

**PENGARUH VARIASI KONSENTRASI MIKROSELULOSA AMPAS
TEBU (*Saccharum officinarum*) TERHADAP KARAKTERISTIK
BIOPLASTIK BERBAHAN KITOSAN-GLISEROL**

SKRIPSI

**Disusun Untuk Memenuhi Syarat Guna Memperoleh Gelar
Sarjana Sains Dalam Ilmu Kimia**



Diajukan Oleh:

ANGGUN NIKEN PRASASTI

2108036007

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
SEMARANG
2025**

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Anggun Niken Prasasti

NIM : 2108036007

Jurusan : Kimia

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul:

Pengaruh Variasi Konsentrasi Mikroselulosa Ampas Tebu (*Saccharum officinarum*) Terhadap Karakteristik Bioplastik Berbahan Kitosan-Glisserol

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

Semarang, 24 Juni 2025

Pembuat Pernyataan



Anggun Niken Prasasti

NIM: 2108036007

PENGESAHAN

Naskah tugas akhir berikut ini:

Judul : Pengaruh Variasi Konsentrasi Mikroselulosa Ampas Tebu (*Saccharum officinarum*) Terhadap Karakteristik Bioplastik Berbahan Kitosan-Gliserol

Penulis : Anggun Niken Prasasti

NIM : 2108036007

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 Juni 2025

DEWAN PENGUJI

Ketua Sidang



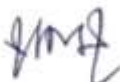
Dr. Ervin Tri Suryandari, M.Si.
NIP. 197407162009122001

Sekretaris



Nana Misrochah, M. Pd.
NIP. 198608282019032009

Penguji Utama I



Dr. Eng. Anissa Adiwena Putri, M.Sc.
NIP. 198504052011012015

Penguji Utama II



Kholidah, M. Sc.
NIP. 198508112019032008



Pembimbing



Dr. Ervin Tri Suryandari, M. Si.
NIP. 197407162009122001

NOTA DINAS

Semarang, 24/06/2025

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

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

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

Judul : **Pengaruh Variasi Konsentrasi Mikroselulosa Ampas Tebu (Saccharum Officinarum) Terhadap Karakteristik Bioplastik Berbahan Kitosan-Gliserol**
Nama : Anggun Niken Prasasti
NIM : 2108036007
Jurusan : Kimia

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

Wassalamu'alaikum Wr.Wb

Pembimbing I



Zidni Azizati, M.Sc
NIP.199011172018012001

NOTA DINAS

Semarang, 24/06/2025

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

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

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

Judul : Pengaruh Variasi Konsentrasi Mikroselulosa Ampas Tebu (Saccharum
Officinarum) Terhadap Karakteristik Bioplastik Berbahan Kitosan-Gliserol
Nama : Anggun Niken Prasasti
NIM : 2108036007
Jurusan : Kimia

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

Wassalamu'alaikum Wr.Wb

Pembimbing II



Dr. Ervin Tri Suryandri, M.Si

NIP 197407162009122001

ABSTRAK

Sampah plastik yang dibuang sembarangan dapat mengakibatkan pencemaran karena plastik tidak dapat diuraikan oleh mikroorganisme dalam tanah. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk menangani masalah tersebut adalah dengan pembuatan bioplastik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik dan pengaruh penambahan mikroselulosa ampas tebu pada bioplastik kitosan-gliserol. Tahapan penelitian ini meliputi ekstraksi selulosa dari ampas tebu, pembuatan mikroselulosa dengan ultrasonikasi, lalu dilanjut sintesis bioplastik dengan metode *blending*. Karakteristik gugus fungsi pada mikroselulosa menunjukkan adanya gugus fungsi O-H, C-H, dan C-O. Karakterisasi distribusi ukuran partikel mikroselulosa memiliki nilai rata-rata 1442,2 nm. Data analisis FTIR bioplastik memiliki gugus fungsi N-H sebagai ciri khas kitosan, O-H dan C-H sebagai gugus fungsi gliserol. Gugus fungsi O-H, C-H, dan C-O menunjukkan adanya gugus spesifik dari mikroselulosa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan mikroselulosa meningkatkan kuat tarik, tetapi menurunkan elongasi, daya serap air, dan biodegradasi. Berdasarkan hasil yang didapatkan bioplastik terbaik adalah bioplastik dengan penambahan mikroselulosa 0,6 g dengan nilai kuat tarik 8,892 MPa, elongasi 42%, daya serap air 15,808 %, dan biodegradasi 17 hari.

Kata Kunci: Bioplastik, Mikroselulosa, Ampas Tebu, Kitosan, Gliserol

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil'alamin puji syukur segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan nikmat, taufik, rahmat, serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Skripsi ini. Shalawat serta salam tak lupa penulis lantunkan kepada Nabi Besar Rasulullah SAW yang telah membimbing umat manusia menuju zaman yang lebih baik.

Penelitian Tugas Akhir dengan judul **“Pengaruh Variasi Konsentrasi Mikroselulosa Ampas Tebu Terhadap Karakteristik Bioplastik Berbahan Kitosan-Gliseryl”**. Skripsi ini dilakukan di Laboratorium Kimia Kampus 2. Skripsi ini telah disusun berdasarkan data dan pengamatan yang telah dilakukan selama Riset. Adapun laporan ini dibuat untuk memenuhi kelulusan sebagai salah satu syarat kelulusan dan menempuh studi strata S-1 Kimia.

Selama pelaksanaan penelitian hingga penyusunan laporan ini dibuat, penulis mendapatkan saran, dan dukungan dari semua pihak. Maka dari itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Nizar, M.Ag. selaku Rektor Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.
2. Bapak Dr. H. Musahadi, M.Ag selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang.
3. Ibu Mulyatun, M.Si selaku Ketua Program Studi Kimia UIN Walisongo Semarang.
4. Ibu Zidni Azizati, M.Sc selaku dosen pembimbing I yang memberikan masukan, kritik, dan arahan yang sangat bermanfaat selama proses penyusunan skripsi ini.

5. Ibu Dr. Ervin Tri Suryandari, M.Si selaku dosen pembimbing II yang memberikan masukan, kritik dan arahan yang sangat bermanfaat selama proses penyusunan skripsi ini.
6. Ibu Malikhatul Hidayah, S.T., M.Pd sebagai wali dosen yang telah membimbing dan mengarahkan penulis.
7. Seluruh dosen Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang atas segala Ilmu yang telah diajarkan kepada saya.
8. Orang tua penulis, Bapak Paidi dan Ibu Supiatun yang selalu memberikan kasih sayang, nasihat, motivasi, serta doa yang selalu mengiringi sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
9. Sahabat Penulis Nirima Ramadhani dan Nabila Putri Damayanti yang selalu memberikan semangat dan mendengarkan keluh kesah penulis selama riset dan penyusunan naskah skripsi.
10. Haidar Farooq Ibrahim yang telah menjadi tempat berkeluh kesah, selalu memberikan motivasi, semangat, serta doa yang selalu mengiringi.
11. Sahabat-sahabat yang menjadi sumber inspirasi dan dukungan di masa-masa sulit, terutama Kiki Ratna Widiastuti, Natalia Nada Maharani, dan Siti .
12. Bestie Kos yaitu Kiki, Nur, Wulan, Resa, Rezka, Hida, Devi, Meri, Khanisa, dan Riris yang selalu menghibur dikala penulis merasa *down* dan memberikan semangat selama riset dan penyusunan naskah skripsi.
13. Teman-teman KKN Ngampel Wetan Posko 78 yang terus-menerus memberikan dukungan dan motivasi.

14. Teman-teman Kimia 2021 yang selalu memberikan dukungan moral dan semangat.
15. Dan semua pihak yang namanya tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis mengakui bahwa masih terdapat kekurangan dalam penulisan naskah ini, dari segi penulisan maupun isi. Dengan demikian, penulis mengharapkan kritik dan saran. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis dan pembaca.

Aamiin Yaa Rabbal'alamiin.

Semarang, 24 Juni 2025



Anggun Niken Prasasti

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN	i
NOTA DINAS	ii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	11
C. Tujuan Penelitian	11
D. Manfaat Penelitian	12
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	13
A. Kajian Teori	13
1. Kitosan	13
2. Ampas Tebu	15
3. Selulosa	18

4. Mikroselulosa	20
5. Gliserol	25
6. Bioplastik	27
7. Karakterisasi Bioplastik	32
a. Uji Kuat Tarik Bioplastik	32
b. Uji Biodegradasi	35
c. Analisis FTIR	37
d. Uji Daya Serap Air	41
e. <i>Particle Size Analyzer</i>	42
B. Kajian Pustaka	45
C. Hipotesis	45
BAB III METODE PENELITIAN	47
A. Tempat dan Waktu Penelitian	47
B. Alat dan Bahan	47
1. Alat	47
2. Bahan	48
C. Prosedur Kerja	48
1. Isolasi Selulosa	48
2. Preparasi Mikroselulosa dengan Sonikasi	49
3. Bioplastik Kitosan-Gliserol	50

4. Pembuatan Bioplastik Kitosan-Gliserol-Mikroselulosa	51
5. Uji Biodegradasi	52
6. Analisis Gugus Fungsi FTIR	52
7. Uji Kekuatan Mekanik	52
a. Uji Elongasi	52
b. Uji Kuat Tarik	53
8. Uji Daya Serap Air	53
9. Karakterisasi Distribusi Ukuran Partikel	53
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	55
A. Ekstraksi dan Karakterisasi Mikroselulosa	55
1. Ekstraksi	55
2. Karakterisasi	59
B. Sintesis Bioplastik	64
1. Bioplastik Kitosan-Gliserol	64
2. Bioplastik Kitosan-Gliserol-Mikroselulosa	65
C. Karakterisasi Bioplastik	67
1. Hasil Uji Sifat Mekanik	67
2. Uji Daya Serap Air	70
3. Hasil Uji Biodegradasi	72

4. Karakterisasi Gugus Fungsi Menggunakan FTIR	74
BAB V PENUTUP	79
A. Kesimpulan	79
B. Saran	79
DAFTAR PUSTAKA	81
LAMPIRAN	93
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	110

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur Kitosan	13
Gambar 2.2 Proses Penggilingan Tebu	16
Gambar 2.3 Struktur Selulosa	19
Gambar 2.4 Mekanisme Produksi Mikroselulosa dengan Ultrasonikasi	23
Gambar 2.5 Struktur Gliserol	26
Gambar 2.6 Proses Umum Pembuatan Plastik	30
Gambar 2.7 Sistem Alat UTM	33
Gambar 2.8 Skema Alat Spektroskopi FTIR	37
Gambar 2.9 Spektrum FTIR Ampas Tebu dan Selulosa	39
Gambar 2.9 Hasil FTIR Bioplastik Selulosa-Kitosan-Gliserol	40
Gambar 2.10 Prinsip Kerja Alat <i>Particle Size Analyzer</i> (PSA)	42
Gambar 4.1 Mekanisme Pemutusan Ikatan Antara Lignin dan Selulosa	56
Gambar 4.2 Spektrum FTIR Serbuk Ampas Tebu, Setelah Delignifikasi, Mikroselulosa Ampas Tebu	59
Gambar 4.3 Distribusi Ukuran Partikel Mikroselulosa	62
Gambar 4.4 Bioplastik Kitosan-Gliserol	65
Gambar 4.5 Bioplastik K-G-MS dengan Variasi a)0,2 b)0,4 c)0,6 d)0,8	67
Gambar 4.6 Spektrum Bioplastik K-G & K-G-M	75
Gambar 4.7 Interaksi Kitosan-Gliserol-Mikroselulosa	77

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Karakteristik Kitosan	13
Tabel 2.2 Klasifikasi Bioplastik	30
Tabel 2.3 Standar Mutu Bioplastik	31
Tabel 4.1 Perbandingan Hasil Analisis FTIR Serbuk Ampas Tebu, Setelah Delignifikasi, dan Mikroselulosa Ampas Tebu	60
Tabel 4.2 Hasil Serapan FTIR Kitosan	64
Tabel 4.3 Komposisi Bioplastik K-G-MS	66
Tabel 4.4 Hasil Uji Sifat Mekanik Bioplastik	68
Tabel 4.5 Hasil Uji Daya Serap Air Bioplastik	71
Tabel 4.6 Uji Biodegradasi Bioplastik	73
Tabel 4.7 Hasil Serapan FTIR Bioplastik	76

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Indonesia berada di urutan kedua sebagai negara penghasil sampah terbesar di dunia (Ihsan, 2023). Menurut Data Asosiasi Industri Olefin, Aromatik, dan Plastik Indonesia (INAPLAS) serta Badan Pusat Statistik (BPS), Indonesia memproduksi sekitar 64 juta ton limbah plastik setiap tahun. Jumlah sampah plastik yang dibuang ke lautan mencapai 3,2 juta ton. Sementara itu, sekitar 10 miliar lembar atau setara 85.000 ton sampah plastik terbuang di lingkungan setiap tahun (Badan Pusat Statistik, 2022). Volume sampah terus meningkat seiring dengan meningkatnya sektor industri, di mana industri makanan dan minuman menyumbang 65% dari total permintaan kemasan plastik (Ihsan, 2023).

Plastik memiliki beragam manfaat dalam berbagai bentuk sebagai lembaran, panel, film, yang semuanya fleksibel sesuai dengan kebutuhan pengaplikasiannya. Beberapa pengaplikasian plastik diantaranya seperti pembungkus, kantong belanjaan, tempat minuman, sedotan, keperluan kantor, dan aplikasi pemanfaatan yang

lain. Plastik yang sering digunakan adalah plastik konvensional berbahan petrokimia. Plastik konvensional digunakan karena sifatnya yang kuat, fleksibel, tahan lama, dan mudah dibentuk (Yustinah *et al.*, 2023). Namun, plastik konvensional memiliki banyak kekurangan terutama ketidakmampuannya terurai alami yang berujung pada polusi lingkungan.

Pembuangan sampah plastik secara sembarangan dapat mengakibatkan penyumbatan saluran air dan meningkatkan risiko terjadinya banjir. Plastik yang dikubur di dalam tanah juga sulit terurai secara alami. Penimbunan plastik di dalam tanah tidak hanya mencemari lingkungan, tapi juga menurunkan kualitas tanah (Purwaningrum, 2016). Jika plastik dibakar, akan menghasilkan polusi karbon yang mencemari udara. Pembakaran plastik yang tidak sempurna pada suhu di bawah 800°C dapat menghasilkan dioksin. Senyawa dioksin sangat berbahaya dan berisiko tinggi pada kesehatan tubuh. Proses produksi plastik juga melibatkan penggunaan zat aditif kimia yang beracun dan berpotensi menyebabkan kanker, seperti *plasticizer ftalat* dan *flame retardant brominasi*. Aditif plastik dapat merembes dari kaleng makanan dan botol makanan keluar ke udara dan ditemukan pada mikroplastik. Bahan aditif tersebut dapat berbahaya terutama pada

perkembangan anak dan ibu hamil karena bahan kimia tersebut dapat mengganggu janin yang berkembang (Kalsum, Juniar and Khirnanda, 2020).

Sebagai negara tropis yang dikelilingi oleh lautan, banyak ekosistem alami yang akan terancam jika permasalahan plastik tidak dapat ditangani secara efektif. Oleh sebab itu, diperlukan langkah-langkah untuk menekan jumlah sampah plastik yang dihasilkan. Plastik bisa diuraikan dengan cara pembakaran. Akan tetapi, hal ini akan menimbulkan pencemaran lingkungan lainnya. Pembakaran plastik melepaskan senyawa berbahaya seperti hidrogen sianida (HCN) dan gas karbon monoksida (CO) yang dapat menyebabkan pencemaran udara dan berdampak pada kesehatan serta perubahan iklim. Molekul plastik memiliki struktur yang sangat kompleks sehingga sulit untuk diuraikan oleh mikroorganisme dan sumber/bahan plastik konvensional sulit diperbaharui dalam waktu yang singkat (Fathurohman *et al.*, 2020). Kerusakan lingkungan tertuang pada QS. Ar-Ruum (30): 41, sebagai berikut:

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 manusia. (Melalui hal itu) Allah membuat mereka merasakan sebagian dari (akibat) perbuatan mereka agar mereka kembali (ke jalan yang benar)”.

Tafsir mengenai ayat di atas telah diuraikan oleh Ahmad Mustafa al-Maraghi. Di dalam penjelasan Al-Maraghi, disebutkan bahwa manusia penyebab kerusakan di bumi, akibat kurangnya kesadaran akan dampak tindakan mereka. Sebagai konsekuensi dari tindakan manusia, Allah SWT memberikan balasan dengan harapan manusia mau bertaubat dan kembali kepada-Nya.

Berdasarkan ayat tersebut, manusia memiliki kewajiban untuk menjaga kelestarian bumi dan tidak melakukan kerusakan. Sehingga, perlu dilakukan upaya untuk meminimalisir penggunaan plastik melalui penggunaan bioplastik. Bioplastik merupakan plastik ramah lingkungan yang terbuat dari sumber-sumber alami dan dapat memiliki kemampuan untuk terdegradasi (Merino *et al.*, 2021). Ketika bioplastik dibakar, tidak akan melepaskan zat-zat kimia berbahaya ke lingkungan (Krisnadi, Handarni and Udyani, 2019). Bioplastik dapat terurai oleh mikroorganisme lebih cepat dibandingkan dengan plastik konvensional dengan fungsi dan kegunaan

yang setara dan bisa terurai menjadi air dan karbondioksida (CO_2). Oleh karena itu, penggunaan bioplastik akan jauh lebih ramah lingkungan jika dibandingkan dengan plastik konvensional (Santoso, Ambalinggi and Niawanti, 2019).

Produksi dan penerapan bioplastik dapat mengurangi ketergantungan akan bahan bakar konvensional dan bahaya lingkungan. Selain itu penggunaan bioplastik dapat mengurangi biaya energi, jejak karbon, dan emisi gas rumah kaca (George *et al.*, 2021). Setiap satu ton bioplastik dapat mengurangi emisi karbon dioksida sebanyak 0,8 hingga 3,2 ton dibandingkan dengan plastik konvensional berbahan minyak bumi (Kamsiati, Herawati and Purwani, 2017). Bioplastik umumnya dibuat dari polimer alami seperti pati, selulosa, dan polisakarida (Kamsiati, Herawati and Purwani, 2017). Penggunaan pati dalam bioplastik menyebabkan terjadinya persaingan antar komoditi karena pati merupakan salah satu makanan pokok yang ada di masyarakat, sehingga diperlukan penggunaan bahan non-pangan sebagai bahan pembuatan bioplastik yaitu kitosan. Kitosan berasal dari limbah hewan *Crustacea* seperti cangkang udang, kepiting, dan rajungan (Agustina *et al.*, 2015).

Kitosan adalah polisakarida terbanyak kedua di dunia setelah selulosa. Kitosan menjadi turunan kitin yang dihasilkan melalui proses deasetilasi kitin. Sifat kitosan sebagai polimer adalah polikationik. Kitosan digunakan sebagai biopolimer karena memiliki karakteristik mekanik yang baik (Dompeipen et al., 2016). Kitosan memiliki gugus fungsi O-H yang diperlukan dalam bioplastik yang dapat berikatan dengan mikroselulosa. Kitosan memberikan sifat reaktif tinggi dan kemampuan membentuk ikatan hidrogen. Penggunaan kitosan sebagai bahan utama dalam plastik *biodegradable* mampu meningkatkan sifat mekanik, mengurangi penyerapan air, dan mengurangi sifat kelembapan film. Kitosan tidak larut dalam air (hidrofobik) sehingga dapat menahan air dan membentuk membran atau film dengan mudah. Kitosan membentuk gel pada pH asam karena sifatnya yang kationik. Biopolimer kitosan dapat menjadi alternatif pengganti plastik berbahan bakar fosil di masyarakat baru yang berkelanjutan (Schnabl *et al.*, 2023).

Hasil penelitian Agustin and Padmawijaya (2016) membuktikan bahwa komposisi kitosan yang lebih tinggi meningkatkan kekuatan tarik dan menurunkan elongasi. Hal ini dibuktikan dengan kitosan yang dipakai pada variasi 1 %, 2 %, dan 4 % untuk sintesis bioplastik dari kitosan-pati kulit pisang kepok menghasilkan *tensile strength* tertinggi

pada kitosan 4 % dengan nilai mencapai 1,212 Mpa dengan nilai elongasi paling rendah yaitu 0,12 %. Untuk itu, penambahan *plasticizer* pada bioplastik diperlukan. Penambahan *plasticizer* meningkatkan fleksibilitas plastik sehingga lebih mudah dibentuk menjadi beberapa bentuk. Bioplastik yang baik harus memiliki keseimbangan antara kekuatan mekanik dan fleksibilitas agar tahan terhadap uji kekuatan. *Plasticizer* meningkatkan elastisitas bioplastik dengan memecah ikatan hidrogen antar molekul, sehingga mengurangi kerapuhan dan kekakuan (Huwaiddi and Supriyo, 2022).

Menurut Krisnadi, Handarni and Udyani (2019) *plasticizer* adalah senyawa organik dengan berat molekul rendah yang membuat polimer lebih fleksibel. *Plasticizer* akan menggantikan ikatan hidrogen internal dan melemahkan gaya tarik intermolekul ikatan hidrogen sepanjang rantai polimer sehingga dapat meningkatkan fleksibilitas bioplastik (Fajriati, 2017). Gliserol berperan sebagai *plasticizer* karena kemampuannya yang tinggi untuk larut dalam air dan bercampur dengan larutan film. Untuk membentuk film kitosan yang lentur, fleksibel, dan lembut gliserol dipilih karena lebih cocok dalam memberikan kelenturan yang tinggi (Selpiana et al., 2016).

Gliserol memiliki berat molekul yang rendah sehingga lebih mudah menyusup ke dalam struktur polimer kitosan dan memperlemah interaksi antarmolekul yang menghasilkan film lebih elastis (Arum et al., 2014). Melalui ikatan hidrogen antara rantai polimer dan interaksi intermolekul, gliserol dapat membentuk lapisan film yang berkualitas (Selpiana et al., 2016).

Gliserol sebagai *plasticizer* tidak hanya meningkatkan elastisitas, tapi juga membantu mengurangi plastik *biodegradable*. Menurut Arum and Kusumastuti (2014) penambahan gliserol mempengaruhi sifat mekanik, terutama elongasi dan kuat tarik. Penelitian terdahulu dilakukan oleh Selpiana, Patricia and Anggraeni (2016) mengenai pengaruh penambahan kitosan dan gliserol dalam pembuatan bioplastik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan gliserol yang lebih banyak menyebabkan penurunan kuat tarik dan peningkatan elongasi. Hasil terbaik diperoleh pada sampel dengan komposisi 3 gram kitosan dan 3 mL gliserol yang memiliki elongasi 11,95 % dan kuat tarik 80.000 kg/cm².

Gliserol dapat meningkatkan % elongasi bioplastik, tetapi juga menurunkan kuat tarik bioplastik. Penurunan kuat tarik bioplastik disebabkan oleh gliserol yang

mengurangi interaksi antar molekul rantai polisakarida. Oleh sebab itu, salah satu cara untuk memperbaiki kekuatan tarik kitosan adalah dengan menambahkan mikroselulosa.

Ukuran selulosa memiliki pengaruh penting dalam pembuatan dan kualitas bioplastik. Semakin kecil ukuran partikel selulosa, maka semakin besar luas permukaan yang tersedia untuk berinteraksi dengan matriks polimer lainnya seperti kitosan, selulosa, pati, dan polimer lain. Partikel yang lebih kecil memiliki kerapatan atom yang lebih tinggi, ikatan antar atom yang semakin kuat dan sifat mekanis yang meningkat.

Mikroselulosa memiliki derajat kristalinitas yang tinggi, luas permukaan besar, dan sifat biodegradasi yang baik (Saputri *et al.*, 2018). Sitorus et al., (2023) melakukan penelitian tentang penggunaan mikroselulosa untuk memperkuat bioplastik. Penambahan mikroselulosa terbukti meningkatkan kekuatan tarik sampai 8 MPa. Penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan mikroselulosa mampu menaikkan kuat tarik bioplastik secara signifikan. Mikroselulosa dapat diperoleh melalui metode ultrasonikasi. Tujuan dari metode ini yaitu untuk menurunkan ukuran serat selulosa menjadi lebih kecil secara merata. Mikroselulosa dapat dihasilkan dari bahan awal berupa selulosa.

Selulosa banyak tersedia di alam dengan jumlah yang cukup besar, di mana selulosa menjadi komponen utama penyusun dinding sel tumbuhan. Salah satu bahan yang kaya akan selulosa adalah ampas tebu. Ampas tebu yang memiliki kandungan serat tinggi dan belum banyak dimanfaatkan dapat menjadi peluang besar untuk meningkatkan nilai ekonomi melalui produksi selulosa (Kalsum, Robiah and Yokasari, 2020). Menurut Huwaidi and Supriyo (2022) ampas tebu mengandung sekitar 40-45% selulosa, 20-25% hemiselulosa, 20-34% lignin, dan 2-6% zat ekstraktif. Pemanfaatan ampas tebu dalam pembuatan selulosa menjadi langkah yang tepat untuk mengurangi limbah tersebut. Menurut Rahmi *et al.*, (2020) mikroselulosa memiliki diameter rata-rata 1-1000 μm .

Berdasarkan deskripsi yang telah dikemukakan, pembuatan bioplastik menggunakan kitosan dan gliserol sudah pernah dilakukan. Akan tetapi, pembuatan bioplastik kitosan-gliserol yang diperkuat dengan mikroselulosa ampas tebu masih belum pernah dilakukan. Oleh karena itu, inovasi dalam penelitian ini adalah penambahan mikroselulosa untuk memperkuat bioplastik dengan harapan bisa memperbaiki sifat mekanik dari bioplastik yang dihasilkan.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat diperoleh rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik mikroselulosa yang diperoleh dari ampas tebu?
2. Bagaimana karakteristik dari bioplastik berdasarkan gugus fungsi yang dihasilkan?
3. Bagaimana pengaruh penambahan mikroselulosa terhadap sifat mekanik, daya serap air, dan biodegradabilitas bioplastik?

C. Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui karakteristik mikroselulosa yang diperoleh dari ampas tebu.
2. Untuk mengetahui karakteristik dari bioplastik yang dihasilkan berdasarkan gugus fungsi yang dihasilkan
3. Untuk mengetahui pengaruh penambahan mikroselulosa ampas tebu terhadap sifat mekanik, daya serap air, dan biodegradabilitas bioplastik.

D. Manfaat Penelitian

1. Mengembangkan kemampuan peneliti dalam studi tentang limbah.
2. Mengetahui bahwa semua hal di dunia memiliki nilai guna seperti ampas tebu yang dapat dimanfaatkan secara efektif melalui pengolahan yang tepat.
3. Memaksimalkan potensi sumber daya alam lokal melalui pengelolaan yang hijau dan berkelanjutan.

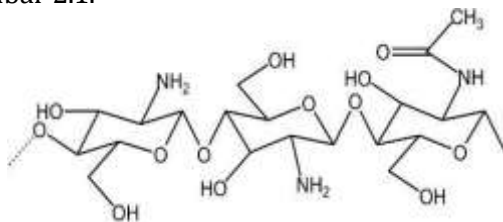
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Kajian Teori

1. Kitosan

Kitosan adalah polisakarida dari rantai lurus dengan ikatan (1-4) -glikosidik dan tersusun oleh monomer glukosamin. Kitosan diperoleh dari kitin setelah gugus asetilnya dihilangkan melalui reaksi kimia. Kitin adalah poli-N-asetil-glukosamin. Bentuk struktur kitosan dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Struktur Kitosan (Marlina and Nurhalliza, 2021)

Kitosan bersifat polikationik sehingga sangat berpotensi untuk bioteknologi dan pengolahan limbah. Kitosan memiliki potensi sebagai agen anti mikroba dan dapat memperkuat material. Oleh karena itu, kitosan mampu menaikkan kekuatan tarik dan perpanjangan saat putus (Agustin and Padmawijaya, 2016). Kitosan memiliki beberapa sifat menguntungkan yaitu hidrofilisitas,

biokompatibilitas, degradabilitas, penghambat bakteri, dan berikatan kuat dengan enzim. Sifat hidrofobik kitosan memungkinkannya membentuk gel secara spontan dan menahan air dalam strukturnya, sehingga memudahkan pembentukan film atau membran. Proses gelasi kitosan ditemukan dalam kondisi asam akibat muatan kationiknya (Pandu Lazuardi and Cahyaningrum, 2013). Film yang terbuat dari kitosan bersifat kuat dan tidak mudah robek. Hal ini dikarenakan kitosan memiliki *permeabilitas* rendah sehingga dapat digunakan untuk memperpanjang umur simpan produk dan menjaga kesegarannya. Karena kitosan tidak larut dalam air, sehingga memiliki ketahanan yang baik terhadap air (Saputro and Ovita, 2017). Karakteristik kitosan dapat ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Karakteristik Kitosan

Parameter	Karakteristik Kitosan Standar Internasional
Bentuk Partikel	Butiran/ bubuk < 2 mm
Kadar air (%w	<10 %
Kadar abu (%)	<2 %
Kadar Protein	-
Derajat Destilasi (DD)	Minimal 70 %
Bau	Tidak berbau
Warna Larutan	Jernih
Viscositas	200-799 cps
Kelarutan	Tidak larut dalam air

Kitosan memiliki kristalinitas lebih rendah dibandingkan kitin karena ikatan hidrogen intermolekuler atau intramolekuler yang lebih lemah sehingga lebih reaktif terhadap beberapa reagen. Kitosan mudah larut dalam asam format, asam glutamat, dan asam asetat. Menurunnya berat molekul kitosan maka kelarutan kitosan juga menurun. Kitosan adalah polimer alami yang banyak tersedia di alam dan terbarukan, maka penting untuk memanfaatkannya secara optimal. Kitosan memiliki potensi aplikasi yang luas di berbagai bidang. Dalam bidang pertanian, kitosan berfungsi sebagai agen pelindung tanaman yang *biodegradable* dan tahan terhadap jamur (Wiyarsi and Erfan, 2012).

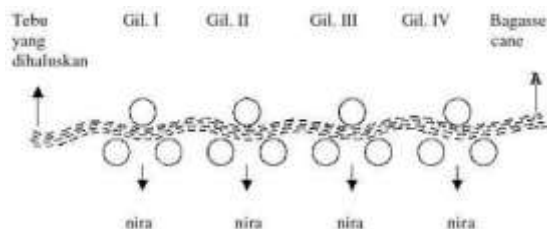
Di bidang medis, kitosan berfungsi untuk menurunkan kolesterol, antikoagulan, penghambat bakteri, dan membantu program penurunan berat badan. Dalam bioteknologi, kitosan berfungsi sebagai bahan untuk isolasi protein dan mendukung proses pemulihan sel. Pada bidang makanan, kitosan berfungsi untuk pengawet alami, antioksidan, serta membantu dalam pengemulsian dan penyerapan zat warna (Dompeipen et al., 2016).

2 . Ampas Tebu

Bagasse atau ampas tebu memiliki komposisi yang meliputi kelembapan 46-52 %, serat sekitar 44-52 % serta

padatan terlarut sekitar 2-6 % dan merupakan hasil sampingan dari pengolahan tebu cair. Setiap proses produksi gula dari tebu menghasilkan hasil samping hingga 90% dari total bahan yang diolah (Yudo and Jatmiko, 2012). Komposisi utama serat ampas tebu adalah ligno-selulosa. Struktur selulosa pada ampas tebu diperkuat oleh lapisan lignin yang menyelimutinya. Serat ampas tebu memiliki kelebihan berupa kekuatan mekanik yang baik, tahan terhadap korosi, ringan, harganya terjangkau dan potensi daur ulang yang mendukung keberlanjutan lingkungan (Prihatno *et al.*, 2020).

Selulosa, lignin, dan pentosa komponen utama yang menyusun serat ampas tebu dan menentukan karakteristiknya. Komposisi ketiga komponen itu berbeda-beda tergantung jenis ampas tebu. Proses penggilingan ampas tebu dapat dilihat pada Gambar 2.2



Gambar 2.2 Proses Penggilingan Tebu (Selpiana, Patricia and Anggraeni, 2016)

Ampas tebu yang adalah digunakan hasil dari proses penggilingan kelima. Penggilingan tebu menghasilkan produk samping berupa serabut. Dengan komposisi yang kompleks dan kandungan selulosa yang tinggi, ampas tebu dapat menjadi bahan baku komposit yang baik untuk industri fabrikasi. Kadar selulosa yang tinggi dalam suatu bahan dapat meningkatkan *tensile strength* produk yang dihasilkan. Serat alam umumnya memiliki sifat kaku, tangguh, dan mampu menahan beban berat (Selpiana, Patricia and Anggraeni, 2016).

Sebagai komoditas perkebunan utama, tebu berperan penting dalam perekonomian Indonesia melalui kontribusinya pada industri gula. Dengan luas lahan sekitar 418,99 ribu hektar, Indonesia memproduksi tebu sebanyak 2.190 juta ton di tahun 2020. Pada tahun 2020, Jawa Timur memimpin produksi gula di Indonesia dengan total 1,00 juta ton atau sekitar 47,24 % dari produksi gula nasional. Produksi tebu yang besar ini berbanding lurus dengan jumlah limbah ampas tebu yang dihasilkan (Badan Pusat Statistik, 2021).

Serat ampas tebu memiliki karakter yang baik sebagai pengisi komposit, di mana serat ampas tebu memiliki komposisi kimia yakni 45 % selulosa, 21,7% lignin, 22 % hemiselulosa (sebagai pantosan), dan 2,1 % abu (Kusuma *et al.*, 2023). Keunggulan lain dari selulosa ampas

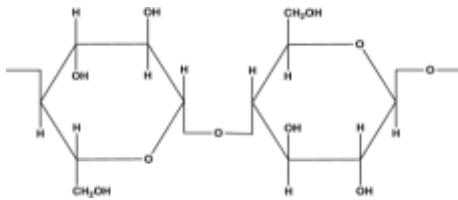
tebu yaitu memiliki kepadatan yang rendah, banyak ditemukan di alam, serta memiliki kemampuan mekanik yang baik. Menurut Mochamad *et al.*, (2020) serat ampas tebu mempunyai kandungan α –selulosa yang tinggi yaitu sekitar 85 %.

3. Selulosa

Selulosa adalah bagian penting yang menyusun dinding sel pada tumbuhan. Selulosa menjadi senyawa organik dengan jumlah terbesar di alam. Kandungan selulosa pada tumbuhan dapat bervariasi antara 50% hingga 90% tergantung pada jenis tanamannya. Selulosa yang berasal dari tumbuhan tingkat tinggi merupakan campuran selulosa dengan hemiselulosa, lignin, dan polisakarida (George *et al.*, 2021). Selulosa merupakan polimer alami dan terdiri dari unit monomer glukosa yang dihubungkan bersama melalui hubungan glikosidik. Selulosa diekstraksi dari bentuk kristalnya dalam mikrofobil yang larut dalam pelarut seperti N-methylmorpholine N-oksida (Manali Shah *et al.*, 2021).

Selulosa tumbuhan bergabung dengan hemiselulosa dan lignin untuk membentuk struktur dinding sel (Biha *et al.*, 2021). Dengan sifatnya yang kaku dan kuat, selulosa cocok digunakan sebagai bahan baku bioplastik (Kalsum, Robiah and Yokasari, 2020). Selain itu, selulosa memiliki

sifat dapat terurai atau *biodegradable* dan banyak tersedia di alam dengan jumlah yang melimpah (Yuniastuti and Imam, 2021). Salah satu sifat lain dari selulosa yaitu termoplastik. Potensi selulosa sebagai bahan baku film kemasan terlihat dari kemampuan cetaknya yang baik. Biopolimer selulosa bersifat *biodegradable* sehingga mampu dihancurkan mikroorganisme menghasilkan komponen yang ramah lingkungan (Sholikhah, 2021). Struktur kimia selulosa tercantum pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Struktur Selulosa (Ningtyas, Muslihudin and Sari, 2020)

Selulosa sebagai pengisi bioplastik memberikan sifat tahan air, menghambat biodegradasi, dan meningkatkan kekuatan tarik (Huwaidi and Supriyo, 2022). Selulosa adalah polisakarida yang terdiri dari kesatuan anhidroglusa dengan rumus kimia $C_6H_{10}O_5$. Selulosa termasuk dalam kategori polimer yang terdiri dari molekul besar dengan unit penyusun berupa *selulobiosa*. Selulosa alami dapat diproses menjadi *regenerated cellulose* melalui pelarutan dan reaksi kimia yang menghasilkan produk selulosa murni. Selulosa murni dapat diproses lebih lanjut melalui reaksi

kimia untuk menghasilkan berbagai senyawa turunan yang berguna. Selulosa memiliki sifat higroskopis yang relative tinggi, dapat menyerap 8-14% air dalam keadaan udara 20° C dengan kelembapan 60% (Wahyusi, Moenandar and Utami, 2017).

Polimer yang terdiri dari molekul besar dengan unit penyusun berupa *selulobiosa*. Selulosa alami dapat diproses menjadi *regenerated cellulose* melalui pelarutan dan reaksi kimia yang menghasilkan produk selulosa murni. Selulosa murni dapat diproses lebih lanjut melalui reaksi kimia untuk menghasilkan berbagai senyawa turunan yang berguna. Selulosa memiliki sifat higroskopis yang relative tinggi, dapat menyerap 8-14% air dalam keadaan udara 20° C dengan kelembapan 60% (Wahyusi, Moenandar and Utami, 2017).

4. Mikroselulosa

Mikroselulosa merupakan selulosa berukuran mikro yang biasa digunakan sebagai pengisi dalam bioplastik. Sifat hidrofilik mikroselulosa dapat membatasi penerapannya di area tertentu pada bioplastik. Mikroselulosa memiliki kinerja yang sangat baik dalam pada sifat mekanik bioplastik termasuk kekuatan tarik dan perpanjangan putus. Sebagai bahan yang sangat baik, mikroselulosa dilaporkan memiliki karakteristik menarik seperti

keberlanjutan, biokompatibilitas, biodegradabilitas, tidak beracun, dan modifikasi permukaan yang mudah. Penambahan selulosa berukuran mikro pada matriks polimer dapat meningkatkan karakteristik fisik dan mekanik secara signifikan (Widia & Wathoni, 2017). Perbedaan ukuran partikel nano, mikro, dan makro dapat dilihat pada Tabel 2.2 (Effendi et al., 2015).

Tabel 2.2 Perbedaan Skala Nano, Mikro, dan Makro

Skala	Ukuran	Contoh
Nano	1-1000 nm	Nanopartikel, molekul
Mikro	1-1000 μm	Sel darah merah, partikel debu halus
Makro	>1000 μm	Meja, kursi, gelas

Partikel selulosa yang berukuran mikro akan memperbesar luas permukaannya yang berujung pada peningkatan kekuatan komposit. Penambahan mikroselulosa mampu memperbarui sifat mekanik, meningkatkan kemampuan penghalang, serta memperkuat interaksi dengan partikel lain sehingga memperbaiki kinerja material. Mikrofiber memiliki luas permukaan antarmuka yang besar sehingga ketika dikompositkan dan

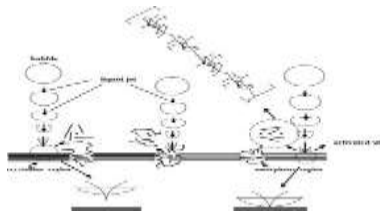
tersebar secara merata dapat mempengaruhi pergerakan molekul dan menghasilkan komposit yang memiliki fleksibilitas, kekakuan, dan ketahanan panas serta listrik yang baik (Maryam et al., 2019).

Mikroselulosa dapat disintesis dari berbagai limbah pertanian, seperti tongkol jagung, daun nanas, kulit kacang kedelai, Jerami gandum, dan ampas tebu. (Ningtyas, Muslihudin and Sari, 2020). Serat selulosa terdiri dari jutaan serat mikrofibril yang membentuk struktur kuat dan stabil. Serat mikrofibril terdiri dari dua bagian yang berbeda, yaitu daerah amorf dan daerah kristalin. Bagian amorf mikrofibril dapat larut dengan pemberian asam mineral. Struktur kristalin terbentuk dari rantai selulosa dengan ikatan kuat yang membentuk susunan linear kaku.

Bagian kristalin mikrofibril tidak dapat larut meskipun terkena asam mineral. Bagian kristalin yang diisolasi dapat digunakan untuk menghasilkan selulosa mikrokristal dengan kualitas tinggi. Bagian amorf dan kristal selulosa disusun secara berurutan sepanjang arah serat dan secara berurutan. Sedangkan bagian amorf memisahkan mikrofibril pada penampang melintang. Hampir tidak mungkin jika memecahkan bagian kristal selulosa karena kuatnya ikatan hidrogen antara gugus hidroksil dalam selulosa (Widia & Wathoni, 2017). Bagian

selulosa yang amorf relatif mudah untuk dipecah. Sehingga, ekstraksi nanoselulosa dari sumber daya alam meliputi pengolahan awal sumber daya alam dan pemecahan bagian amorf selulosa untuk mengekstrak mikroselulosa (Kim *et al.*, 2015). Mikroselulosa telah diakui sebagai penguat yang baik untuk meningkatkan kinerja polimer. Banyak penelitian yang telah membuktikan jika mikroselulosa dapat meningkatkan sifat mekanik, stabilitas termal, dan kinerja penghalang gas dari produk yang dihasilkan dengan transparansi tinggi yang tetap dipertahankan.

Teknik-teknik yang umum dipakai untuk menghasilkan mikroselulosa yakni hidrolisis asam, teknik ultrasonik, dan hidrolisis enzimatik (Rahmi *et al.*, 2020). Berikut mekanisme produksi mikroselulosa pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Mekanisme produksi nanoselulosa dengan ultrasonikasi (Rahmi *et al.*, 2020)

Ultrasonikasi adalah teknik yang menggunakan gelombang ultrasonik berfrekuensi tinggi (>20 kHz) untuk berbagai aplikasi. Salah satu aplikasi utama gelombang ultrasonik adalah menciptakan efek kavitasi akustik yang

bermanfaat dalam berbagai proses. Efek kavitasi akustik sering digunakan untuk menghasilkan partikel dengan ukuran nanometer. Ketika gelombang ultrasonik merambat dalam fluida, terjadi siklus kompresi dan refareksi yang berulang. Tekanan negatif selama regangan gelombang ultrasonik menyebabkan molekul fluida tertarik dan terbentuk rongga yang kemudian berkembang menjadi gelembung kavitasi yang menyerap energi ultrasonik. Besarnya energi yang dihasilkan selama kavitasi sebanding dengan jumlah gelembung yang pecah dan intensitasnya.

Semakin lama waktu sonikasi pada material selulosa, semakin besar tingkat destruksi yang terjadi akibat energi yang dilepaskan sehingga ukuran partikel semakin mengecil (Kurniawan *et al.*, 2012). Liu *et al.*, (2012) mengkombinasikan metode mekanik dan hidrolisis asam untuk mensintesis nanoselulosa. Semakin lama proses ultrasonikasi, ukuran mikroselulosa yang dihasilkan cenderung menurun. Proses ini melibatkan homogenisasi tekanan tinggi untuk memecah struktur selulosa menjadi partikel berukuran mikro. Proses enzimatis menggunakan enzim untuk menghidrolisis selulosa menjadi nanoselulosa. Enzim yang digunakan seperti selulase untuk memecah ikatan glikosidik dalam selulosa dan menghasilkan nanofibril atau kristal selulosa. Proses ini relatif lebih ramah

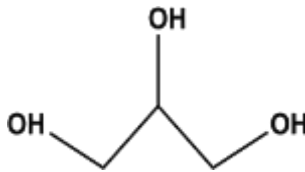
lingkungan dan menghindari penggunaan bahan kimia yang berbahaya.

5. Gliserol

Gliserol adalah alkohol terhidrik. Gliserol sering digunakan untuk *plasticizer* karena berat molekulnya yang rendah, sehingga dapat meningkatkan fleksibilitas film. Gliserol adalah alkohol terhidrik. Gliserol dapat menyerap kelembapan dari udara karena sifat higroskopisnya, membuatnya ideal digunakan sebagai humektan dalam pr. Gliserol meningkatkan karakteristik polaritas suatu material, sehingga memiliki kelarutan tinggi pada air (Muharam *et al.*, 2022).

Gliserol merupakan bahan pemlastis yang mereduksi dan membuat polimer lebih fleksibel. Gliserol dapat berfungsi sebagai bahan pemlastis karena dapat mencegah rekristalisasi pati dan menjaga lapisan film tetap fleksibel (Shanmathy, Mohanta and Thirugnanam, 2021). Bahan pemlastis ditambahkan ke bioplastik untuk mengurangi kerapuhan dan kekakuan, sekaligus meningkatkan fleksibilitas. Gliserol sering digunakan sebagai *plasticizer* karena sifatnya yang tidak beracun dan aman digunakan dalam produk makanan (Nasir and Othman, 2021). Penambahan gliserol sebagai *plasticizer* dapat memperbaiki kelemahan bioplastik berbahan pati dengan mengurangi

interaksi antarmolekul dan menaikkan fleksibilitas polimer. Disamping itu, penambahan *plasticizer* (pemlastis) menurunkan suhu transisi gelas dan meningkatkan fleksibilitas bioplastik berbasis pati (Abdullah, Putri and Sugandi, 2019). Struktur umum dari gliserol bisa dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Struktur Gliserol (Sholikhah *et al.*, 2021)

Adanya gugus hidroksil (OH) pada ujung molekul gliserol membuatnya sering digunakan sebagai *plasticizer* karena sifatnya yang hidrofilik. Gliserol juga dipilih sebagai *plasticizer* karena sifatnya yang ramah lingkungan dan tidak beracun, membuatnya aman digunakan dalam berbagai aplikasi. Penambahan gliserol dapat meningkatkan fleksibilitas dan kelembutan bioplastik (Haryati, Rini and Safitri, 2017). Gliserol lebih efektif melarutkan banyak zat dibandingkan dengan air atau alkohol. Sehingga, gliserol efektif sebagai pelarut. (Santoso, Ambalinggi and Niawanti, 2019).

Gliserol digunakan dalam berbagai bidang, seperti kosmetik (sebagai humektan, pelumas, dan pelarut), industri makanan (sebagai emulsifier dan penstabil),

farmasi (dalam antibiotik dan kapsul), dan lain-lain (Selpiana, Patricia and Anggraeni, 2016). Gliserol lebih menguntungkan daripada sorbitol karena dapat tercampur dengan baik dalam pembentukan film larutan dan larut dengan air. Sorbitol cenderung sulit untuk dicampur dan memiliki kecenderungan kristalisasi pada suhu ruang. (Muharam *et al.*, 2022).

6. Bioplastik

Bioplastik merupakan alternatif yang populer dan ramah lingkungan terhadap plastik yang disintesis secara konvensional karena terbuat dari bahan terbarukan (Penkhrue *et al.*, 2020). Bioplastik adalah polimer yang berasal dari mikroba atau sumber tumbuhan dan dapat terurai secara alami dalam kondisi lingkungan yang tepat (George *et al.*, 2021). Bioplastik dikenal sebagai polimer *biodegradable* yang berasal dari sumber biologis. Menurut Ramadhan and Handayani (2020) bioplastik dapat terdegradasi secara lingkungan oleh mikroorganisme dan air dalam tumpukan kompos. Berbagai riset telah mengembangkan teknologi memproduksi bioplastik dari bahan alami yang dapat terurai dengan cepat (Ihsan, 2023). Pembakaran plastik *biodegradable* tidak menghasilkan senyawa kimia berbahaya (Krisnadi, Handarni and Udyani, 2019). Komponen bioplastik umumnya terdiri dari bahan pati, selulosa, dan protein, di mana bahan tersebut

merupakan bahan yang mudah terurai dan dapat mengurangi emisi gas rumah kaca sehingga tidak akan menimbulkan potensi polusi (Kingsley *et al.*, 2020). Komposisi bioplastik dari yang berasal dari pati, selulosa, dan lignin memungkinkannya untuk didaur ulang (Wahyuningtyas and Suryanto, 2017).

Bioplastik terurai secara alami atau ketika distimulasi, terutama melalui aktivitas enzimatik mikroorganisme menjadi CO₂, H₂O, senyawa organik atau bioamassa. Terdapat empat persyaratan yang harus dipenuhi untuk memenuhi syarat sebagai polimer bioplastik:

a. Karakteristik Kimia

Bahan organik harus mencakup setidaknya 50 % dari komponen akhir.

b. Biodegradasi

Dalam kondisi yang mendukung pengomposan, polimer yang dikembangkan akan terdegradasi setidaknya 90 % dari berat atau volumenya dalam enam bulan

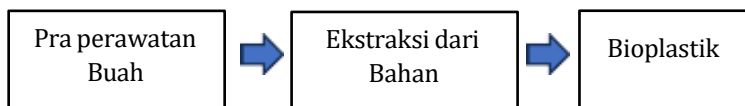
c. Disintegrasi

Dalam kondisi pengomposan yang terkendali, polimer berbasis bio setidaknya akan memecah komponen mikroskopis dan tidak terdeteksi (2 mm) dalam waktu dua bulan.

d. Etoksisitas

Setelah biodegradasi selama enam bulan, residu biopolimer yang tidak dapat terurai akan menimbulkan bahaya bagi pertumbuhan tanaman (Bandara *et al.*, 2023).

Bioplastik dapat dikategorikan menjadi polimer biodegradable berbasis minyak bumi (*fossil based*), sumber campuran (bio-petroleum), dan berbasis sumber daya terbarukan (Ramadhan and Handayani, 2020). Pembuatan bioplastik memiliki berbagai metode yang disesuaikan dengan bahan baku, sifat bioplastik, dan tujuan penggunaan produk. Proses pembuatan bioplastik biasanya dimulai dengan persiapan bahan baku, kemudian dilanjutkan dengan proses ekstraksi bahan. Pati dan selulosa adalah contoh bahan yang diekstraksi untuk pembuatan bioplastik. Gambaran secara umum pembuatan bioplastik menurut Ramadhan and Handayani (2020) terdapat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Proses umum pembuatan bioplastic

Tabel 2.3 Klasifikasi Bioplastik

Klasifikasi	Berbasis Bio	Berbasis Minyak Bumi
Dapat terurai secara hayati	Pati, Selulosa	Polikaprolakton, Polibutilen suksinat, Polibutilen adipat Tereftalat
Tidak dapat terurai secara hayati	Bio-polietilen Bio-polipropilen	PVC, Polietilen Polipropilena

Standar SNI bioplastik dapat ditunjukkan pada Tabel 2.3

Tabel 2.3 Standar SNI Bioplastik

Parameter	Standar SNI Bioplastik
Kuat tarik	Minimal 13,7 MPa (SNI 7818:2014)
Elongasi	400-1.120% (SNI 7818:2014)
Biodegradasi	90% maksimal 180 hari (SNI 7188-7:2022)

Bioplastik dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis, yaitu *photodegradable*, *compostable*, *bio-based*, dan *biodegradable*. Bioplastik *photodegradable* adalah jenis bioplastik yang dapat terurai ketika terkena sinar UV. Bioplastik *photodegradable* menggunakan aditif yang

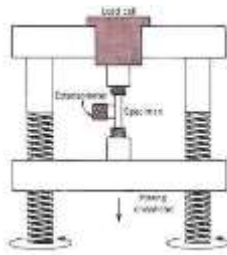
membuatnya dapat terurai ketika terkena sinar ultraviolet. Bioplastik *compostable* dapat terurai melalui proses pengomposan dan tidak berdampak negatif pada tanaman. Bioplastik *bio-based* terbuat dari bahan biologis terbarukan. Sedangkan bioplastik *biodegradable* dapat terurai secara alami oleh mikroorganisme menjadi karbondioksida dan air (Nurhaliza *et al.*, 2022).

Bioplastik berpotensi menjadi alternatif plastik konvensional yang lebih berkelanjutan dan meminimalkan penggunaan bahan bakar fosil. Pengembangan bioplastik sebagai kemasan pangan dapat menjadi solusi yang berkelanjutan dari segi lingkungan dan ekonomi (Faridah, 2022). Akan tetapi, harga plastik biodegradable lebih tinggi karena teknologi produksinya masih dalam perkembangan. Keterbatasan sumber bahan plastik konvensional dan meningkatnya permintaan produk ramah lingkungan membuka peluang besar untuk pengembangan bioplastik sebagai alternatif yang lebih berkelanjutan (Kamsiati, Herawati and Purwani, 2017).

7. Karakterisasi Bioplastik

a. Uji Kuat Tarik (*Tensile Strength*) dan Elongasi (*Elongation*)

Pengujian tarik dan elongasi dilakukan melalui alat UTM (Universal Testing Machine) yang menghasilkan sifat mekanik yang penting, termasuk tegangan atrik, modulus tarik, titik leleh, titik putus regangan, dan rasio *Poisson*. Pengujian UTM dilakukan dengan menjepit sampel pada kedua ujungnya untuk mengukur sifat mekanik material. Berikut sistem alat UTM dapat diperoleh pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Sistem Alat UTM (Jabbar, 2017)

Pengujian sampel pada UTM dilakukan dengan memutar handwheel secara manual hingga sampel terjepit dengan baik. Setelah sampel terpasang dengan baik, pengujian UTM dapat dimulai. UTM akan meregangkan sampel sampai patah untuk mengukur kekuatan tariknya (Jabbar, 2017). Kuat tarik adalah parameter kunci dalam menilai kekuatan *biodegradable*

film, di mana *biodegradable* film yang kuat dapat menjaga keamanan produk dalam kemasan dari gangguan fisik (Mandasari *et al.*, 2018). Uji kuat tarik mengukur kemampuan bioplastik menahan tarikan maksimum sebelum patah. Pengukuran kuat tarik menentukan gaya maksimal yang dapat diterima bahan sebelum putus. Penambahan *plasticizer* mengubah sifat mekanik dengan mengurangi gaya tarik antar molekul dalam polimer.

Uji tarik dilakukan dengan menarik sampel hingga mencapai titik patah. Dengan pengujian ini, dapat dilihat bagaimana material merespons terhadap gaya tarik bereaksi terhadap tarikan serta seberapa besar elongasi yang dapat dicapai. Dengan meregangkan bahan sampai patah, kita dapat melihat bagaimana bahan tersebut merespons tarikan dan seberapa besar elongasinya. Gaya tarik pada beban menyebabkan perubahan bentuk atau deformasi pada beban. Deformasi bahan uji terjadi karena pergeseran struktur kristal logam akibat pelemahan ikatan atom oleh gaya tarik maksimum (Widiastuti and Ari Marlina, 2022). Hasil uji kuat tarik ditampilkan di layar beserta grafik yang menunjukkan hubungan antara beban dan elongasi (Ofori *et al.*, 2020). Kekuatan tarik bioplastik dapat diukur dengan persamaan 2.1

$$\sigma = \frac{F_{maks}}{A} \quad (2.1)$$

Dengan σ adalah kuat tarik (N/m²), F_{maks} adalah gaya maksimum (N) dan A adalah luas penampang (m²). Elongasi adalah pengukuran pemanjangan material saat diuji tarik, dengan satuan milimeter. Pengujian ini mengikuti standar ASTM D638-a. Nilai elongasi (%) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.2.

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\% \quad (2.2)$$

Pada rumus ini, ε melambangkan elongasi (%), ΔL adalah pertambahan panjang (mm). L_0 adalah panjang mula-mula (mm) (Weihsan, Zulkarnain and Lizawati, 2020). Elongasi adalah persentase peningkatan panjang maksimum film saat diberi gaya tarik hingga putus dibandingkan dengan panjang awalnya. Jenis *plasticizer* yang dipilih berdampak signifikan pada nilai kuat tarik suatu material. Pemanjangan bahan menunjukkan seberapa elastis material tersebut (Unsa and Paramastri, 2018). Perubahan sifat mekanik bioplastik yang diperkuat kitosan terjadi karena jumlah penguat yang digunakan mempengaruhi hasilnya. Peningkatan konsentrasi penguat meningkatkan kuat tarik, namun menurunkan nilai elongasi material.

b. Uji Biodegradasi

Biodegradabilitas adalah dekomposisi alami senyawa organik menjadi molekul sederhana dan membantu mengembalikan komponen-komponen alami ke siklus alam. Biodegradabilitas bioplastik menunjukkan kemampuannya untuk terurai secara alami ketika terpapar mikroorganisme (Muharam *et al.*, 2022). Uji biodegradasi bertujuan untuk menentukan waktu yang diperlukan plastik untuk terurai sepenuhnya di lingkungan. Uji biodegradasi adalah pengujian penting dalam penelitian bioplastik untuk menentukan kemampuan degradasi material. Uji degradasi bioplastik digunakan untuk mengukur tingkat penguraian material plastik. Waktu penguraian dihitung melalui pemantauan berkala selama beberapa hari untuk memonitor progresnya. Penguraian sampel bioplastik dapat diketahui menggunakan persamaan 2.3.

$$\text{Biodegradability} = \frac{\text{Berat awal} - \text{Berat akhir}}{\text{Berat akhir}} \times 100 \% \quad (2.3)$$

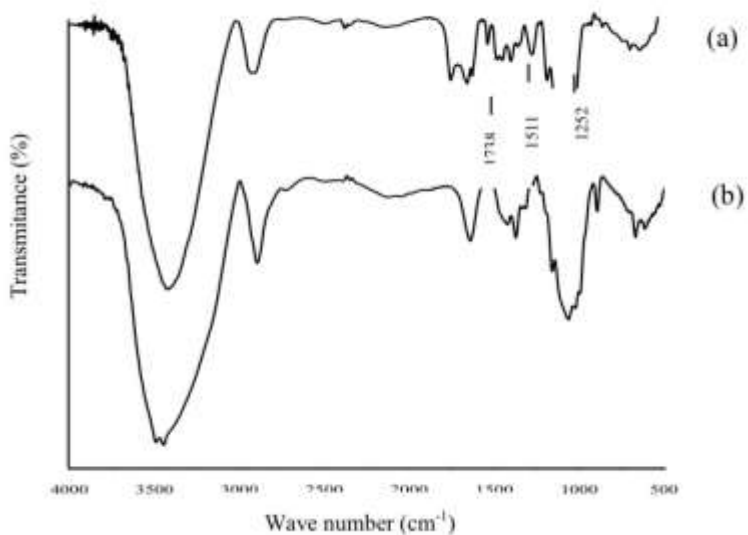
Bioplastik yang terdegradasi dengan baik oleh mikroorganisme dapat dikategorikan sebagai bahan ramah lingkungan. Bioplastik dapat terdegradasi dengan mudah karena tersusun dari bahan-bahan alami dan berperan penting dalam meningkatkan kemampuan degradasi bioplastik (Afif, Wijayati and Mursiti, 2018).

Uji biodegradasi dalam penelitian ini dilakukan melalui metode penguburan tanah. Metode ini menggunakan tanah sebagai media untuk mengamati penurunan massa sampel akibat biodegradasi. Parameter yang diamati adalah penurunan massa sampel yang dikubur dalam tanah selama 7 hari. Perubahan massa sampel diukur melalui uji biodegradasi dengan penimbangan sebelum dan sesudah penguraian. Penurunan massa yang signifikan menunjukkan bahwa sampel lebih mudah terurai (Zhu *et al.*, 2013).

c. Analisis FTIR

FT-IR digunakan untuk menentukan struktur kimia sampel melalui identifikasi gugus fungsi. Spektroskopi IR bekerja berdasarkan interaksi antara radiasi inframerah dan getaran molekul. Spektroskopi FTIR merupakan spektroskopi inframerah yang dilengkapi dengan transformasi *Fourier* untuk deteksi dan analisis hasil spektrumnya. Skema alat spektrofotometer inframerah dapat dilihat pada Gambar 2.8

Selanjutnya, detektor mengukur sinyal interferogram khusus dalam energi versus waktu untuk semua frekuensi secara bersamaan. Sementara itu, balok ditumpangkan untuk memberikan referensi (latar belakang) untuk pengoperasian instrumen (Tan et al., 2022). Interaksi terjadi antara energi dan materi. Contoh hasil FT-IR dari penelitian yang dilakukan oleh (Wulandari, Rochliadi and Arcana, 2016) pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Spektrum FTIR (a) ampas tebu dan (b) selulosa

Spektroskopi FT-IR digunakan untuk menunjukkan bahwa lignin dan hemiselulosa telah dihilangkan selama proses isolasi melalui analisis gugus fungsinya. Berdasarkan spektrum FTIR, terdapat beberapa puncak pada ampas tebu yang tidak terdapat pada spektrum selulosa. Puncaknya sekitar 1252 cm^{-1} , 1511 cm^{-1} dan 1738 cm^{-1} . Puncak serapannya 1252 cm^{-1} berasal dari vibrasi ulur CO gugus aril pada lignin. Puncaknya pada 1511 cm^{-1} . Hal ini disebabkan oleh getaran regangan C=C dari cincin aromatik pada lignin. Getaran ulur C=O gugus karboksilat hemiselulosa dan lignin sekitar 1738 cm^{-1} . Berikut hasil FTIR Bioplastik ditunjukkan pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Hasil FT-IR Bioplastik Selulosa-Kitosan-Gliserol (Yustinah *et al.*, 2023)

Hasil analisis FT-IR pada bioplastik selulosa-kitosan-gliserol menunjukkan adanya beberapa puncak serapan yang muncul. Adanya banyak puncak pada spektrum FT-IR menunjukkan bahwa bioplastik mengandung berbagai jenis gugus fungsi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bioplastik mengandung gugus O-H yang terkait dengan alkohol dan fenol, ditandai pada puncak vibrasi pada bilangan gelombang 3268,250. Gugus alkana (C-H) teridentifikasi melalui puncak pada bilangan gelombang 2941,527; 2884,403; 1457,651 dan 1411,680 cm. Gugus alkena (C=C) terdeteksi pada bilangan gelombang 1638,818.

Bilangan gelombang 1237,389 cm^{-1} menunjukkan keberadaan gugus amina dan amida. Bilangan gelombang 1154,537; 1104,854 dan 1030,736 cm^{-1} menunjukkan keberadaan gugus fungsi C-O dari senyawa ester, eter, alkohol, dan asam karboksilat. Gugus C-H pada alkena C=C juga teridentifikasi pada bilangan gelombang 993,944 dan 922,699 cm^{-1} . Puncak pada bilangan gelombang 850,255 menandakan keberadaan ikatan C-H pada cincin aromatik (Yustinah *et al.*, 2023).

d. Uji Daya Serap Air

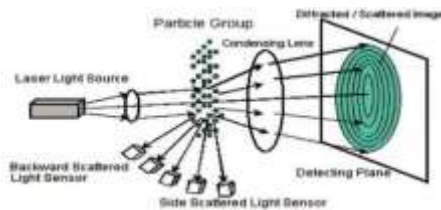
Uji daya serap air adalah indikator yang menunjukkan kemampuan fungsional bioplastik dalam menahan air tanpa kehilangan kualitas (Syifa Nurhaliza *et al.*, 2022). Persen penyerapan air pada plastik dapat dihitung dengan persamaan 2.4

$$\text{Daya serap air} = \frac{W - W_0}{W_0} \times 100 \% \quad (2.4)$$

W_0 adalah berat uji mula-mula (g), dan W adalah berat uji setelah perendaman (g). Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui efektivitas plastik sebagai pelindung produk dari kelembapan. Plastik yang menyerap banyak air memiliki kemampuan lebih rendah untuk menjaga kualitas produk karena produk lebih rentan terhadap air. Pengujian daya serap air bertujuan memastikan kekuatan ikatan polimer dengan menilai perubahan massa setelah pemuatan (Saputra and Supriyo, 2020). Jumlah gliserol yang ditambahkan sebagai plasticizer mempengaruhi daya serap air bioplastik, karena gliserol mudah larut dalam air. Daya serap bioplastik yang tinggi menunjukkan semakin rendah tingkat ketahanannya (Muharam *et al.*, 2022)

e. *Particle Size Analyzer (PSA)*

Particle size analyzer adalah alat untuk menganalisis ukuran partikel dan molekul pada larutan. PSA bekerja berdasarkan prinsip dynamic light scattering (DLS) atau hamburan cahaya dinamis (Windy *et al.*, 2022). Penghamburan cahaya oleh partikel mengakibatkan intensitas cahaya yang diteruskan menurun. Cahaya yang terhambur pada rentang cahaya tampak kemudian dideteksi untuk mendapatkan informasi ukuran partikel. Berikut prinsip kerja alat PSA pada Gambar 2.11.



Gambar 2.11 Prinsip Kerja Alat Particle Size Analyzer
(Mochamad *et al.*, 2020)

Analisis ukuran partikel menggunakan PSA umumnya dengan metode basah. Metode basah dianggap memberikan hasil yang lebih presisi daripada metode kering atau ayakan dalam pengukuran partikel. Dengan metode basah partikel tetap terdispersi secara merata dalam larutan, sehingga ukuran partikel yang terdeteksi

adalah ukuran sebenarnya dari partikel tunggal (Mochamad *et al.*, 2020).

B. Kajian Pustaka

Penelitian Biha *et al.* (2021) menunjukkan bahwa bioplastik berpotensi mengelola dan mengurangi efek pencemaran lingkungan yang diakibatkan oleh plastik. Bioplastik dapat terdegradasi dan memiliki fungsi yang mirip dengan plastik konvensional, serta dapat diproduksi dari bahan-bahan alami seperti pati dan kitosan. Hilwatullisan & Hamid (2019) melakukan penelitian tentang pengaruh kitosan dan gliserol sebagai *plasticizer* dalam pembuatan bioplastik pati talas yang menunjukkan peningkatan konsentrasi kitosan meningkatkan jumlah ikatan hidrogen dan sifat plastik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposisi optimum bioplastik diperoleh dengan penambahan 1 gram kitosan lebih baik daripada 0,5 gram. Kitosan yang ditambahkan dalam jumlah lebih besar akan memperkuat ikatan kimia, sehingga ikatan tersebut menjadi lebih stabil dan sulit untuk dipecah.

Selpiana, Patricia & Anggraeni (2016) melakukan penelitian tentang efek kitosan dan gliserol dalam pengembangan bioplastik berbasis ampas tebu menyebutkan bahwa semakin tinggi konsentrasi gliserol yang ditambahkan, maka bioplastik akan memiliki elongasi yang lebih besar dan degradasi yang meningkat. Hasil optimum untuk peningkatan

elongasi diperoleh pada sampel dengan 3 gram kitosan dan 3 ml gliserol yang memiliki elongasi 11,95 % dan kuat tarik 80.000 kg/cm². Wiyarsi & Erfan (2012) melakukan penelitian tentang bagaimana variasi gliserol mempengaruhi karakteristik biodegradasi dan penyerapan air pada bioplastik yang terbuat dari serbuk tongkol jagung. Hasil pengujian biodegradasi menunjukkan bahwa penambahan gliserol yang lebih banyak sebagai plasticizer dapat mempercepat waktu degradasi bioplastik.

Penelitian oleh Sitorus *et al.* (2023) menunjukkan bahwa penambahan mikroselulosa dapat meningkatkan kuat tarik plastik *biodegradable* hingga 8 MPa. Penambahan mikroselulosa dalam proses pembuatan bioplasti dapat meningkatkan kekuatan tarik bioplastik yang dihasilkan secara signifikan. Penelitian Kuswariyah *et al.* (2023) menunjukkan bahwa mikroselulosa memiliki efek signifikan terhadap karakteristik sifat bioplastik seperti kadar air (mikroselulosa 12%; 58%), kuat tarik (mikroselulosa 12 %; 8 MPa), elongasi (mikroselulosa 12 %; 10,2 %), dan biodegradasi (mikroselulosa 12 %; 82%) selama delapan minggu. Ampas tebu yang mengandung selulosa sebesar 40-45% digunakan sebagai bahan dasar dalam penelitian ini (Huwaidi and Supriyo 2022). Sulityo & Ismiyati (2012) telah melakukan penelitian mengenai sintesis bioplastik dari pati singkong dan selulosa

rumput laut yang menunjukkan bahwa selulosa dengan konsentrasi 20% menghasilkan bioplastik optimum dengan kuat tarik 10 MPa, elongasi 27,91%, dan daya serap air 33%. Penambahan selulosa mampu meningkatkan kuat tarik dari bioplastik pati singkong karena terjadi ikatan hidrogen antara pati dan selulosa sehingga dapat membuat bioplastik menjadi lebih kuat.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya bioplastik kitosan gliserol dapat dihasilkan dengan penambahan gliserol sebagai *plasticizer*. Dengan penambahan gliserol, diharapkan bioplastik dapat memiliki elongasi yang lebih baik. Kebaruan penelitian ini adalah penggunaan mikroselulosa dari ampas tebu untuk memperkuat bioplastik kitosan-gliserol. Penambahan mikroselulosa pada bioplastik diharapkan dapat meningkatkan nilai kuat tarik bioplastik yang dihasilkan.

C. Hipotesis

Kitosan dapat menjadi bahan dasar yang efektif untuk bioplastik karena memiliki sifat mekanik yang kuat dan mudah terdegradasi oleh mikroorganisme namun memiliki elongasi yang rendah. Gliserol ditambahkan sebagai *plasticizer* untuk menaikkan nilai elongasi bioplastik. Penambahan mikroselulosa dari ampas tebu memperkuat bioplastik yang dihasilkan dan meningkatkan kekuatan tarik bioplastik. Jika

bioplastik terbuat dari pati yang ditambahkan mikroselulosa memiliki kuat tarik besar dan daya serap air kecil, maka bioplastik yang terbuat dari kitosan dan mikroselulosa juga akan memiliki kuat tarik tinggi dan daya serap air kecil. Hal ini disebabkan karena kitosan memiliki gugus fungsi O-H yang sama dengan pati, sehingga kitosan dapat membentuk ikatan hidrogen dengan mikroselulosa. Penambahan mikroselulosa pada bioplastik berbahan kitosan-gliserol diharapkan dapat memperkuat sifat mekanik bioplastik.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari 2025 hingga Mei 2025 di Laboratorium Kimia dan Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang. Uji kekuatan mekanik menggunakan UTM dilakukan di Laboratorium Terpadu, Universitas Diponegoro. Adapun uji PSA dilakukan di Pusat Penelitian Nanosains dan Nanoteknologi (PPNN) Institut Teknologi Bandung.

B. Alat dan Bahan

1. Alat

Peralatan yang dipakai dalam penelitian ini antara lain serangkaian alat gelas pyrex yaitu batang pengaduk, spatula, termometer, pipet tetes, kaca arloji, corong kaca, gelas kimia, gelas ukur, erlenmeyer, *blender*, pengaduk magnet, cawan porselen, alat penggerus (lumpang dan mortar), termometer alkohol, ayakan ukuran 80 mesh, oven (*Memmert*), neraca analitik, *magnetic stirrer (Dlab MS7-H550-S)*, cawan petri, *sentrifuge (Scilogex)*, desikator, sonikator (*LUHS-A10*), alat analisis seperti *Fourier Transform Infrared (FTIR, Alpha II Bruker)*, *Particle Size Analyzer (PSA, Horiba SZ-*

100), *Universal Testing Machine* (UTM, Brookfield CT 3 4500).

2. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain ampas tebu, tanah kompos, kertas pH universal, kertas saring, aquades, natrium hidroksida (NaOH, Merck, p.a), hidrogen peroksida (H_2O_2 , Merck, p.a), asam asetat (CH_3COOH , Merck, p.a), natrium hipoklorit (NaOCl, Merck, p.a), kitosan, dan gliserol.

C. Prosedur Kerja

1. Isolasi Selulosa (Wulandari, Rochliadi and Arcana, 2016)

Proses isolasi selulosa dari ampas tebu dimulai dengan membersihkan ampas tebu menggunakan air untuk menghilangkan kotoran. Setelah itu ampas tebu dikeringkan dengan sinar matahari kemudian dipotong kecil-kecil. Ampas tebu yang telah dipotong digiling hingga menjadi bubuk. Kemudian diayak menggunakan ayakan 80 mesh. Tahap selanjutnya adalah ekstraksi. Ekstraksi ampas tebu dilakukan dalam dua tahap, yaitu delignifikasi dan *bleaching*. Delignifikasi bertujuan untuk memisahkan selulosa dari zat-zat lain yang tidak

diinginkan dalam ampas tebu. Proses delignifikasi dilakukan dengan menambahkan 80 mL larutan NaOH 10 % ke dalam 50 gram ampas tebu sampai ampas tebu terendam sepenuhnya. Campuran kemudian dipanaskan di *hotplate* pada suhu 100° C selama 2 jam dengan pengadukan 200 rpm.

Pulp yang dihasilkan kemudian dipisahkan menggunakan penyaring vakum. Setelah itu, *pulp* yang telah dipisahkan disaring dengan penyaring vakum dan dibilas dengan aquades. *Pulp* hasil delignifikasi kemudian dilarutkan dalam 1 L larutan H₂O₂ 2%. Selanjutnya, 125 mL NaOCl 5% ditambahkan ke dalam campuran. Larutan kemudian dipanaskan selama 2 jam pada suhu 60° C menggunakan *hotplate*. Kemudian, residu disaring menggunakan penyaring vakum dan dicuci dengan aquadest. Residu yang telah disaring kemudian dioven pada suhu 105° C selama 1 jam. Setelah 1 jam, selulosa diblender dan diayak dengan ayakan berukuran 30 mesh.

2. Preparasi Mikroselulosa dengan Ultrasonikasi (Fitriana *et al.*, 2018)

Serbuk selulosa dimasukkan ke dalam *beaker*

glass 250 mL dan ditambahkan 100 mL akuades. Lalu, dilakukan proses ultrasonikasi menggunakan gelombang ultrasonik selama 3 jam. Mikroselulosa kemudian dipisahkan dari akuades menggunakan *sentrifuge* selama 10 menit dengan kecepatan 3.000 rpm. Selanjutnya pengeringan dilakukan dengan menggunakan oven pada suhu 60° C. Mikroselulosa hasil sintesis dikarakterisasi dengan menggunakan FTIR dan PSA.

3. Bioplastik Kitosan-Gliserol (Nanda and Azizati, 2018)

Larutan kitosan dibuat dengan menimbang 1,5 gram kitosan menggunakan neraca analitik. Kitosan yang telah ditimbang dilarutkan dalam 80 mL asam asetat 2 % dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* pada suhu 60° C selama 60 menit. Kemudian 1 mL gliserol ditambahkan ke dalam campuran dan diaduk dengan *magnetic stirrer* selama 15 menit pada suhu 60° C hingga homogen. Sampel dicetak dalam cetakan plastik dengan ukuran 17,5x10x2 cm dan di oven pada suhu 60° C selama 3 jam. Kemudian cetakan dikeluarkan dari oven. Bioplastik dihasilkan kemudian dikelupas dan diuji dengan FTIR, serta dilakukan uji daya serap air, kekuatan mekanik, dan biodegradasi.

4. Pembuatan Bioplastik Kitosan-Glisерol Mikroselulosa (Nurhabibah & Kusumaningrum, 2021)

Larutan kitosan dibuat dengan menimbang 1,5 gram kitosan menggunakan neraca analitik. Kitosan yang telah ditimbang kemudian dilarutkan dalam 80 mL asam asetat 2 % dan diaduk dengan menggunakan *magnetic stirrer* pada suhu 60° C selama 60 menit. Kemudian 1 mL gliserol ditambahkan ke dalam campuran dan diaduk dengan magnetic stirrer selama 15 menit pada suhu 60° C hingga homogen. Mikroselulosa dengan variasi berat 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 gram masing-masing dicampurkan dengan aquades hingga mencapai 40 gram. Larutan kemudian dicampurkan dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* pada suhu 80° C selama 60 menit. Selanjutnya, larutan yang dihasilkan dicetak dan dikeringkan dalam oven pada suhu 60° C. Bioplastik yang dihasilkan kemudian dilakukan analisis FTIR, uji daya serap air, uji kekuatan mekanik, serta biodegradasi.

5. Uji Biodegradasi (Amalia, Kumara and Putri, 2019)

Pengujian biodegradasi sampel dilakukan dengan penanaman di tanah kompos. Pengujian dilakukan dengan cara menimbang sampel yang telah dipotong dengan ukuran 2x3 cm. Sampel dikubur dalam tanah kompos 100 g tanah kompos di dalam botol plastik bening dengan kedalaman yang konsisten dan diamati beberapa

hari. Penimbangan sampel dilakukan setiap hari hingga sampel terdegradasi sepenuhnya dalam tanah kompos. Proses pengujian dilakukan *duplo* untuk memastikan hasil yang akurat.

6. Analisis Gugus Fungsi FTIR (Ambarwati and Rustiani, 2022)

Uji FTIR bertujuan untuk menganalisis perubahan gugus fungsi dari bioplastik yang terbentuk. Analisis FTIR akan menampilkan spektrum inframerah dari mikroselulosa ampas tebu, bioplastik kitosan-gliserol dan bioplastik mikroselulosa ampas tebu-kitosan-gliserol. Sampel bentuk lapisan tipis ditempatkan pada *holder* sampel, kemudian diukur spektrum gugus selulosa pada rentang bilangan gelombang 4000 cm^{-1} - 400 cm^{-1}

7. Uji Kekuatan Mekanik (Lailyningtyas, lutfi and Ahmad, 2020)

a. Uji Elongasi

Uji elongasi dilakukan menggunakan alat Tension testing. Sampel dipotong dengan ukuran 7×3 cm dan tebal ≤ 7 mm, lalu dijepit 1,5 cm pada kedua sisi panjangnya. Indikator ekstensi (*extensometer*) dan *strain gauge* melintang dipasang pada sampel untuk pengukuran yang akurat. Selanjutnya, alat dijalankan

hingga bioplastik putus dan panjang akhir sampel dicatat.

b. Uji Kuat Tarik

Uji kuat tarik dilakukan dengan memanfaatkan alat Tension testing. Sampel dipotong menjadi ukuran 7x3 cm dengan ketebalan ≤ 7 mm, lalu dijepit 1,5 cm pada kedua sisi panjang sampel. Sampel ditempatkan secara vertikal ke atas pada alat analisa sambil diamati luas permukaanya. Kemudian, alat dijalankan dan besar gaya tekan pada bioplastik dicatat.

8. Uji Daya Serap Air (Kesumaningwati, 2018)

Bioplastik dipotong menjadi bentuk sampel dengan ukuran 2x2 cm. Selanjutnya, sampel dipotong dan ditimbang sebagai massa awal (W_0). Sampel direndam dalam aquades selama 10 detik kemudian diambil dan ditempatkan di kertas saring. Massa bioplastik (W) diukur Kembali setelah proses pengujian. Pengukuran diulang sebanyak 2 kali (*duplo*) untuk memastikan akurasi data.

9. Karakterisasi Distribusi Ukuran Partikel (Mochamad et al., 2020)

Ukuran partikel mikroselulosa ditentukan menggunakan alat PSA (*particle size analyzer*). Alat PSA

diaktifkan dengan pemanasan selama 20 menit sebelum digunakan untuk analisis. Selanjutnya, perangkat komputer dan alat dihidupkan untuk memulai analisis. Sampel dimasukkan ke dalam dispersan aquades pH 7, lalu dipindahkan ke dalam kuvet. Kuvet kemudian disinari sinar tampak difraksi yang dapat diukur. Ukuran partikel ditentukan dengan memanfaatkan fenomena penghamburan cahaya tampak. Hasil pengukuran ukuran partikel akan muncul di panel display dalam bentuk grafik.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan diuraikan hasil penelitian dan pembahasan tentang pengaruh variasi konsentrasi mikroselulosa ampas tebu pada bioplastik kitosan-gliseryl.

A. Ekstraksi dan Karakterisasi Mikroselulosa

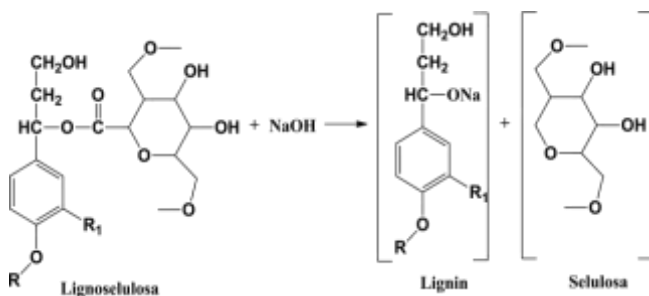
1. Ekstraksi

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, sampel diperoleh dari limbah penjual es tebu di Kecamatan Jakenan, Kabupaten Pati, Jawa Tengah. Preparasi dimulai dengan pemotongan ampas tebu menjadi kecil-kecil dan dikeringkan dengan sinar matahari untuk menghilangkan kandungan airnya. Ampas tebu yang sudah kering kemudian diblender sampai halus dan setelah itu diayak dengan ayakan 60 mesh. Preparasi ini bertujuan untuk mengecilkan ukuran partikel, meningkatkan luas permukaan, dan memutus ikatan kimia dalam rantai molekul yang kompleks.

Proses sintesis mikroselulosa pada penelitian ini melibatkan dua tahap utama, yaitu ekstraksi dan ultrasonikasi. Ekstraksi dalam penelitian ini dilakukan melalui dua tahapan, yaitu delignifikasi dan *bleaching*. Delignifikasi bertujuan untuk menghilangkan lignin dan hemiselulosa yang menyelimuti selulosa, sehingga struktur

selulosa dapat diisolasi. Lignin dihilangkan dalam sintesis selulosa untuk mencegah terbentuknya senyawa kuinon berwarna coklat akibat oksidasi struktur aromatiknya (Nawangsari et al., 2019).

Delignifikasi dilakukan dengan penambahan NaOH 10% yang dilakukan pada suhu 105° C dengan pengadukan untuk memastikan proses yang merata. Proses ini menggunakan metode alkalinasi yang dilakukan dengan melarutkan serbuk ampas tebu dalam NaOH. Larutan NaOH digunakan dalam delignifikasi karena mampu merusak ikatan eter yang mengikat lignin dan selulosa. Hal ini menyebabkan hemiselulosa yang terikat lignin menjadi bebas dan sebagian besar larut dalam NaOH. Proses ini menghasilkan bubur selulosa atau pulp, dimana α -selulosa terpisah sebagai residu. Mekanisme degradasi lignin dan selulosa menggunakan NaOH bisa dilihat pada Gambar 4.1



Gambar 4.1 Reaksi pemutusan ikatan antara lignin dan selulosa oleh NaOH (Lestari et al., 2018)

Struktur lignin pada bagian amorf maupun kristalin dapat dirusak oleh larutan NaOH. Ion OH^- dari NaOH akan memutus ikatan dalam struktur dasar lignin, sedangkan ion Na^+ akan berikatan dengan lignin membentuk senyawa natrium fenolat yang mudah larut. Gugus hidroksil fenolat lignin yang terionisasi membentuk garam polar, sehingga lignin menjadi lebih larut dalam air. Proses delignifikasi disaring untuk memisahkan selulosa dengan pelarutnya (Pratiwi et al., 2016).

Proses delignifikasi menghasilkan *pulp* berwarna coklat. Hal ini menunjukkan bahwa proses delignifikasi masih mengandung pigmen dan sisa lignin yang terikat pada selulosa. Sehingga, diperlukan proses pemutihan (*bleaching*) untuk mendegradasi sisa lignin yang masih tersisa pada tahap delignifikasi (Julianto et al., 2017). Tujuan *bleaching* adalah menghilangkan lignin yang tersisa dalam pulp. *Bleaching* menggunakan larutan H_2O_2 dan NaOCl dengan suhu 60°C selama 2 jam untuk menghasilkan pulp yang lebih bersih. Penggunaan larutan H_2O_2 dan NaOCl dalam proses *bleaching* untuk memecah ikatan kimia dalam lignin dengan mengubahnya menjadi zat yang lebih mudah larut dan dapat dihilangkan. Dengan menggunakan larutan H_2O_2 dan NaOCl akan menghasilkan selulosa yang lebih murni. Penggunaan waktu 2 jam dipilih karena kondisinya paling optimum. Jika *bleaching* berlangsung kurang dari 1,5

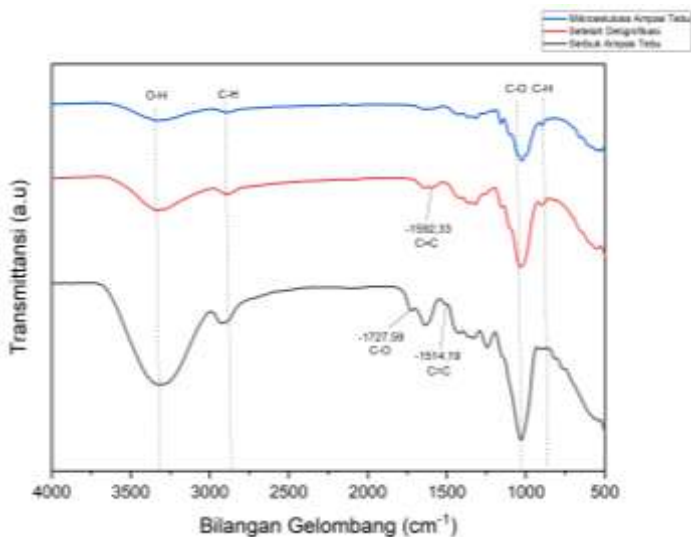
jam kecerahan selulosa rendah (Aditama & Ardhyanta, 2017). Pada saat pemanasan, *pulp* yang semula berwarna coklat kemudian perlahan menjadi putih. Larutan disaring dan residu dibilas menggunakan aquades untuk membersihkan kotoran yang menempel. Kemudian *pulp* dikeringkan dalam oven pada suhu 60° untuk mendapatkan serbuk selulosa berwarna putih.

Setelah proses ekstraksi, langkah selanjutnya adalah ultrasonikasi. Ultrasonikasi merupakan suatu proses pemanfaatan gelombang ultrasonik yang bertujuan untuk memecah partikel atau struktur sel. Ultrasonikasi mendisintegrasi partikel selulosa menjadi partikel mikroselulosa. Metode ultrasonikasi bekerja berdasarkan prinsip kavitasi akustik yang terjadi ketika getaran suara merambat dalam cairan. Proses ultrasonikasi berlangsung selama 3 jam dengan menggunakan air sebagai media. Sampel dikeringkan menggunakan oven pada suhu 60° C untuk menghasilkan serbuk mikroselulosa dan didapatkan mikroselulosa berwarna putih cerah. Hal ini telah sesuai dengan literatur bahwa produk mikroselulosa yang baik memiliki warna yang putih (Nawangsari et al., 2019).

2. Karakterisasi FTIR Mikroselulosa

2.1 FTIR

Mikroselulosa hasil penelitian kemudian dikarakterisasi dengan spektroskopi FTIR. Hasil analisis spektrum serbuk ampas tebu, setelah delignifikasi, dan mikroselulosa disajikan dalam Gambar 4.2 dan Tabel 4.1



Gambar 4.2 Spektrum FTIR (a) Serbuk Ampas Tebu, (b) Setelah delignifikasi, (c) Mikroselulosa Ampas Tebu

Berdasarkan hasil spektrum pada Gambar 4.2 menunjukkan bahwa ampas tebu tanpa perlakuan, setelah delignifikasi, dan mikroselulosa ampas tebu

memiliki beragam gugus fungsi yang dapat tercantum dalam Tabel 4.1

Tabel 4.1 Perbandingan Hasil Analisis FTIR (a) Serbuk Ampas Tebu (b) Setelah Delignifikasi (c) Mikroselulosa Ampas Tebu(Aries et al., 2024)

Gugus Fungsi	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)			
	a	b	c	literatur (Widiyanti, 2019)
O-H	3332,25	3340,31	3330,13	3750-3000
C-H (ulur)	2924,03	2890,00	2886,85	3000-2700
C=O	1727,59	-	-	1780-1640
C=C	1514,19	1592,33	-	1600-1430
CH ₂	1329,55	1315,76	1315,13	1300-1000
C-O	1028,98	1030	1028	1150-890
C-H(tekuk)	896,67	897,23	897,91	800-900

Berdasarkan Gambar 4.2 dan Tabel 4.1 menunjukkan bahwa hasil dari tiap tahapan ekstraksi menunjukkan kemunculan puncak-puncak serupa, namun terdapat pergeseran bilangan gelombang dan perbedaan intensitas yang kecil. Seluruh spektrum menampilkan pita lebar dalam kisaran 3400 hingga 3330 cm⁻¹ yang berasal dari peregangan gugus-gugus OH (*stretching*) senyawa fenolik ikatan hidrogen. Semua spektrum juga memperlihatkan karakteristik getaran ulur C-H yang merupakan bagian utama dari

struktur selulosa pada sekitar 2900 cm^{-1} . Adanya puncak pada $1028\text{--}1030\text{ cm}^{-1}$ memperlihatkan gugus C-O glikosida (*bending*) yang berperan dalam struktur selulosa. Ditemukannya gugus fungsi O-H, C-H, C-O glikosidik dalam analisis menunjukkan bahwa senyawa yang diidentifikasi adalah selulosa karena gugus-gugus tersebut merupakan komponen utama penyusun selulosa. Bilangan serapan 897 cm^{-1} menunjukkan adanya β – glukosa yang merupakan komponen utama pembentuk rantai panjang selulosa.

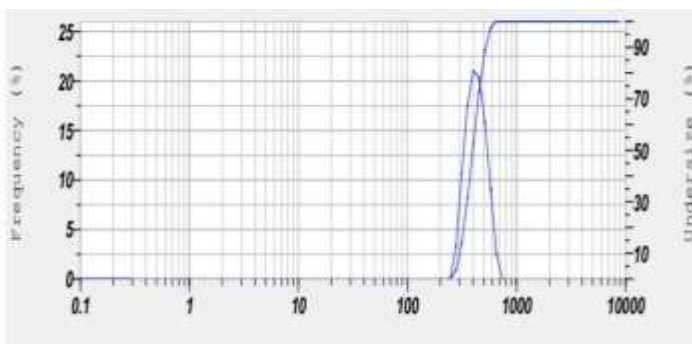
Puncak $1727,59\text{ cm}^{-1}$ terlihat adanya serapan yang menunjukkan gugus asetil ester dan gugus karbonil dari hemiselulosa dan lignin pada ampas tebu. Hemiselulosa menunjukkan peregangan gugus C=O pada sekitar bilangan gelombang 1740 cm^{-1} . Puncak tersebut hilang setelah dilakukan perlakuan delignifikasi. Hal tersebut memperlihatkan bahwa kemampuan delignifikasi dalam menghapus hemiselulosa. Puncak serapan pada $1514,19\text{ cm}^{-1}$ dan $1592,33\text{ cm}^{-1}$ terlihat pada serbuk ampas tebu tanpa perlakuan maupun delignifikasi yang menunjukkan adanya gugus C=C aromatik sebagai peregangan aromatik lignin. Berdasarkan literatur, lignin ditandai oleh keberadaan gugus C=C aromatik pada rentang bilangan gelombang $1600\text{--}1430\text{ cm}^{-1}$. Puncak tersebut

menghilang setelah *bleaching*, sehingga perlakuan *bleaching* berhasil mendegradasi lignin.

Sehingga dari data FTIR penelitian yang telah didapat, mikroselulosa yang disintesis sudah tidak terdapat senyawa lignin dan hemiselulosa. Hal ini telah sesuai dengan literatur jika perlakuan alkali dan ultrasonikasi dapat menghilangkan senyawa lignin, hemiselulosa, dan zat pengotor lain dari serat alam (Rahmi et al., 2020).

2.2 Particle Size Analyzer (PSA)

Particle Size Analyzer (PSA) digunakan untuk menganalisis distribusi ukuran partikel mikroselulosa yang dihasilkan dari ampas tebu.



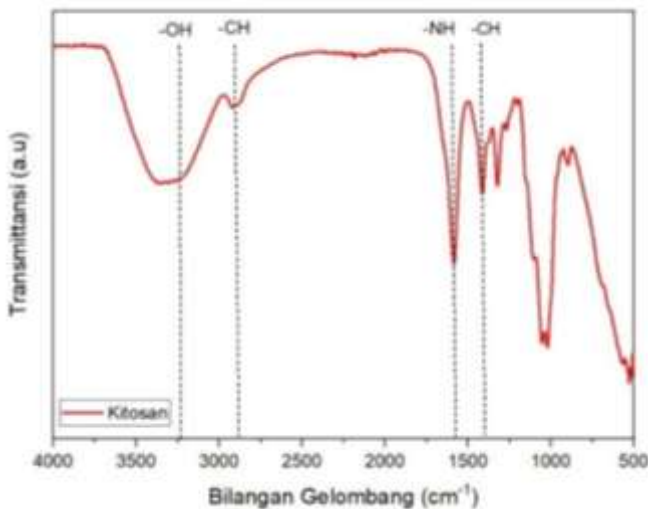
Gambar 4.3 Distribusi Ukuran Partikel Mikroselulosa

Berdasarkan Gambar 4.3, terlihat bahwa ukuran partikel yang didapatkan hanya muncul satu puncak yaitu pada $\pm 1442,2$ nm. Berdasarkan literatur, ukuran partikel yang didapatkan telah memenuhi skala mikro.

Sehingga telah sesuai dengan literatur jika metode alkalinasi yang dilakukan dengan perlakuan mekanik yaitu ultrasonikasi dapat menghasilkan serat berukuran mikro (jeesica, 2019). Ukuran partikel terlihat seragam setelah dilakukan proses ultrasonikasi. Proses ultrasonikasi mampu menghasilkan partikel yang seragam dan homogen.

B. Analisis FTIR Kitosan

Kitosan yang digunakan dalam penelitian ini dikarakterisasi dengan FTIR. Hasil spektrum FTIR kitosan dapat dilihat pada Gambar 4.4 dan Tabel 4.2.



Gambar 4.4 FTIR Kitosan

Tabel 4.2 Hasil Serapan FTIR Kitosan

Gugus Fungsi	Bilangan Gelombang Kitosan (cm^{-1})	Bilangan Gelombang Kitosan Literatur (cm^{-1}) (Dompeipen, 2019)
O-H	3253,41	3750-3000
C-H	2913,27	3000-2700
N-H	1582,70	1620-1571
C-H	1412,07	1475-1300

Berdasarkan Gambar 4.4 dan Tabel 4.2 terlihat bahwa hasil spektrum FTIR kitosan pada puncak 3253,41 cm^{-1} merupakan puncak yang menunjukkan adanya vibrasi pembengkokan gugus fungsi O-H senyawa fenolik ikatan hidrogen. Pada puncak 2913,27 cm^{-1} menunjukkan adanya vibrasi peregangan simetris ikatan C-H dan puncak 1582,70 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus N-H (*bending*) amina yang merupakan ciri khas kitosan. Pada puncak 1412, 07 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus C-H (*bending*) (Dompeipen, 2019).

C. Sintesis Bioplastik

1. Bioplastik Kitosan-Glisерol

Bioplastik dibuat menggunakan metode pencampuran antara kitosan dan gliserol sebagai *plasticizer*. Sebanyak 1,5 g kitosan dipanaskan dan diaduk dengan *magnetic stirrer* dalam larutan asam asetat 2% pada suhu 60° C selama 1 jam. Setelah larutan homogen terbentuk, gliserol ditambahkan dan campuran dipanaskan

pada suhu 60° C selama 15 menit dan dicetak pada cetakan plastik dan dikeringkan menggunakan oven pada suhu 60° C. Bentuk fisik bioplastik yang terbuat dari kitosan-gliserol ditampilkan pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Bioplastik Kitosan-Gliserol

Berdasarkan Gambar 4.5 bioplastik yang dihasilkan dari kitosan-gliserol memiliki karakteristik permukaan yang halus, bening, dan elastis. Penambahan gliserol sebagai *plasticizer* bertujuan untuk meningkatkan sifat elastis bioplastik. Hasil bioplastik kitosan-gliserol menunjukkan kualitas yang baik sebagai bioplastik. Agar sifat mekanik bioplastik lebih optimal, maka ditambahkan mikroselulosa sebagai penguat.

2. Bioplastik Kitosan-Gliserol-Mikroselulosa

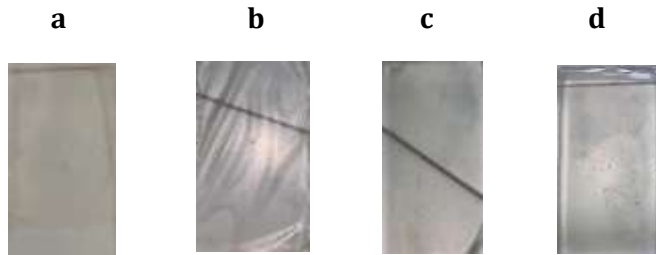
Bioplastik kitosan-gliserol-mikroselulosa dibuat melalui proses pencampuran mikroselulosa dan kitosan, lalu ditambahkan gliserol. Sebanyak 1,5 g kitosan dipanaskan dan diaduk dengan *magnetic stirrer* dalam

larutan asam asetat 2% pada suhu 60° C selama 1 jam. Setelah larutan homogen terbentuk, gliserol ditambahkan dan kemudian dipanaskan pada suhu 60° C selama 15 menit. Kemudian, ditambahkan mikroselulosa (0,2 g; 0,4 g; 0,6 g; 0,8 g) dan aquades, diaduk dan dipanaskan pada suhu 80° C selama 60 menit. Campuran kitosan, gliserol, dan mikroselulosa dicetak menggunakan cetakan plastik, lalu dikeringkan pada suhu 60° C di dalam oven. Penambahan mikroselulosa 0,2 g diberikan identitas sampel K-G-M 0,2. Penambahan mikroselulosa 0,4 g diberikan identitas sampel K-G-M 0,4 dan seterusnya setiap penambahan mikroselulosa. Tabel komposisi bioplastik K-G-M pada Tabel 4.3

Tabel 4.3 Komposisi Bioplastik K-G-M

Bioplastik	Kitosan (g)	Gliserol (mL)	Mikroselulosa (g)
K-G-M 0,2	1,5	1	0,2
K-G-M 0,4	1,5	1	0,4
K-G-M 0,6	1,5	1	0,6
K-G-M 0,8	1,5	1	0,8

Bioplastik kitosan, gliserol dengan penambahan mikroselulosa memiliki fisik yang baik, yaitu bening transparan, elastis, dan kuat seperti pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Bioplastik K-G-M dengan variasi a) 0,2 b) 0,4
c) 0,6 d) 0,8

D. Karakterisasi Bioplastik

Bioplastik yang dihasilkan dari mikroselulosa ampas tebu, kitosan, dan gliserol selanjutnya dilakukan beberapa karakterisasi, diantaranya yaitu uji sifat mekanik (kuat tarik dan elongasi), uji FTIR, uji daya serap air (%), dan uji biodegradasi.

1. Hasil Uji Sifat Mekanik

Sifat mekanik bioplastik diuji melalui dua parameter, yaitu kuat tarik dan elongasi. Uji kuat tarik bertujuan untuk menentukan gaya maksimum yang dapat diterima oleh bioplastik per satuan luas sebelum mengalami kerusakan. Dengan uji kuat tarik dapat diketahui kualitas dari suatu polimer. Nilai kuat tarik mengindikasikan kemampuan plastik menahan beban tarik sebelum putus. Sehingga nilai kuat tarik menunjukkan kekuatan maksimum bahan dalam menahan tegangan (Intandiana et al., 2019).

Uji persen elongasi bertujuan mengukur kemampuan bioplastik untuk memanjang. Elongasi adalah persentase

pertambahan panjang film saat ditarik hingga titik putus (Intandiana et al., 2019). Hasil pengujian kuat tarik dan elongasi bioplastik dapat diamati pada Tabel 4.4

Tabel 4.4 Hasil Uji Sifat Mekanik Bioplastik

Bioplastik	Kuat Tarik (MPa)	Elongasi (%)
K-G	1,230	199,833
K-G-M 0,2	4,456	109,333
K-G-M 0,4	6,219	42,667
K-G-M 0,6	8,892	42,000
K-G-M 0,8	4,071	93, 667
SNI: Minimal 13,7 MPa		SNI: 400-1.1205

Berdasarkan Tabel 4.4 diperoleh hasil uji kuat tarik dari berbagai variasi bioplastik yang dihasilkan. Bioplastik kitosan-gliserol menunjukkan kuat tarik 1,230 MPa dan elongasi sebesar 199,833%. Kitosan memiliki kereaktifan kimia yang tinggi sehingga dapat digunakan sebagai bahan dasar bioplastik yang menghasilkan film dengan sifat mekanik baik. Gliserol yang berfungsi sebagai *plasticizer* mampu membuat bioplastik menjadi lebih fleksibel dengan memutus ikatan hidrogen antara molekul polimer yang berdekatan sehingga daya tarik antar molekul berkurang. Gliserol yang bersifat hidrofilik dapat meningkatkan fleksibilitas bahan dengan cara melunakkan dan meningkatkan persen elongasi (Afif *et al.*, 2018).

Peningkatan mikroselulosa ampas tebu pada bioplastik kitosan-gliserol meningkatkan kuat tarik seiring

dengan peningkatan konsentrasi mikroselulosa. Mikroselulosa memiliki kuat tarik tinggi karena partikel mikronya dapat mengisi celah kosong dan meningkatkan interaksi antar partikel selama proses gelatinisasi sehingga menghasilkan kuat tarik yang tinggi. Bioplastik K-G-M 0,2; K-G-M 0,4; K-G-M 0,6; K-G-M 0,8 yang dihasilkan mempunyai nilai kuat tarik yaitu 4,456; 6,219; 8,892; 4,071 MPa. Penambahan mikroselulosa dengan berat yang berbeda menghasilkan efek yang bervariasi pada sampel bioplastik. Hal ini telah sesuai dengan literatur jika penambahan mikroselulosa meningkatkan kuat tarik bioplastik (Rahmi *et al.*, 2020).

Berdasarkan Tabel 4.4 terlihat bahwa nilai kuat tarik maksimum diperoleh dari bioplastik kitosan-gliserol dengan penambahan mikroselulosa 0,6 g (Sunardi *et al.*, 2020). Setelah penambahan mikroselulosa 0,8 g terjadi penurunan nilai kuat tarik bioplastik dikarenakan penambahan mikroselulosa berlebih yang mengalami agregasi dan kekakuan pada mikroselulosa. Agregasi terjadi ketika campuran dalam bioplastik tidak terdispersi secara homogen. Nilai kuat tarik bioplastik menurut SNI 7818:2014 yaitu minimal 13,7 MPa. Dengan demikian, bioplastik K-G-M 0,2; K-G-M 0,4; K-G-M 0,6; K-G-M 0,8 tidak memenuhi standar kuat tarik bioplastik. Berdasarkan tabel, bioplastik K-G-M 0,2; K-G-M 0,4; K-G-M 0,6; K-G-M 0,8 yang

disintesis memiliki nilai persen elongasi berturut-turut yaitu 109,333; 42,667; 42,000; 93,667 %. Hal ini tidak sesuai dengan standar SNI 7818:2014 persen elongasi bioplastik yaitu 400-1.120%. Variasi mikroselulosa ampas tebu menurunkan elongasi dari bioplastik. Penambahan mikroselulosa menyebabkan penurunan elongasi bioplastik karena interaksi antar serat dan matriks polimer mengurangi mobilitas rantai polimer. Peningkatan konsentrasi mikroselulosa mengurangi efektivitas gliserol sebagai *plasticizer* yang menyebabkan penurunan elongasi bioplastik ketika terkena gaya (Nurhabibah & Kusumaningrum, 2021).

2. Uji Daya Serap Air

Tujuan uji daya serap air adalah mengetahui kemampuan material menahan atau menyerap air. Daya serap air menjadi parameter penting dalam pengujian bioplastik. Hasil pengujian daya serap air bioplastik dapat dilihat pada Tabel 4.5

Tabel 4.5 Hasil Uji Daya Serap Air Bioplastik

Bioplastik	Daya Serap Air (%)
K-G	21,277
K-G-M 0,2	18,421
K-G-M 0,4	17,562
K-G-M 0,6	15,808
K-G-M 0,8	16,071
Max 21,5 % suhu 25° C	

Berdasarkan Tabel 4.5 terlihat bahwa terdapat perbedaan pada nilai daya serap air dari bioplastik kitosan-gliserol dan kitosan-gliserol-mikroselulosa. Daya serap air paling maksimal terjadi pada bioplastik kitosan-gliserol. Bioplastik kitosan-gliserol memiliki nilai daya serap air 21,277 % yang sudah memenuhi standar mutu untuk daya serap air yaitu max 21,5 %. Hal ini terjadi karena ikatan hidrogen dalam molekul gliserol cenderung untuk membentuk ikatan hidrogen intramolekuler dengan air. Gliserol memiliki sifat hidrofilik (suka terhadap air) sehingga memiliki kemampuan mengikat air yang menyebabkan daya serap air tinggi dan ketahanan air berkurang. Penambahan gliserol memperbesar jarak antara molekul yang terisi air sehingga permeabilitas mengalami peningkatan (Rahadi et al., 2020).

Daya serap air bioplastik kitosan-gliserol-mikroselulosa relatif lebih rendah. Hal ini telah sesuai dengan peneitian terdahulu yang dilakukan oleh Rahadi et al., (2020) bahwa semakin tinggi konsentrasi mikroselulosa yang ditambahkan semakin rendah daya serap air bioplastik. Ukuran serat yang lebih kecil menghasilkan pori-pori bioplastik yang lebih kecil dan kerapatan yang lebih tinggi, sehingga menurunkan daya serap air. Nilai daya serap air bioplastik K-G-M 0,2; K-G-M 0,4-K-G-M 0,6; K-G-M 0,8 berturut-turut yaitu 18,421%; 17,562%; 15,808%; 16,071%. Bioplastik kitosan-gliserol dengan penambahan mikroselulosa telah sesuai dengan standar mutu daya serap air bioplastik yaitu max 21,5 % (Sofia et al., 2017).

3. Hasil Uji Biodegradasi

Uji biodegradasi bertujuan untuk menentukan lama yang dibutuhkan suatu bahan untuk terurai secara sempurna di lingkungan, sehingga diperoleh bioplastik yang lebih ramah lingkungan. Uji biodegradasi dilakukan menggunakan oksigen (*aerob*) dengan bantuan mikroorganisme tanah seperti bakteri dan jamur yang terdapat di dalam tanah. Uji biodegradasi dilakukan dengan metode soil burial, yaitu mengubur bioplastik di tanah hingga terurai oleh mikroorganisme (Agustina et al., 2024). Hasil uji biodegradasi pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Uji Biodegradasi Bioplastik

Bioplastik	Lama Terurai 100 % (hari)
K-G	7
K-G-M 0,2	10
K-G-M 0,4	15
K-G-M 0,6	17
K-G-M 0,8	16
SNI 90% maximal 180 hari	

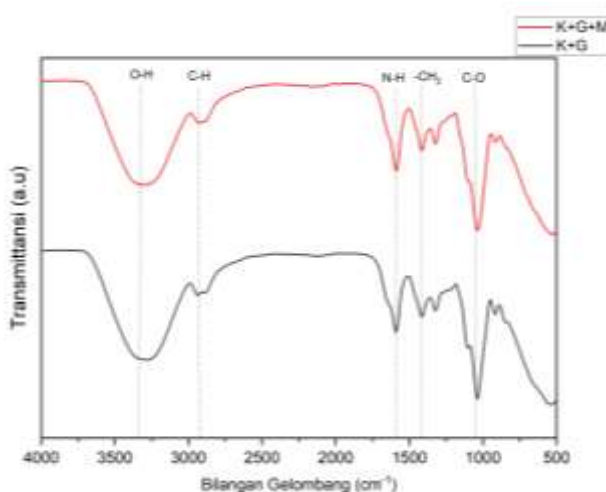
Berdasarkan Tabel 4.6 diperoleh data biodegradasi bioplastik. Sampel bioplastik menunjukkan rentang waktu degradasi antara 7 hingga 17 hari. Lama terurainya bioplastik K-G; K-G-M 0,2; K-G-M 0,4; K-G-M 0,6; K-G-M 0,8 berturut-turut yaitu 7 hari, 10 hari, 15 hari, 17 hari, dan 16 hari. Waktu tercepat bioplastik terdegrasi yaitu pada sampel bioplasik K-G (kitosan-gliserol). Sifat hidrofilik gliserol membuat bioplastik lebih mudah menyerap air, sehingga mempercepat proses biodegradasi. Gugus hidroksil O-H pada gliserol memicu reaksi hidrolisis yang merusak bioplastik ketika terkena air di lingkungan, sehingga bioplastik menjadi rusak. Penambahan gliserol pada bioplastik mempercepat biodegradasi sejalan dengan hasil penelitian dari Lusiana dkk., (2019).

Mikroselulosa yang ditambahkan pada bioplastik kitosan-gliserol menurunkan laju biodegradasi. Hal ini

telah sesuai dengan Tabel 4.6 yaitu semakin tinggi penambahan mikroselulosa maka semakin lama bioplastik dapat terdegradasi. Menurunnya biodegradasi pada bioplastik disebabkan oleh penurunan kemampuan menyerap air. Air membantu mikroorganisme tumbuh dan mendegradasi bioplastik. Standar SNI 7188-7:2022 tentang standar biodegradasi bioplastik adalah 90% maximal 180 hari. Bioplastik K-G; K-G-M 0,2; K-G-M 0,4; K-G-M 0,6; K-G-M 0,8 telah memenuhi standar SNI untuk biodegradasi.

4. Karakterisasi Gugus Fungsi Menggunakan FTIR

FTIR berfungsi sebagai instrumen analitik untuk mengidentifikasi gugus fungsi dalam suatu senyawa. Hasil analisis FTIR bioplastik K-G dan K-G-M 0,6 g terdapat pada Gambar 4.7 dan Tabel 4.7



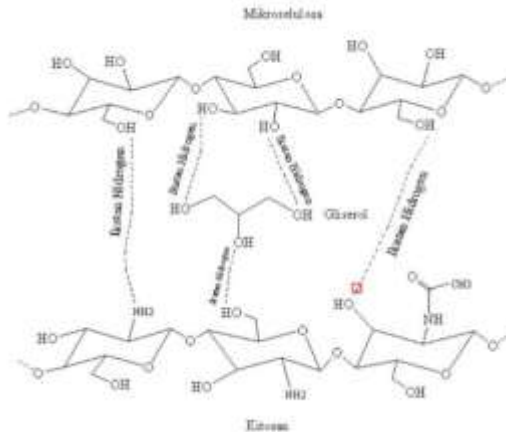
Gambar 4.6 Spektrum Bioplastik K-G & K-G-MS Optimum

Tabel 4.7 Hasil Serapan FTIR Bioplastik

Gugus Fungsi	Rentang Bilangan Gelombang (cm^{-1}) (Alam et al., 2018)	Bilangan Gelombang (cm^{-1})	
		K-G	K-G-MS
O-H	3750-3000	3282,08	3323,53
C-H	3000-2700	2934,73	2932,88
N-H	1620-1571	1588,92	1588,82
-CH ₃ (bengkok)	1375-1450	1413,43	1413,40
C-O	1300-1000	1034,39	1030,06

Berdasarkan Tabel 4.7 didapatkan hasil bahwa terdapat bilangan gelombang pada bioplastik kitosan-gliserol yaitu $3282,08 \text{ cm}^{-1}$, $2934,73 \text{ cm}^{-1}$, $1588,92 \text{ cm}^{-1}$, $1413,43 \text{ cm}^{-1}$, $1034,39 \text{ cm}^{-1}$ sebagai puncak ciri khas dari gugus fungsi O-H, C-H, N-H, -CH₃, dan C-O. Kitosan memiliki gugus fungsi khas N-H. Gliserol memiliki ciri khas gugus O-H dan C-H (Kustiyah et al., 2023). Bioplastik yang disintesis dari kitosan-gliserol-mikroselulosa didapatkan hasil bilangan gelombang pada Tabel 4.6 yaitu $3323,53 \text{ cm}^{-1}$, $2932,88 \text{ cm}^{-1}$, $1588,82 \text{ cm}^{-1}$, $1413,40 \text{ cm}^{-1}$, $1030,06 \text{ cm}^{-1}$ sebagai puncak ciri khas dari gugus fungsi O-H, C-H, N-H, -CH₃, dan C-O. Hal ini menunjukkan bioplastik mengandung kitosan dan gliserol. Telah sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Widiyanti (2019) yang melakukan sintesis

bioplastik kitosan-gliserol-nanoselulosa dengan didapatkan gugus fungsi O-H, C-H, N-H, dan C-O. Interaksi kitosan-gliserol-mikroselulosa ditunjukkan pada Gambar 4.7



Gambar 4.7 Interaksi Kitosan-Gliserol-Mikroselulosa
(Sitorus et al., 2023)

Berdasarkan Tabel 4.7 tidak ditemukan gugus fungsi baru dalam bioplastik kitosan-gliserol-mikroselulosa. Bioplastik kitosan-gliserol-mikroselulosa menunjukkan peningkatan intensitas gugus O-H yang lebih tajam. Terjadi pergeseran bilangan gelombang dari $3282,08 \text{ cm}^{-1}$ menjadi $3323,53 \text{ cm}^{-1}$ pada gugus fungsi C-H. Hal tersebut terjadi karena adanya ikatan hidrogen yang kuat antara molekul mikroselulosa, kitosan, dan gliserol.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan tujuan dan hasil pembahasan yang telah diuraikan sebelumnya mengenai pengaruh variasi konsentrasi mikroselulosa ampas tebu (*Saccharum officinarum*) terhadap karakteristik bioplastik berbahan kitosan-gliserol, maka didapatkan kesimpulan bahwa:

1. Mikroselulosa sintesis memiliki karakteristik fisik warna fisik putih kekuningan. Melalui karakterisasi menggunakan PSA diperoleh distribusi ukuran mikroselulosa sebesar 1442,2 nm. Perlakuan delignifikasi dan *bleaching* telah berhasil menghilangkan hemiselulosa dan lignin pada mikroselulosa yang dibuktikan hilangnya puncak serapan pada $1727,59\text{ cm}^{-1}$ dan $1592,33\text{ cm}^{-1}$. Berdasarkan hasil FTIR mikroselulosa memiliki bilangan gelombang $3330,13\text{ cm}^{-1}$, $2886,85\text{ cm}^{-1}$, dan 1028 cm^{-1} yang menunjukkan gugus fungsi O-H, C-H, dan C-O.
2. Hasil karakteristik gugus fungsi bioplastik kitosan-gliserol meliputi gugus fungsi O-H ($3282,08\text{ cm}^{-1}$), C-H ($2934,73\text{ cm}^{-1}$), N-H ($1588,92\text{ cm}^{-1}$), -CH₃ bengkok ($1413,43\text{ cm}^{-1}$). Sedangkan karakteristik gugus fungsi bioplastik kitosan-gliserol-mikroselulosa meliputi O-H ($3323,53\text{ cm}^{-1}$), C-H ($2923,88\text{ cm}^{-1}$), N-H ($1588,82\text{ cm}^{-1}$), -CH₃ bengkok ($1413,40\text{ cm}^{-1}$), dan C-O

(1030,06 cm⁻¹).

3. Penambahan mikroselulosa pada bioplastik kitosan-gliserol menurunkan nilai elongasi, daya serap air, laju biodegradasi dan meningkatkan nilai kuat tarik. Berdasarkan hasil uji yang diperoleh, bioplastik yang paling optimum adalah bioplastik kitosan-gliserol dengan penambahan mikroselulosa 0,6 gram dengan nilai kuat tarik, elongasi, daya serap air, dan lama terdegradasi sempurna adalah 8,892 MPa, 42%, 15,808 %, dan 17 hari.

B. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, penulis merekomendasikan penelitian lanjutan dengan variasi waktu lebih lama untuk sonikasi agar ukuran partikel yang dihasilkan lebih kecil (nano).

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, A.H.D., Putri, O.D. & Sugandi, W.W. (2019). Effects of Starch-Glycerol Concentration Ratio on Mechanical and Thermal Properties of Cassava Starch-Based Bioplastics. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 20(4), p. 162.
- Afif, M., Wijayati, N. & Mursiti, S. (2018). Pembuatan dan Karakterisasi Bioplastik dari Pati Biji Alpukat-Kitosan dengan Plasticizer Sorbitol. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 7(2), pp. 103–109.
- Agustin, Y.E. & Padmawijaya, K.S. (2016). Sintesis Bioplastik dari Kitosan-Pati Kulit Pisang Kepok dengan Penambahan Zat Aditif Synthesis Of Chitosan-Pati Bioplastics Kepok Banana Leather With Addition Of Exposure Additive. *Jurnal Teknik Kimia*, 10(2), pp. 40–48.
- Alfiani, A. & Sasria, N. (2023). Pengaruh Carboxymethyl Cellulose Terhadap Karakteristik Bioplastik Menggunakan Tandan Kosong Kelapa Sawit Dan Pati Ampas Tahu. *Jurnal Integrasi Proses*, 12(1), p. 12.
- Amalia, A.R., Kumara, R.F. & Putri, N.P. (2019). Manufacturing of Bioplastics From Cellulose Empty Fruit Bunches Waste With Addition of Glycerol As Plasticizer. *Konversi*, 8(2), pp. 63–68.
- Ambarwati, R. & Rustiani, E. (2022). Formulasi dan Evaluasi Nanopartikel Ekstrak Biji Alpukat (*Persea Americana* Mill) Dengan Polimer Plga', *Majalah Farmasetika*, 7(4), p. 305.
- Arum, S., Kusumastuti, L. & Kusumastuti, E. (2014). Pembuatan Dan Karakterisasi Bioplastik Limbah Biji Mangga Dengan Penambahan Selulosa Dan Gliserol. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 3(2), pp. 157– 162.
- Bandara, G., Alahakoon, A., Thennakoon, T., & Weerathna, D.

- (2023). Bioplastik untuk masa depan yang berkelanjutan. *Journal of Research Technology & Engineering*. 4(2), pp. 99–110.
- Biha, A. A., Johannes, Z. A., Pingak, K. R., Bukit, M., & Sutaji, I. H. (2021). Kajian Sifat Fisis Bioplastik Pati Jagung Dengan Penambahan Graphene Oxide Berbahan Dasar Tongkol Jagung Asal Kabupaten Kupang. *Jurnal Fisika Sains dan Aplikasinya*, 6(1), pp. 44–48.
- Dompeipen, E. J., Kaimudin, M., Dewa., P. R. (2016). Isolasi Kitin dan Kitosan dari Limbah Kulit Udang. *Majalah BIAM*, 13(1), pp. 32–39.
- Faridah, C.N. (2022). The Potential of Bioplastic with the Addition of Antibacterial Agent as Eco-Friendly Active Packaging. 7(1), pp. 10–18.
- Fathurohman, V. *et al.* (2020). Pengaruh Penambahan Biji Buah Alpukat Pada Biodegradasi Bioplastik. (April), pp. 137–145.
- Fitriana, L., Hidayah, M. & Astuti, W. (2018). Sintesis Nanoselulosa dari Batang Bambu menggunakan Hidrolisis Asam dan Gelombang Ultrasonik sebagai adsorben Logam Kadmium(II) dalam Limbah Industri Elektroplating. *Sntk-Ecosmart*, (Ii), pp. 212–219.
- George, N., Debroy, A., Bhat, S., Singh, S., & Bindal, S. (2021). Biowaste to bioplastics: An ecofriendly approach for a sustainable future. *Journal of Applied Biotechnology Reports*, 8(3), pp.221-233.
- Haryati, S., Rini, A.S. & Safitri, Y. (2017). Utilization of durian seeds as raw material for biodegradable plastik with glycerol plasticizer and CaCO₃ filler. *Chemical Engineering Journal*, 23(1), pp. 1–8.
- Hilwatullisan & Hamid, I. (2019). Pengaruh Kitosan dan Plasticizer Gliserol dalam Pembuatan Plastik

- Biodegradable Dari Pati Talas. *Prosiding Seminar Nasional II Hasil Litbangyasa Industri*, pp. 221–227.
- Huwaiti, A.F. & Supriyo, E. (2022). Pembuatan Plastik Biodegradable Pati Jagung Terplastisasi Sorbitol dengan Pengisi Selulosa dari Ampas Tebu. *Equilibrium Journal of Chemical Engineering*. 6(1).
- Ihsan, M.B. (2023). The Effect of Carboxymethyl Cellulose (CMC) Addition on the Quality of Biodegradable Plastic from Corn Cob. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*. 9(7), pp. 5117–5125.
- Iriani, E.S., Wahyuningsih, K., Sunarti, T. C., & Permana, A. W. (2015). Sintesis Nanoselulosa Dari Serat Nanas Dan Aplikasinya Sebagai nanofiller pada Film Berbasis Polivinil Alkohol. *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*, 12(1), p. 11.
- Jabbar, U.F. (2017) 'Pengaruh Penambahan Kitosan Terhadap Karakteristik Bioplastik dari Pati Kulit Kentang (*Solanum tuberosum*. L)', *Skripsi*, p. 71.
- Julianto, H., Farid, M. & Rasyida, A. (2017). Ekstraksi Nanoselulosa dengan Metode Hidrolisis Asam sebagai Penguat Komposit Absorpsi Suara. *Jurnal Teknik ITS*, 6(2), pp. 242–245.
- Kalsum, U., Juniar, H. & Khirnanda, I. (2020). Pengaruh Sorbitol Dan Carboxymethyl Pada Bioplastik Dari Ampas Tebu Dan Ampas Tahu. *Jurnal Distilasi*, 5(1), p. 21.
- Kalsum, U., Robiah, R. & Yokasari, Y. (2020). Pembuatan Bioplastik Dari Ampas Tahu Dan Ampas Tebu Dengan Pengaruh Penambahan Gliserol Dan Tepung Maizena. *Jurnal Distilasi*, 5(2), p. 34.
- Kamsiati, E., Herawati, H. & Purwani, E.Y. (2017). Potensi Pengembangan Plastik Biodegradable Berbasis Pati Sagu

Dan Ubikayu Di Indonesia/The Development Potential of Sago and Cassava Starch- Based Biodegradable Plastic in Indonesia. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, 36(2), p. 67.

- Kesumaningwati, R. (2018). Penggunaan Mol Bonggol Pisang (Musa paradisiaca) sebagai Dekomposer untuk Pengomposan Tandan Kosong Kelapa Sawit (Utilizing of Banana's Corm (Musa paradisiaca) Microorganisms as Oil Palm Empty Fruit Bunches Decomposer). *Ziraa'ah*, 40(1), pp. 40–45.
- Kim, J.H. Shim, B. S., Kim, H. S., Lee, Y. J., & Min, S. K. (2015). Review of nanocellulose for sustainable future materials. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing - Green Technology*, 2(2).
- Kingsley, D. (2020). Eco-Friendly Bioplastics from Natural Raw Materials. *International Research Journal of Engineering and Technology*, pp. 1680–1691.
- Krisnadi, R., Handarni, Y. & Udyani, K. (2019). Pengaruh jenis plasticizer terhadap karakteristik plastik biodegradable dari bekatul padi', *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan VII*, (100), pp. 125–130.
- Kusumaningsih, T., Masykur, A. & Arief, U. (2004). Synthesis of chitosan from chitin of escargot (Achatina fulica). *Biofarmasi Journal of Natural Product Biochemistry*, 2(2), pp. 64–68.
- Kuswariyah, R. (2023). Mikroselulosa dari Serat Kulit Pinang sebagai Bahan Pengisi pada Bioplastik. *Jurnal ILMU DASAR*, 24(1), pp.91-100.
- Lailyningtyas, D.I., lutfi, M. & Ahmad, A.M. (2020). Uji Mekanik Bioplastik Berbahan Pati Umbi Ganyong (Canna edulis) dengan Variasi Selulosa Asetat dan Sorbitol. *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem*, 8(1),

pp. 91–100.

- M. Thoriq Al Fath, Lubis, M., Ayu, G. E., & Dalimunthe, N. F. (2022). Pengaruh Selulosa Nanokristal dari Serat Buah Kelapa Sawit sebagai Pengisi dan Kalium Klorida sebagai Agen Pendispersi Terhadap Sifat Fisik Bioplastik Berbasis Pati Biji Alpukat (*Persea americana*). *Jurnal Teknik Kimia USU*, 11(2), pp. 89–94.
- Manali Shah. (2021). Bioplastic for future: A review then and now. *World Journal of Advanced Research and Review* 9(2), pp. 056–067.
- Mandasari, A., Safitri, M. F., Risa, F., Sunarwati, D., Safitri, D. W., & Nasution, H. I. (2018). Karakterisasi Uji Kekuatan Tarik (Tensile Strenght) Film Plastik Biodegradable Dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Dengan Penguat Zink Oksida Dan Gliserol. *EINSTEIN e-JOURNAL*, 5(2).
- Marlina, L. & Nurhalliza, G. (2021). Pengaruh Variasi Konsetrasi Gliserol Terhadap Karakteristik Biodegradasi dan Water Uptake Bioplastik Dari Serbuk Tongkol Jagung. *Tedc*, 15(3), pp. 279–286.
- Melani, A., Herawati, N. & Kurniawan, A.F. (2018). Bioplastik Pati Umbi Talas Melalui Proses Melt Intercalation. *Jurnal Distilasi*, 2(2), p. 53.
- Merino, D., Bertolacci, L., Paul, U. C., Simonutti, R., & Athanassiou, Athanassia. (2021). Avocado Peels and Seeds: Processing Strategies for the Development of Highly Antioxidant Bioplastic Films. *ACS Applied Materials and Interfaces*, 13(32), pp. 38688–38699.
- Mochamad, A. (2020). Improvement of biocomposite properties based tapioca starch and sugarcane bagasse cellulose nanofibers. *Key Engineering Materials*, 849 KEM, pp. 96–101.
- Muharam, T. (2022). Karakteristik Daya Serap Air Dan

- Biodegradabilitas Pada Bioplastik Berbasis Pati Singkong Dengan Penambahan Polyvinyl Alcohol. *Prosiding Snast*, (November), pp. D35-49.
- Nanda, K.P.& Azizati, Z. (2018). Pembuatan Bioplastik dari Kitosan dan Sorbitol dengan Penambahan Minyak Atsiri Serai. *Walisongo Journal of Chemistry*, 1(2), p. 78.
- Nasir, N.N. & Othman, S.A. (2021). The Physical and Mechanical Properties of Corn-based Bioplastic Films with Different Starch and Glycerol Content. *Journal of Physical Science* 32(3), pp. 89–101.
- Nasution, H., Ellsworth & Wijaya, F. (2020). Optimasi Suhu Hidrolisis dan Konsentrasi Asam Sulfat dalam Pembuatan Nanoselulosa Berbahan Dasar Serat Batang Pisang Kepok (*Musa acuminata* x *balbisiana*). *Jurnal Teknik Kimia USU*, 9(1), pp. 1–6.
- Ningtyas, K. rimadhanti, Muslihudin, M. & Sari, I.N. (2020) 'Sintesis Nanoselulosa dari Limbah Hasil Pertanian dengan Menggunakan Variasi Konsentrasi Asam. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*, 20(2), pp. 142–147.
- Nisah, K. (2018). Pembuatan Plastik Biodegradable Dari Polimer Alam. *Elkawanie*, 4(2).
- Nurhabibah, S.A. & Kusumaningrum, W.B. (2021). Karakterisasi Bioplastik Dari K-Karagenan *Eucheuma Cottonii* Terplastisasi Berpenguat Nanoselulosa. *Jurnal Kimia dan Kemasan*, 43(2),p.82.
- Pandu Lazuardi, G. & Cahyaningrum, S.E. (2013). Pati Singkong Dengan Plasticizer Gliserol Preparation and Characterization Based Bioplastic Chitosan and Cassava Starch With Glycerol Plazticizer. *UNESA Journal of Chemistry*, 2(3), pp. 161–166.
- Penkhrue, W. (2020). Response surface method for polyhydroxybutyrate (PHB) bioplastic accumulation in

- Bacillus drentensis* BP17 using pineapple peel. *PLoS ONE*, 15(3), pp. 1–21.
- Permadani, R.L. & Silvia, S. (2022). Sintesis Bioplastik Dari Selulosa Asetat Tandan Kosong Kelapa Sawit: Sebuah Kajian. *Jurnal Integrasi Proses*, 11(2), p. 47.
- Rahmi, D. (2020). Ekstraksi Dan Karakterisasi Mikroselulosa Dari Rumput Laut Coklat *Sargassum* Sp. Sebagai Bahan Penguat Bioplastik Film', *Jurnal Kimia dan Kemasan*, 42(2), p. 57.
- Ramadhan, M.O. & Handayani, M.N. (2020). The potential of food waste as bioplastic material to promote environmental sustainability: A review. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 980(1).
- Rusianto, T. *et al.* (2019). Biodegradable Plastic from Taro Tuber (*Xanthosoma sagittifolium*) and Chitosan. *Saudi Journal of Engineering and Technology*, 4(1), pp. 16–22.
- Santoso, A., Ambalinggi, W. & Niawanti, H. (2019). Pengaruh Rasio Pati Dan Kitosan Terhadap Sifat Fisik Bioplastik Dari Pati Biji Cempedak (*Artocarpus champeden*). *Jurnal Chemurgy*, 3(2), p. 8.
- Saputra, M.R.B. & Supriyo, E. (2020). Pembuatan Plastik Biodegradable Menggunakan Pati Dengan Penambahan Katalis ZnO dan Stabilizer Gliserol. *Pentana*, 1(1), pp. 41–51.
- Saputri, L.H. (2018). Isolasi Nano Selulosa dari Ampas Tebu dengan Proses Blending pada Berbagai Variasi Konsentrasi. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan"*, (April), pp. 1–6.
- Saputro, A.N.C. & Ovita, A.L. (2017). Synthesis and Characterization of Bioplastic from Chitosan-Ganyong Starch (*Canna edulis*). *JKPK (Jurnal Kimia dan Pendidikan*

Kimia), 2(1), p. 13.

Schnabl, K.B. (2023). Green Additives in Chitosan-Based Bioplastic Films: Physical, Mechanical, and Chemical Properties. *ChemSusChem*, 16(20).

Selpiana, Patricia & Anggraeni, P.C. (2016). Pengaruh Penambahan Kitosan dan Gliserol pada Pembuatan Bioplastik dari Ampas Tebu dan Ampas Tahu. *Jurnal Teknik Kimia*, 22(1), pp. 18–24.

Sholikhah, H.I. (2021). Narrative review: Potensi Pemanfaatan Selulosa Limbah Jerami Padi sebagai Bioplastik Ramah Lingkungan Hamida. *Proceedings National Conference PKM Center*, 1(1), pp. 155–158.

Solekah, S., Sasria, N. & Dewanto, H.A. (2021). Pengaruh Penambahan Gliserol dan Kitosan Kulit Udang Terhadap Biodegradasi dan Ketahanan Air Plastik Biodegradable. *al-Kimiya*, 8(2), pp. 80–86

Sunardi, S., Firda Trianda, N. & Irawati, U. (2020). Pengaruh Nanoselulosa dari Pelepah Nipah sebagai Filler terhadap Sifat Bioplastik Polivinil Alkohol. *Justek : Jurnal Sains dan Teknologi*, 3(2), p. 69.

Suparwan, K.G.I., Hartiati, A. & Suhendra, L. (2021). Pengaruh Jenis dan Konsentrasi Bahan Pengisi terhadap Karakteristik Komposit Bioplastik Pati Umbi Gadung-Karagenan. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 9(3), p. 312.

Syifa Nurhaliza, A. (2022). Pengaruh Variasi Konsentrasi Kaolin Clay Terhadap Daya Serap Air Pada Bioplastik Dengan Penambahan Pvoh Bp-05', *Prosiding Snast*, (November), pp. D114-125.

Unsa, L.K. & Paramastri, G.A. (2018). Kajian Jenis Plasticizer Campuran Gliserol dan Sorbitol terhadap Sintesis dan Karakterisasi Edible Film Pati Bonggol Pisang sebagai

- Pengemas Buah Apel. *Jurnal Kompetensi Teknik*, 10(1), pp. 35–47.
- Wahyuningtyas, N. & Suryanto, H. (2017). Analysis of Biodegradation of Bioplastics Made of Cassava Starch. *Journal of Mechanical Engineering Science and Technology*, 1(1), pp. 24–31.
- Wahyusi, K.N., Moenandar, S. & Utami, L.I. (2017). Kajian Proses Asetilasi Terhadap Kadar Asetil Selulosa Asetat Dari Ampas Tebu. *Jurnal Teknik Kimia*, 12(1), pp. 35–39.
- Weihan, R.A., Zulkarnain, Z. & Lizawati, L. (2020). Identifikasi Keragaman Karakter Morfologi Tanaman Pisang (*Musa spp.*) Wilayah Daratan di Kabupaten Tanjung Jabung Timur. *Journal of Applied Agricultural Sciences*, 2(2).
- Widiastuti, E. & Ari Marlina (2022). Sintesis Nanofiller Dari Rumput Alang-Alang untuk Pembuatan Film Bioplastik Berbahan Dasar Pati-Kitosan. *Fluida*, 15(1), pp. 14–21.
- Windy, Y.M. (2022). Karakterisasi dan Formulasi Nanopartikel Ekstrak Tanaman Bundung (*Actinoscirpus grossus*) dengan Variasi Konsentrasi Basis Kitosan dan Na-TPP Menggunakan Metode Gelasi Ionik. *Jurnal Surya Medika*, 8(3), pp. 25–29.
- Wiyarsi, A. and Erfan, P. (2012). Pengaruh Konsentrasi Kitosan Dari Cangkang Kerang Terhadap Efisiensi Penyerapan Logam Berat. *Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta*. [Preprint].
- Wulandari, W.T., Rochliadi, A. & Arcana, I.M. (2016). Nanocellulose prepared by acid hydrolysis of isolated cellulose from sugarcane bagasse. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 107(1).
- Yudo, H. & Jatmiko, S. (2012). Analisa Teknis Kekuatan Mekanis Material Komposit Berpenguat Serat Ampas Tebu (Baggase) Ditinjau Dari Kekuatan Tarik Dan Impak.

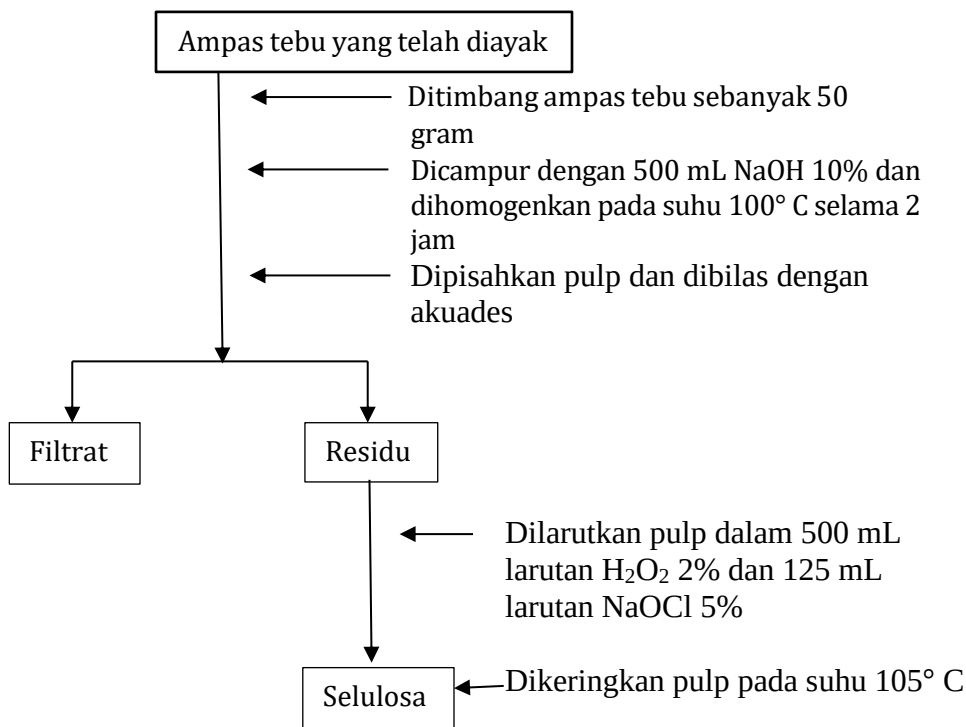
Kapal, 5(2), pp. 95–101.

- Yupa, N.P., Sunardi, S. & Irawati, U. (2021). Synthesis And Characterization Of Alginate Based Bioplastic With The Addition Of Nanocellulose From Sago Frond As Filler. *Justek: Jurnal Sains dan Teknologi*, 4(1), p. 30.
- Yustinah, Y., AB, S., Solekhah, P. P., Novitasari, G. P., Nuryani, F., Djaeni, & M., 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.
- Zhu, C., Chiu, S., Nakas, J. P., & Nomura, C. T., (2013). Bioplastics from waste glycerol derived from biodiesel industry. *Journal of Applied Polymer Science*, 130(1), pp. 1–13.

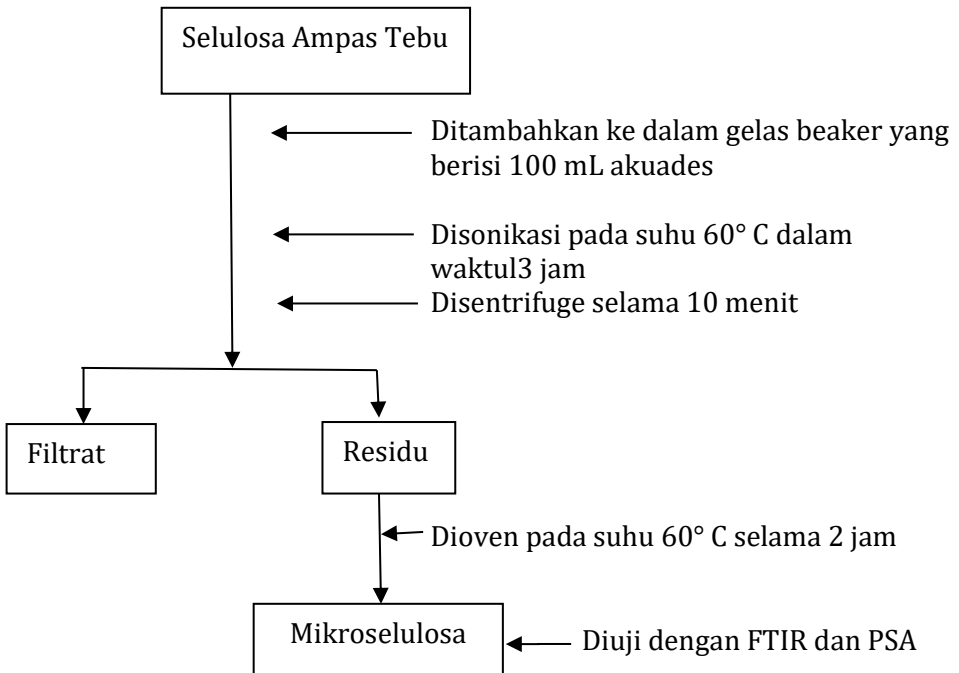
LAMPIRAN

Lampiran 1 Skema Prosedur Kerja

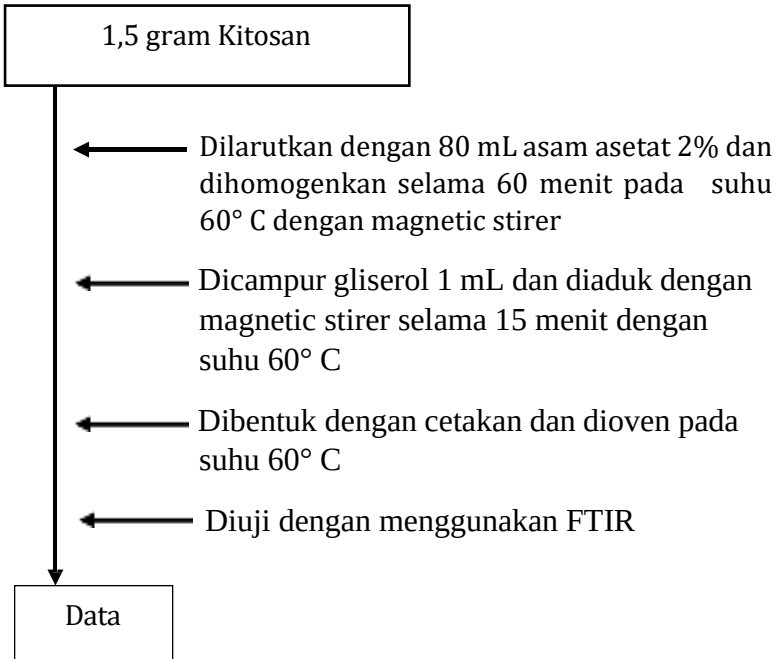
Bagian 1. Sintesis Selulosa



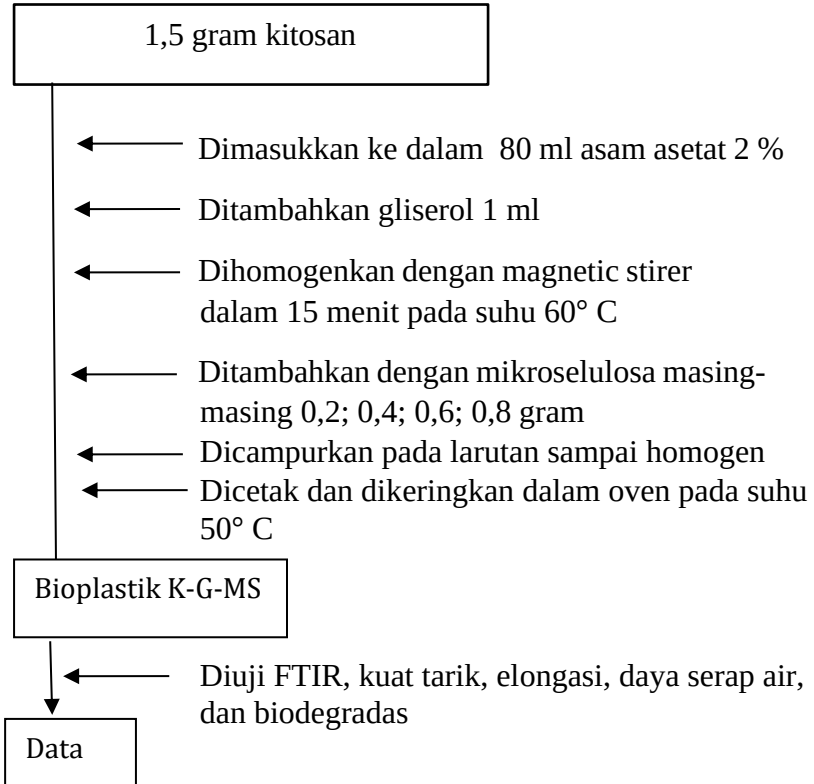
Bagian 2. Preparasi Mikroselulosa



Bagian 3. Bioplastik Kitosan-Gliserol

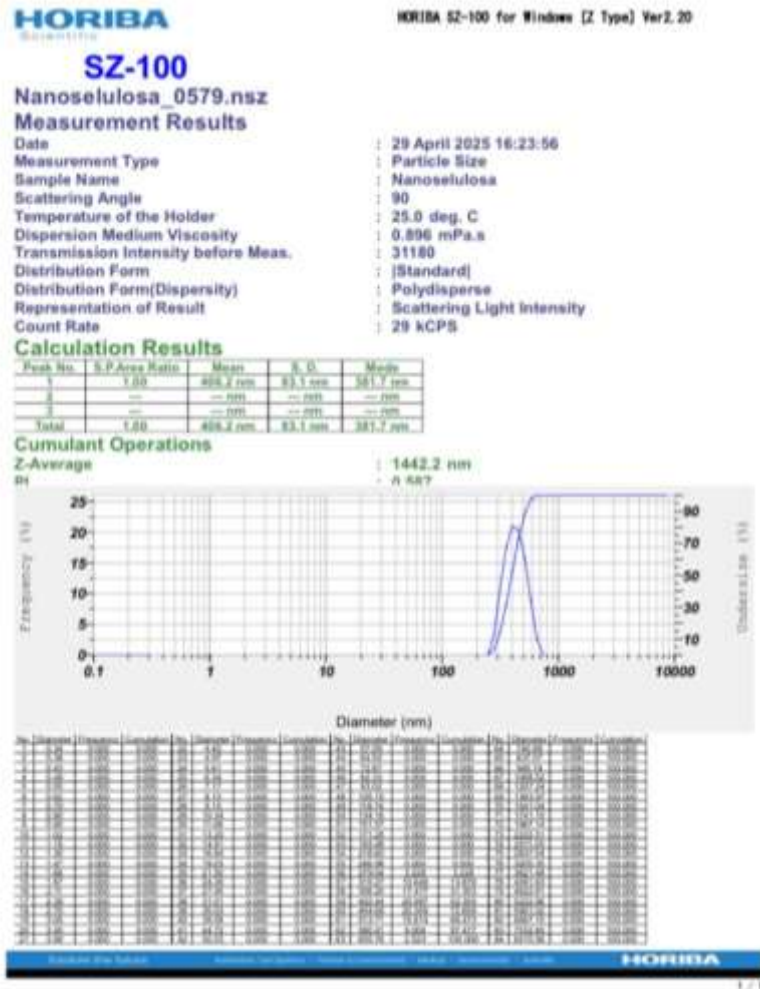


Bagian 4. Sintesis Bioplastik Kitosan-Gliserol-Mikroselulosa



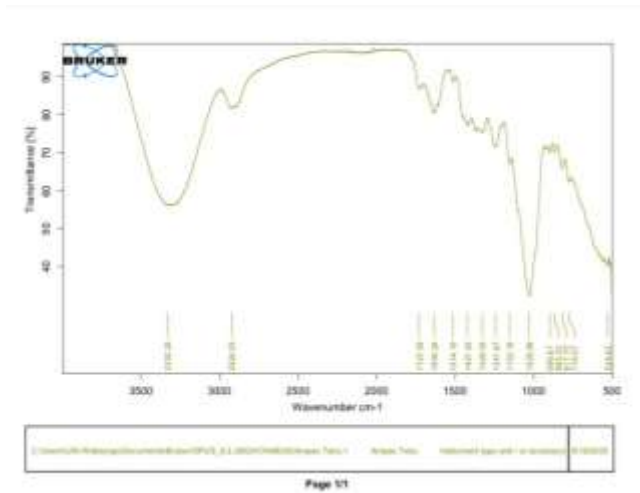
Lampiran 2 Data PSA

PSA Mikroselulosa Ampas Tebu

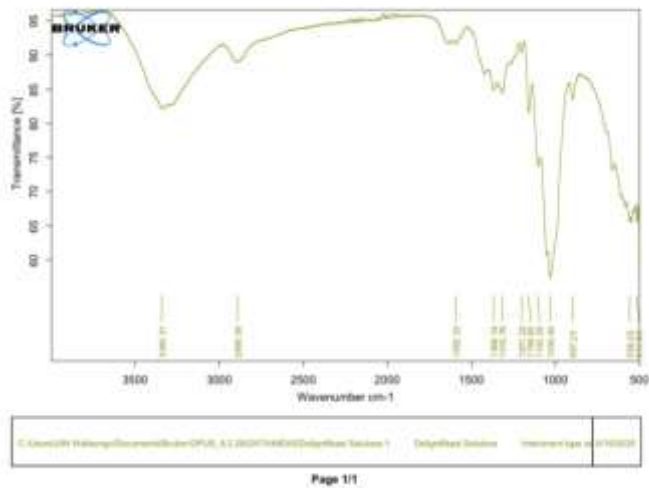


Lampiran 3 Data FTIR

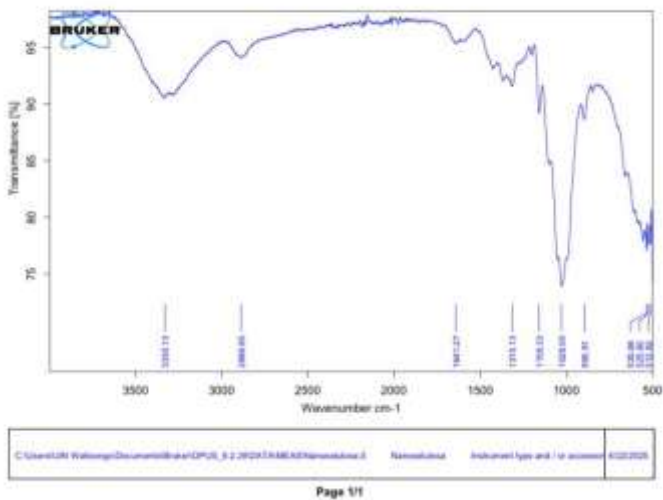
a. FTIR Ampas Tebu



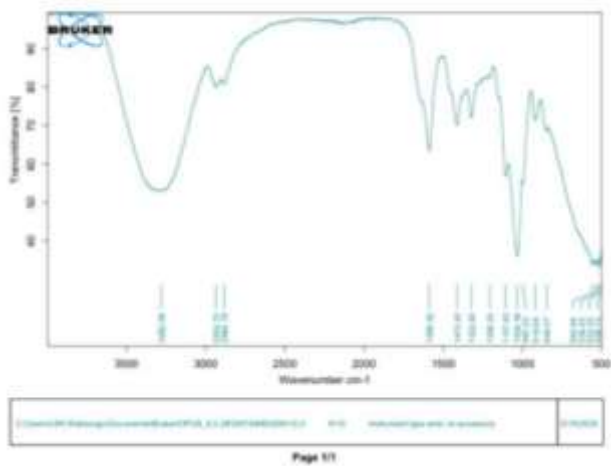
b. FTIR Delignifikasi



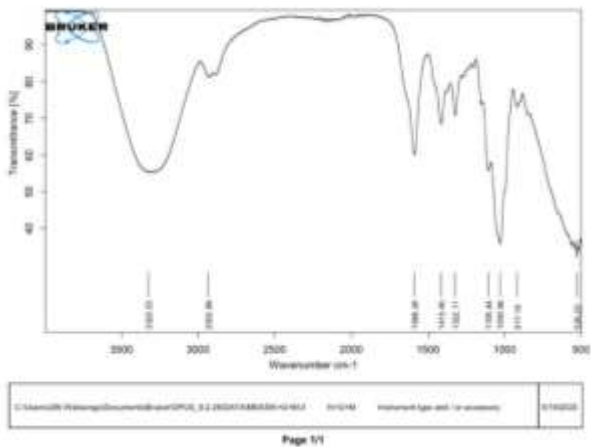
c. FTIR Mikroselulosa



d. FTIR Bioplastik Kitosan Gliserol



e. FTIR Bioplastik Kitosan-Gliserol-Mikroselulosa



Lampiran 4 Data Hasil Uji Kekuatan Mekanik Bioplastik

No	Bioplastik	Kuat Tarik (MPa)	Persen Elongasi (%)
1.	K+G	1,230	199,833
2.	K+G+M 0,2	4,456	109,333
3.	K+G+M 0,4	6,219	42,667
4.	K+G+M 0,6	8,892	42,000
5.	K+G+M 0,8	4,071	93,667

Lampiran 5 Uji Daya Serap Air

1. Sampel Bioplastik K-G

$$\begin{aligned}\text{Daya Serap (\%)} &= \frac{mt-mo}{mo} \times 100\% \\ &= \frac{0,1425-0,1175}{0,1175} \times 100\% \\ &= 21,277 \%\end{aligned}$$

2. Sampel Bioplastik K-G-MS 0,2

$$\begin{aligned}\text{Daya Serap (\%)} &= \frac{mt-mo}{mo} \times 100\% \\ &= \frac{0,1395-0,1178}{0,1178} \times 100\% \\ &= 18,421\end{aligned}$$

3. Sampel Bioplastik K-G-MS 0,4

$$\begin{aligned}\text{Daya Serap (\%)} &= \frac{mt-mo}{mo} \times 100\% \\ &= \frac{0,0810-0,0689}{0,0689} \times 100\% \\ &= 17,562\%\end{aligned}$$

4. Sampel Bioplastik K-G-MS 0,6

$$\begin{aligned}\text{Daya Serap (\%)} &= \frac{mt-mo}{mo} \times 100\% \\ &= \frac{0,0967-0,0835}{0,0835} \times 100\% \\ &= 15,808\%\end{aligned}$$

5. Sampel Bioplastik K-G-MS 0,8

$$\text{Daya Serap (\%)} = \frac{mt-mo}{mo} \times 100\%$$

$$= \frac{0,1560-0,1344}{0,1344} \times 100\%$$

$$= 16,071\%$$

Lampiran 6 Uji Biodegradasi

Uji Biodegradasi Bioplastik

Bioplastik	Pengurangan Massa Hari Ke- (%)				
	2	3	7	8	9
K-G	5,12	15,90	100		
K-G-M 0,2	4,41	11,54	47,31	68,87	85,6
K-G-M 0,4	4,15	11,24	29,05	31,46	44,85
K-G-M 0,6	2,27	5,62	20,75	24,63	31,33
K-G-M 0,8	2,93	6,27	23,68	25,36	32,05
	10	14	15	16	17
K-G					
K-G-M 0,2	100				
K-G-M 0,4	48,9	83,26	100		
K-G-M 0,6	41,6	57,16	71,22	87,81	100
K-G-M 0,8	42,09	60,75	80,08	100	

Lampiran 7 Dokumentasi

No	Gambar	Keterangan
1.		Ampas tebu dihaluskan
2.		Ampas tebu diayak dengan ayakan 100 mesh
3.		Ampas tebu dalam larutan NaOH 10% pada <i>magnetic stirrer</i>
4.		<i>Pulp</i> disaring dan dicuci dengan aquadest

5.		<i>Pulp</i> dalam larutan H_2O_2 2% dan NaOCl 5%
6.		<i>Pulp</i> dicuci dengan aquades
7.		Selulosa hasil isolasi
8.		Mikroselulosa sebelum ultrasonikasi

9.		Mikroselulosa setelah sonikasi
10.		Hasil mikroselulosa
11.		Sintesis Bioplastik
12.		Hasil Sintesis Bioplastik K-G

13.		Hasil Sintesis Bioplastik K-G-MS 0,2
14.		Hasil Sintesis Bioplastik K-G-MS 0,4
15.		Hasil Sintesis Bioplastik K-G-MS 0,6

16.		Hasil Sintesis Bioplastik K-G-MS 0,8
17.		Uji Daya Serap Air
17.		Uji Biodegradasi

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

A. Identitas Diri

Nama Lengkap : Anggun Niken Prasasti
Tempat, Tanggal Lahir : Pati, 29 Agustus 2003
Alamat : DSN Pojok Ds. Sumbermulyo Kec. Winong,
Kab. Pati
Nomor Telepon : 087734374695
Email : anggunniken1122@gmail.com

B. Riwayat Pendidikan

- | | |
|----------------------|------------------|
| 1. SDN 1 Sumbermulyo | Lulus Tahun 2015 |
| 2. SMPN 01 Winong | Lulus Tahun 2018 |
| 3. SMAN 1 JAKENAN | Lulus Tahun 2021 |

Semarang 24 Juni 2024



Anggun Niken Prasasti

NIM. 2108036007