,1198}{0,1198} \times 100\% \\ &= 44,9081\% \end{aligned}$$

- Duplo

$$\begin{aligned} \text{Air (\%)} &= \frac{0,1749-0,1202}{0,1202} \times 100\% \\ &= 25,5074\% \end{aligned}$$

D. Uji Biodegradasi

Variasi Komposisi	Lama Terdegradasi (hari)
BSK1	21
BSKS0	22
BSKS1,5	17
BSKS3	16

Lampiran 4 Dokumentasi

A. Sintesis Selulosa





B. Sintesis Bioplastik





BSK1



BSKS0



BSKS1,5

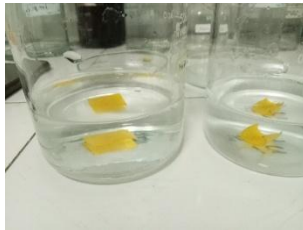


BSKS3

C. Uji Daya Serap



Timbang berat awal bioplastik



Celupkan bioplastik ke dalam aquadest suhu
25°C selama ± 10 detik

D. Uji Biodegradasi



BSK1 (A)



BSK1 (B)



Hari ke 3



Hari ke 3



Hari ke 5



Hari ke 5



Hari ke 10



Hari ke 10



Hari ke 20

BSKS0 (A)



Hari ke 20

BSKS0 (B)



Hari ke 3



Hari ke 3



Hari ke 5



Hari ke 5



Hari ke 10



Hari ke 10



Hari ke 20



Hari ke 20

BSKS1,5 (A)

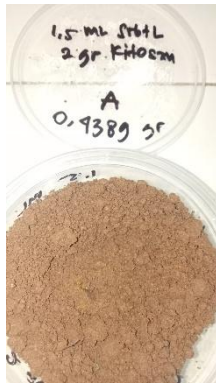


Hari ke 3

BSKS1,5 (B)



Hari ke 3



Hari ke 7



Hari ke 7

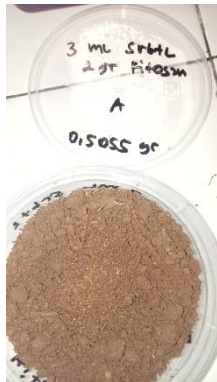


Hari ke 16



Hari ke 17

BSKS3 (A)



Hari ke 3



Hari ke 7

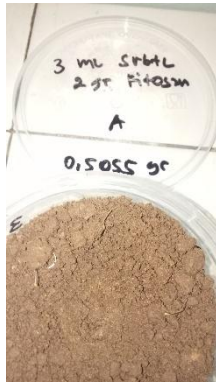
BSKS3 (B)



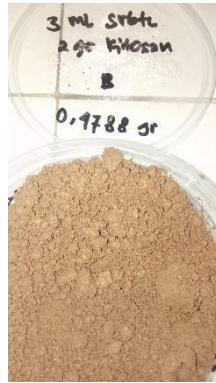
Hari ke 3



Hari ke 7



Hari ke 15



Hari ke 16

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

A. Identitas Diri

Nama Lengkap : Nur Rahayu Igfirliyana
Tempat, Tgl Lahir : Temanggung, 06 April 2002
Jenis Kelamin : Perempuan
Agama : Islam
Pekerjaan : Mahasiswa
Alamat : Perum. Puri Cikarang Hijau Jl.
Cendana II RT. 06/10, Desa
Karang Asih, Kec. Cikarang
Utara, Kab. Bekasi, Jawa
Barat
Telepon/HP : 081242084455
Email : ayu.firly38@gmail.com

B. Riwayat Pendidikan

1. SD N Karang Asih 12
2. SMP N 3 Cikarang Utara
3. SMA N 3 Cikarang Utara