

**PERBANDINGAN PENGGUNAAN PEMLASTIS GLISEROL
DENGAN SORBITOL TERHADAP KUALITAS BIOPLASTIK
BERBASIS SELULOSA SERBUK KAYU JATI (*Tectona
grandis*)-KITOSAN**

SKRIPSI

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



Oleh: **Nur Nisa Aeni Qolbi**

NIM: 1908036038

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
SEMARANG
2023**

**PERBANDINGAN PENGGUNAAN PEMLASTIS GLISEROL
DENGAN SORBITOL TERHADAP KUALITAS BIOPLASTIK
BERBASIS SELULOSA SERBUK KAYU JATI (*Tectona
grandis*)-KITOSAN**

SKRIPSI

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

Oleh: Nur Nisa Aeni Qolbi

NIM: 1908036038

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
SEMARANG
2023**

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertandatangan dibawah ini:

Nama : Nur Nisa Aeni Qolbi

NIM : 1908036038

Jurusan : Kimia

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul:

**PERBANDINGAN PENGGUNAAN PEMLASTIS GLISEROL
DENGAN SORBITOL TERHADAP KUALITAS BIOPLASTIK
BERBASIS SELULOSA SERBUK KAYU JATI (*Tectona
grandis*)-KITOSAN**

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

Semarang, 6 Oktober 2023

Pembuat Pernyataan,



Nur Nisa Aeni Qolbi
NIM. 1908036038

PENGESAHAN

Naskah skripsi berikut ini:

Judul : **Perbandingan Penggunaan Pemlastis Gliserol dengan Sorbitol Terhadap Kualitas Bioplastik Berbasis Selulosa Serbuk Kayu Jati (*Tectona Grandis*)-Kitosan**

Penulis : Nur Nisa Aeni Qolbi

NIM : 1908036038

Jurusan : Kimia

Telah diujikan dalam sidang munaqosyah oleh Dewan Penguji Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo dan dapat diterima sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana dalam bidang ilmu kimia.

Semarang, 20 Oktober 2023

DEWAN PENGUJI

Ketua Sidang

Zidni Azizati, M.Sc
NIP. 199011172018012001

Sekretaris Sidang

Rais Nur Latifah, M.Si
NIP. 199203042019032019

Penguji I

Dr. Hj. Malikhatusol Hidayah, ST3 M.Pd
NIP. 19830415200910001000

Penguji II

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

Pembimbing I

Zidni Azizati, M.Sc
NIP. 199011172018012001

Pembimbing II

Eka Nur Fitriani, M.Sc
NIP. 199303312019032018



NOTA DINAS

Semarang, 6 Oktober 2023

Yth. Ketua Program 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 : **Perbandingan Penggunaan Pemiastis Gliserol dengan Sorbitol Terhadap Kualitas Bioplastik Berbasis Selulosa Serbuk Kayu Jati (*Tectona grandis*)-Kitosan**

Nama : Nur Nisa Aeni Qolbi

NIM : 1908036038

Jurusan : Kimia

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

Wassalamu'alaikum. Wr. Wb.

Pembimbing I,



Zidni Azizati, M.Sc

NIP. 199011172018012001

NOTA DINAS

Semarang, 6 Oktober 2023

Yth. Ketua Program 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 : **Perbandingan Penggunaan Pemlastis Gliserol dengan Sorbitol Terhadap Kualitas Bioplastik Berbasis Selulosa Serbuk Kayu Jati (*Tectona grandis*)-Kitosan**

Nama : Nur Nisa Aeni Qolbi

NIM : 1908036038

Jurusan : Kimia

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

Wassalamu'alaikum. Wr. Wb.

Pembimbing II,



Ika Nur Fitriani, M.Sc

NIP. 199303312019032018

**PERBANDINGAN PENGGUNAAN PEMLASTIS GLISEROL
DENGAN SORBITOL TERHADAP KUALITAS BIOPLASTIK
BERBASIS SELULOSA SERBUK KAYU JATI (*Tectona
grandis*)-KITOSAN**

Nur Nisa Aeni Qolbi

NIM. 1908036038

ABSTRAK

Penumpukan sampah plastik dapat menyebabkan masalah bagi lingkungan dan kesehatan. Salah satu upaya untuk mengurangi penumpukan sampah plastik yaitu dengan membuat bioplastik. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu selulosa serbuk kayu jati (*Tectona grandis*). Tujuan penelitian ini untuk mengetahui karakteristik selulosa serbuk kayu jati dan mengetahui karakteristik serta kualitas bioplastik yang dihasilkan dengan penggunaan pemlastis berupa gliserol dan sorbitol. Tahapan penelitian ini meliputi ekstraksi selulosa dari serbuk kayu jati, pembuatan bioplastik selulosa-kitosan, serta pembuatan bioplastik selulosa-kitosan-gliserol dan selulosa-kitosan-sorbitol. Hasil penelitian menunjukkan adanya gugus fungsi -OH, C-H, C-O yang merupakan gugus khas selulosa dan gugus fungsi N-H yang merupakan gugus khas kitosan. Kualitas terbaik untuk penambahan pemlastis gliserol terdapat pada penambahan 0,5 mL gliserol dengan nilai kuat tarik sebesar 5,79 MPa, elongasi sebesar 10,3%, daya serap air sebesar 43,43%, dan terdegradasi sempurna pada hari ke-17. Kualitas terbaik untuk penambahan pemlastis sorbitol terdapat pada penambahan 1 mL sorbitol dengan hasil nilai kuat tarik 6,23 MPa, elongasi 13,7%, daya serap sebesar 67,46%, dan terdegradasi sempurna pada hari ke-14.

Kata kunci : *bioplastik, selulosa, kitosan, gliserol, sorbitol*

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul: “Perbandingan Penggunaan Pemplastis Gliserol dengan Sorbitol Terhadap Kualitas Bioplastik Berbasis Selulosa Serbuk Kayu Jati (*Tectona grandis*)-Kitosan” dengan sebaik-baiknya. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan pada junjungan kita Nabi Muhammad SAW yang kita nantikan syafaatnya kelak di hari akhir.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak lepas dari adanya bimbingan, motivasi, serta do'a dari berbagai pihak, maka dari itu penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Rektor UIN Walisongo Semarang, Bapak Prof. Dr. H. Imam Taufiq, M.Ag.
2. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang, Bapak Dr. H. Ismail, M.Ag.
3. Ketua dan Sekretaris Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi, Ibu Dr. Hj. Malikhatul Hidayah, S.T., M.Pd., M.T dan Ibu Mulyatun, S.Pd., M.Si.
4. Dosen pembimbing, Ibu Zidni Azizati, M.Sc dan Ibu Ika Nur Fitriani, M.Sc yang telah meluangkan waktunya untuk

memberikan ilmu, arahan, motivasi dan dengan penuh kesabaran serta ketulusan memberikan bimbingan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

5. Dosen wali, Bapak Kustomo, M.Sc yang senantiasa memberikan nasihat, motivasi, serta arahan kepada penulis selama masa studi.
6. Segenap Dosen FST dan staf pegawai khususnya jurusan Kimia UIN Walisongo Semarang, yang telah memberikan berbagai ilmu dan pengalaman kepada penulis selama dibangku perkuliahan.
7. Kedua orang tua penulis, Bapak Rosichin dan Ibu Nur Chasanah, sosok terhebat dalam hidup penulis yang tanpa henti mendo'akan, tanpa bosan mendengarkan keluh kesah, senantiasa mencurahkan kasih sayang yang tulus, memberikan nasihat, semangat, perhatian, serta dukungan secara moral dan finansial kepada penulis.
8. Kakak penulis, Nur Laela Fitriyah, Nurokhman, Nurisyanto, dan Nur Fitri Amalia yang senantiasa memberikan do'a terbaik, kasih sayang, dan motivasi kepada penulis dalam keadaan apapun.
9. Keluarga Besar Bani Sabrawi dan Keluarga Besar Bani Bunasir, khususnya keluarga Bapak Teguh Iman Arifianto dan Ibu Eny Rumiati yang telah menjadi rumah kedua bagi penulis di kota perantauan.

10. Sahabat terbaik penulis, Fina Ulyana dan Irva Scantika yang telah memberikan semangat kepada penulis dalam berproses hingga sekarang.
11. Sahabat di kota perantauan, Rina Alivia Nurhidayati dan Tarisma Cahyaningtyas yang telah menemani penulis melewati banyak hal di dunia perkuliahan dan selalu bersedia menjadi tempat untuk bertukar cerita.
12. Keluarga kecil di kota perantauan sekaligus teman seperjuangan penulis, Wahyu Wisnu Jati, Maulida Nuzula Rahma, Nurul Hidayah, Hudallil Chusnah, dan Fiki Shohihatul Hidayah yang selalu memberikan semangat kepada penulis.
13. Rekan KKN MMK Kelompok 33 terutama Ayasya Putri dan M. Risqi Maulana yang senantiasa memberikan semangat dan keluarga besar Desa Tegalrejo, Kab. Temanggung yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk menambah pengalaman serta wawasan dalam bermasyarakat.
14. Teman-teman seperjuangan khususnya jurusan Kimia Angkatan 2019 yang telah memberikan semangat selama perkuliahan.
15. Semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, maka dari itu penulis mengharapkan saran yang membangun agar bisa lebih baik. Semoga skripsi ini dapat membawa manfaat bagi penulis dan bagi pembaca. Aamiin.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Semarang, 6 Oktober 2023

Penulis,



Nur Nisa Aeni Qolbi

NIM. 1908036038

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
PENGESAHAN.....	iii
NOTA DINAS.....	iii
NOTA DINAS.....	iv
ABSTRAK.....	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah.....	7
C. Tujuan Penelitian.....	7
D. Manfaat Penelitian	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	9
A. Kajian Teori	9
B. Karakterisasi	19
C. Kajian Riset yang Relevan	26
D. Hipotesis.....	29

BAB III METODE PENELITIAN.....	31
A. Waktu dan Tempat Penelitian	31
B. Alat dan Bahan	31
C. Prosedur Kerja	32
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	39
A. Hasil Ekstraksi Selulosa Serbuk Kayu Jati.....	39
B. Pembuatan Bioplastik Selulosa-Kitosan	44
C. Pembuatan Bioplastik Selulosa-Kitosan-Gliserol.....	52
D. Pembuatan Bioplastik Selulosa-Kitosan-Sorbitol	60
BAB V PENUTUP	69
A. Kesimpulan.....	69
B. Saran	70
DAFTAR PUSTAKA.....	71
LAMPIRAN.....	83
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	119

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Standar Mutu Bioplastik.....	17
Tabel 2. 2 Hasil Serapan Selulosa	21
Tabel 4. 1 Hasil Serapan Selulosa.....	43
Tabel 4. 2 Hasil Serapan Bioplastik S-K.....	45
Tabel 4. 3 Hasil Uji Kekuatan Mekanik Bioplastik S-K	48
Tabel 4. 4 Hasil Uji Biodegradasi Bioplastik S-K.....	50
Tabel 4. 5 Hasil Uji Daya Serap Air Bioplastik S-K.....	51
Tabel 4. 6 Hasil Serapan Bioplastik S-K-G.....	53
Tabel 4. 7 Hasil Uji Kekuatan Mekanik Bioplastik S-K-G.....	56
Tabel 4. 8 Hasil Uji Biodegradasi Bioplastik S-K-G.....	58
Tabel 4. 9 Hasil Uji Daya Serap Air Bioplastik S-K-G	59
Tabel 4. 10 Hasil Serapan Bioplastik S-K-S.....	61
Tabel 4. 11 Hasil Uji Kekuatan Mekanik Bioplastik S-K-S	63
Tabel 4. 12 Hasil Uji Biodegradasi Bioplastik S-K-S.....	65
Tabel 4. 13 Hasil Uji Daya Serap Air Bioplastik S-K-S.....	66

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Serbuk Kayu Jati (a) Kasar (b) Halus.....	10
Gambar 2. 2 Struktur Selulosa	12
Gambar 2. 3 Struktur Kitosan	14
Gambar 2. 4 Struktur Kimia Gliserol.....	14
Gambar 2. 5 Struktur Kimia Sorbitol.....	16
Gambar 2. 6 Skema FTIR.....	20
Gambar 2. 7 Hasil FTIR Selulosa	21
Gambar 2. 8 Alat UTM	23
Gambar 4. 1 Mekanisme Proses Delignifikasi.....	40
Gambar 4. 2 Selulosa Serbuk Kayu Jati Hasil Ekstraksi.....	41
Gambar 4. 3 Spektrum FTIR Selulosa	42
Gambar 4. 4 Hasil FTIR Optimasi Selulosa.....	45
Gambar 4. 5 Spektrum FTIR (a) S-K 1:1 (b) S-K-G.....	53
Gambar 4. 6 Mekanisme Reaksi Selulosa-Kitosan-Gliserol...	55
Gambar 4. 7 Spektrum FTIR (a) S-K 1:1 (b) S-K-S.....	61

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Skema Prosedur Kerja.....	83
Lampiran 2. Hasil Pengujian Kekuatan Mekanik.....	90
Lampiran 3. Perhitungan Nilai Biodegradasi	91
Lampiran 4. Perhitungan Nilai Daya Serap Air	104
Lampiran 5. Hasil Pengujian FTIR.....	108
Lampiran 6. Dokumentasi	114

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Jumlah sampah di Indonesia berdasarkan laporan dari *National Plastic Action Partnership* (NPAP) pada tahun 2020 mencapai sekitar 33 juta ton dan sebanyak 17% diantaranya berupa sampah plastik. Sekitar 9% sampah plastik yang tidak dikelola bermuara di perairan Indonesia sehingga menyebabkan masalah bagi lingkungan dan kesehatan (NPAP, 2020). Sampah plastik menyebabkan masalah bagi lingkungan, seperti pencemaran air, udara, dan darat (Maskun *et al.*, 2022). Selain itu, sampah plastik juga dapat menyebabkan masalah bagi kesehatan yakni menimbulkan penyakit saluran pernafasan dan penyakit paru akibat dari polusi pembakaran limbahnya (Alfitri *et al.*, 2020).

Permasalahan lingkungan telah digambarkan dalam QS. Ar-Ruum (30): 41

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

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

Menurut Ahmad Mustafa Al-Maraghi ayat tersebut menjelaskan kerusakan yang ada di bumi ini baik di laut maupun di darat disebabkan oleh perbuatan manusia. Perbuatan manusia yang merusak bumi langsung diperingatkan oleh Allah SWT melalui bencana seperti banjir, kekeringan, kekurangan pangan. Peringatan Allah SWT bertujuan agar manusia kembali ke jalan yang benar, namun jika setelah diberi peringatan di dunia mereka tidak menghiraukannya, maka Allah SWT memberikan mereka peringatan di hari pembalasan (Ratnasari & Chodijah, 2020).

Plastik banyak digunakan dalam kehidupan manusia sehari-hari, seperti untuk peralatan rumah tangga, pengemas peralatan elektronik, pengemas makanan dan minuman (Tamiogy *et al.*, 2019). Plastik umumnya terbuat dari polietilena (PE), polipropilena (PP), dan polivinil klorida yang memiliki sifat sulit diuraikan oleh mikroorganisme (Maryam *et al.*, 2019). Beberapa penanganan untuk mengatasi limbah plastik sudah dilakukan diantaranya menerapkan konsep 3R, yakni *reuse* (menggunakan kembali), *reduce* (mengurangi), dan *recycle* (mendaur ulang) (Purwaningrum, 2016). Namun kegiatan tersebut tidak dapat mengatasi permasalahan penumpukan limbah plastik sehingga upaya lain yang

dapat dilakukan yaitu dengan membuat plastik yang mudah terurai (*biodegradable*) (Widiatmono *et al.*, 2021).

Bioplastik merupakan plastik yang mudah terurai (*degradable*) oleh mikroorganisme yang dibuat dari bahan terbarukan (Maesaroh *et al.*, 2021) seperti senyawa-senyawa yang terdapat dalam tanaman yaitu selulosa, pati, kitosan, kasein, kitin, dan kolagen (Asngad *et al.*, 2020). Salah satu bahan dasar pembuatan bioplastik yaitu selulosa. Selulosa adalah polimer alam yang keberadaannya melimpah dan sifatnya mudah untuk terurai (Mulyadi, 2019). Selulosa dapat ditemukan dalam berbagai sumber biomassa seperti pada serat rami, serat kelapa sawit, dan limbah kayu seperti serbuk gergaji kayu jati (Rahmi *et al.*, 2020). Selama ini, serbuk gergaji kayu jati hanya dimanfaatkan untuk media tumbuh jamur putih dan pembuatan briket. Serbuk gergaji kayu jati keberadaannya melimpah di Indonesia, salah satunya di daerah Kabupaten Tegal yang tidak dimanfaatkan sering dibiarkan tertumpuk hingga membusuk atau bahkan dibakar, sehingga berdampak negatif bagi lingkungan. Kayu jati salah satu jenis kayu yang tersebar secara luas di sebagian wilayah Indonesia yang memiliki kandungan selulosa sebesar 60% (Mursalim *et al.*, 2019). Kandungan selulosa yang dimiliki kayu jati lebih besar dibandingkan dengan selulosa serat

rami (26,33%) (Mudyantini, 2008), kelapa sawit (36,67%) (Isroi *et al.*, 2017), jerami padi (37,71%) (Pratiwi *et al.*, 2016) sehingga selulosa kayu jati berpotensi dijadikan bahan bioplastik. Bioplastik berbahan dasar selulosa memiliki tekstur yang mudah rusak, sehingga perlu adanya penambahan polimer lain, diantaranya kitosan (Rojtica, 2021).

Kitosan merupakan salah satu jenis polisakarida yang berlimpah di alam yang berfungsi sebagai bahan antimikroba serta sebagai penguat dalam membentuk film, sehingga dapat meningkatkan kuat tarik (Rojtica, 2021). Kitosan dapat dijadikan sebagai bahan tambahan dalam pembuatan bioplastik karena termasuk senyawa yang memiliki sifat tidak larut dalam air sehingga tidak mudah sobek, kuat, dan tahan terhadap air. Penelitian pembuatan bioplastik dengan penambahan kitosan kini sudah banyak dilakukan, diantaranya penelitian yang dilakukan oleh Hayati *et al.* (2020) mengenai pengaruh dari penambahan kitosan terhadap katakteristik bioplastik dari bahan selulosa limbah *nata de coco*, dalam penelitian tersebut dibuat dengan memvariasikan kitosan 2,5-3,5 gram, menghasilkan nilai kuat tarik dari 2,78 MPa menjadi 4,05 MPa. Penelitian tersebut menunjukkan bioplastik yang terbaik yaitu pada penambahan kitosan sebanyak 3,5 gram

dengan menghasilkan nilai kuat tarik sebesar 4,05 MPa. Berdasarkan hasil tersebut menunjukkan bahwa komposisi kitosan mempengaruhi nilai kuat tarik, yakni semakin besar komposisi kitosan yang ditambahkan, maka kuat tarik bioplastik semakin besar. Bioplastik dengan penambahan kitosan memiliki tekstur yang kaku namun dapat meningkatkan kekuatan tarik sehingga perlu adanya pemlastis (Nanda & Azizati, 2018).

Bioplastik diharapkan memiliki tekstur yang kuat serta memiliki sifat elongasi agar struktur bioplastik tidak mudah putus pada saat dilakukan uji mekanik, sehingga diperlukan penambahan pemlastis. Adanya penambahan pemlastis dapat meningkatkan nilai elongasi bioplastik yang dihasilkan, seperti pada penelitian yang dilakukan oleh Alifia (2021) mengenai pembuatan bioplastik dari bahan selulosa ampas tahu dengan penambahan pemlastis berupa gliserol meningkatkan hasil elongasi dari 1,2% menjadi 1,7%. Pada penelitian selanjutnya menyatakan bahwa pemlastis gliserol juga memiliki keunggulan dalam mengurai bioplastik, adanya penambahan gliserol dapat meningkatkan nilai biodegrasi bioplastik seperti penelitian yang dilakukan oleh Rojtica (2021), adanya penambahan gliserol dapat meningkatkan waktu degradasi bioplastik yaitu dari 13 hari menjadi 9 hari. Selain kelebihan tersebut,

pemlastis gliserol juga memiliki kelemahan yaitu memiliki nilai daya serap air yang terlalu tinggi, seperti pada hasil penelitian yang dilakukan oleh Alifia (2021) menunjukkan hasil kemampuan daya serap air dari 49,7% menjadi 196%.

Jenis pemlastis yang umum digunakan selain gliserol yaitu sorbitol. Penambahan sorbitol pada bioplastik dapat meningkatkan nilai elongasi ukuran bioplastik. Berdasarkan pada penelitian yang dilakukan oleh Putra *et al.* (2017) menyatakan bahwa, penambahan sorbitol meningkatkan nilai elongasi dari 4,63% menjadi 6,73%. Selain itu juga adanya penambahan sorbitol dapat meningkatkan nilai biodegradasi bioplastik, seperti pada hasil penelitian yang dilakukan oleh Afidin (2021) penambahan sorbitol pada bioplastik dari selulosa ampas tebu dapat mempercepat waktu terdegradasi yaitu dari 24 hari menjadi 12 hari. Penambahan sorbitol juga mempengaruhi nilai daya serap air pada bioplastik yang dihasilkan, seperti penelitian yang dilakukan oleh Afdal *et al.* (2022) mengenai pengaruh konsentrasi sorbitol pada pembuatan bioplastik dari selulosa tongkol jagung, menghasilkan nilai daya serap air dari 28,38% (penambahan 30% sorbitol) menjadi 70% (dengan penambahan 50% sorbitol). Berdasarkan uraian diatas,

peneliti akan melakukan perbandingan 2 pemlastis yaitu gliserol dengan sorbitol terhadap kualitas bioplastik berbasis selulosa serbuk kayu jati-kitosan.

B. Rumusan Masalah

1. Bagaimana karakteristik selulosa yang dihasilkan dari serbuk gergaji kayu jati?
2. Bagaimana karakteristik bioplastik selulosa serbuk kayu jati-kitosan-gliserol dan selulosa serbuk kayu jati-kitosan-sorbitol yang dihasilkan?
3. Bagaimana perbandingan kualitas bioplastik dengan penambahan pemlastis gliserol dan sorbitol?

C. Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui karakteristik selulosa yang dihasilkan dari serbuk gergaji kayu jati.
2. Untuk mengetahui karakteristik bioplastik selulosa serbuk kayu jati-kitosan-gliserol dan selulosa serbuk kayu jati-kitosan-sorbitol yang dihasilkan.
3. Untuk mengetahui perbandingan kualitas bioplastik dengan penambahan pemlastis gliserol dan sorbitol.

D. Manfaat Penelitian

1. Dapat memberikan informasi kepada peneliti selanjutnya mengenai selulosa serbuk kayu jati dapat dijadikan sebagai bioplastik.
2. Dapat menjadi salah satu solusi permasalahan penumpukan sampah plastik.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Kajian Teori

1. Serbuk Kayu Jati

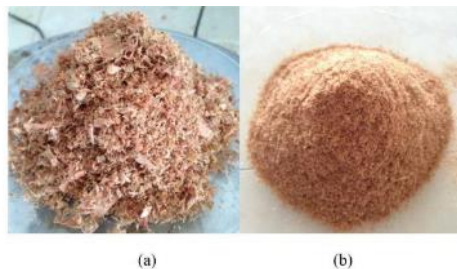
Pohon jati (*Tectona grandis*) termasuk salah satu jenis pohon yang menghasilkan kayu dengan kualitas tinggi, memiliki batang yang lurus, tingginya mencapai 30-40 m (Suryani *et al.*, 2020). Berikut klasifikasi ilmiah pohon jati (Mutmainnah, 2017):

Kerajaan : Plantae
Divisi : Magnoliophyta
Kelas : Magnoliopsida
Ordo : Lamiales
Famili : Lamiaceae
Genus : *Tectona*
Spesies : *Tectona grandis*

Pohon jati memiliki sifat kayu yang keras namun mudah dipotong sehingga biasanya dimanfaatkan untuk pembuatan *furniture* dan panel, karena dikenal sangat awet dan kuat (Suryani *et al.*, 2020). Jati merupakan spesies tumbuhan yang membutuhkan cahaya secara alami. Tumbuhan tersebut dapat hidup diberbagai iklim, dari daerah kering dengan curah hujan tahunan sebanyak 500 mm

hingga daerah basah dengan curah hujan sebanyak 5.000 mm dalam satu tahun. Pohon ini paling baik tumbuh di daerah yang memiliki curah hujan sekitar 1.200-2.500 mm per tahun dengan musim kemarau 3-5 bulan, suhu antara 27-36°C dan pada ketinggian lebih rendah dari 1.000 m (Bao *et al.*, 2022).

Jati merupakan salah satu jenis pohon yang sudah dikenal sejak lama, khususnya di Pulau Jawa. Jati ditemukan secara terbatas diluar Pulau Jawa, seperti: Pulau Sulawesi, Pulau Muna, Pulau Sumbawa, Pulau Bali, Pulau Sumatera dan Pulau Kalimantan (Murtinah *et al.*, 2015). Jati juga telah populer di dunia karena kualitas kayunya yang tinggi menyebabkan tingginya permintaan di pasar global. Tingginya penggunaan tersebut berdampak pada penumpukan limbah kayu, salah satunya adalah serbuk gergaji (Leto, 2021) yang ditunjukkan oleh gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Serbuk Kayu Jati (a) Kasar (b) Halus (Mufid *et al.*, 2018)

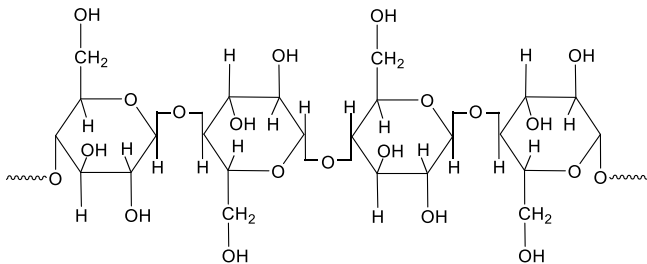
Serbuk kayu jati memiliki tekstur halus dengan warna coklat muda kemudian berwarna sawo matang jika lama terkena cahaya matahari dan udara (Mutmainnah, 2017). Serbuk gergaji kayu jati termasuk limbah dari pemotongan kayu jati, mengandung komponen kimia berupa selulosa, lignin, dan hemiselulosa dalam penyusunnya (Suryani *et al.*, 2020). Serbuk gergaji kayu jati memiliki kandungan selulosa sebanyak 60%, kandungan hemiselulosa sebanyak 14%, dan kandungan lignin sebanyak 26% (Mursalim *et al.*, 2019). Senyawa lignin yang terkandung dalam serbuk gergaji kayu memiliki peran sebagai pelindung selulosa (Leto, 2021).

2. Selulosa

Selulosa merupakan sumber daya alam yang terbarukan yang terdapat pada lignoselulosa bersama hemiselulosa, pektin, dan lignin (Mulyadi, 2019). Selulosa memiliki potensi menjadi bahan dasar pembuatan biopolimer (Husni *et al.*, 2018). Biopolimer jenis ini mempunyai sifat termoplastik yang berpotensi untuk dicetak atau dibentuk menjadi film kemasan (Pratiwi *et al.*, 2016). Selulosa juga memiliki kegunaan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol, pembuatan kain, serta pembuatan bioplastik (Dewanti, 2018).

Pada jaringan tumbuhan kayu seperti pada pohon jati, selulosa dapat ditemukan bersamaan dengan lignin dan hemiselulosa (Mulyadi, 2019).

Jenis polimer alam yang paling melimpah keadaannya dan ramah lingkungan yaitu selulosa, karena sifatnya dapat diuraikan, diperbarui, serta tidak beracun. Saat ini selulosa banyak digunakan dalam bidang industri sebagai bahan baku alternatif, sehingga menyebabkan meningkatnya penggunaan selulosa (Song *et al.*, 2009). Beberapa tumbuhan yang mengandung komposisi selulosa sebagai biopolimer plastik, diantaranya kulit buah kakao (Azmin *et al.*, 2020), limbah penggiling padi (Udyani *et al.*, 2021), tongkol jagung (Afdal *et al.*, 2022), dan beberapa tumbuhan lainnya. Struktur selulosa ditunjukkan pada gambar 2.2.



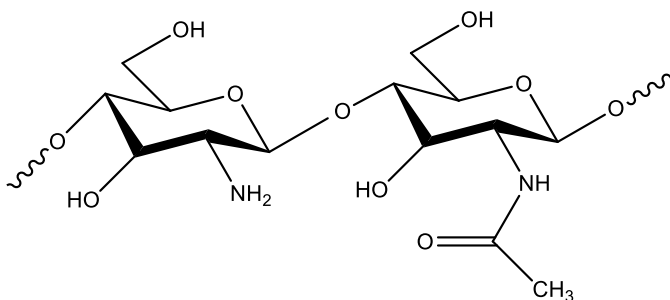
Gambar 2. 2 Struktur Selulosa (Mulyadi, 2019)

3. Kitosan

Kitosan adalah turunan dari kitin yang memiliki sifat hidrofobik dan ramah lingkungan serta tidak beracun sehingga banyak digunakan sebagai bahan pengisi dalam sintesis bioplastik karena sifatnya yang fleksibel, kuat, dan dapat membentuk lapisan tipis (Muhammad *et al.*, 2021). Kitosan merupakan padatan amorf berwarna putih memiliki sifat tidak larut dalam alkali dan asam mineral kecuali dengan keadaan tertentu. Kitosan dapat larut dengan menggunakan pelarut berupa asam format 10%, asam sitrat 10%, dan asam asetat 1%. Adapun larutan yang tidak dapat melarutkan kitosan seperti asam laktat, asam piruvat, dan asam organik dengan pH tertentu (Jabbar, 2017).

Sifatnya yang tidak beracun, biodegradabilitas, serta dapat membentuk film sehingga kitosan efektif sebagai bahan tambahan dalam pembuatan bioplastik. Dalam proses pembuatan polimer berbahan kitosan akan lebih baik jika digunakan pelarut berupa asam asetat dengan konsentrasi 1-2% (Fahnur, 2017). Hasil penelitian dari Muhammad *et al* (2021) menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi kitosan maka akan semakin banyak ikatan hidrogen yang terdapat pada bioplastik sehingga ikatan kimia pada bioplastik

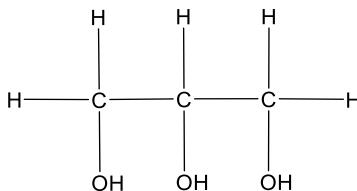
semakin sulit diputus dan menghasilkan bioplastik yang lebih kuat. Struktur kitosan ditunjukkan pada gambar 2.3.



Gambar 2. 3 Struktur Kitosan
(Purwanti & Yusuf, 2014)

4. Gliserol

Gliserol memiliki rumus kimia $C_3H_5(OH)_3$ merupakan senyawa trihidrik alkohol berbentuk cairan kental dengan rasa manis, tak berwarna, memiliki titik leleh sebesar 20°C , dan titik didih sebesar 290°C serta memiliki sifat larut dalam air (Fahnur, 2017). Struktur gliserol dapat dilihat pada gambar 2.4.



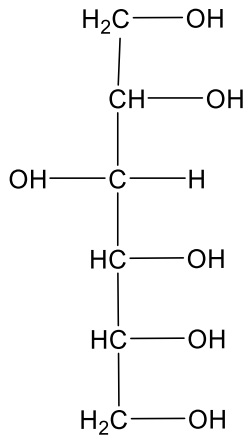
Gambar 2. 4 Struktur Kimia Gliserol (Jabbar, 2017)

Gliserol merupakan pemlastis yang murah serta mudah untuk diperoleh, selain itu memiliki sifat dapat diperbaharui dan ramah terhadap lingkungan karena dapat didegradasi oleh alam (Sartika, 2017). Telah banyak penelitian mengenai pengaruh penambahan gliserol sebagai pemlastis, diantaranya penelitian yang dilakukan oleh Rojtica, (2021) bioplastik tanpa adanya penambahan pemlastis menghasilkan nilai kuat tarik sebesar 6,3049 MPa sedangkan pada penambahan pemlastis berupa gliserol sebanyak 1 mL menghasilkan nilai kuat tarik sebesar 3,6887 MPa. Namun penambahan pemlastis dapat meningkatkan nilai elastisitas bioplastik yaitu dari 16,1275% menjadi 18,6210% serta dapat mempercepat waktu degradasi bioplastik yaitu dari 12 hari (tanpa pemlastis) menjadi 10 hari (1 mL pemlastis gliserol).

5. Sorbitol

Sorbitol merupakan salah satu bahan *additive* yang berfungsi sebagai pemlastis yang banyak terdapat di alam. Sorbitol memiliki sifat ramah lingkungan, tidak beracun, dan dapat menghambat penguapan air dalam produk (Asngad *et al.*, 2020). Sorbitol sering digunakan sebagai pemlastis yang dapat meningkatkan

fleksibilitas dan kekuatan intermolekuler. Sorbitol memiliki sifat dapat berikatan dengan air (Afrianto, 2014). Struktur kimia sorbitol ditunjukkan pada gambar 2.5.



Gambar 2. 5 Struktur Kimia Sorbitol (Afrianto, 2014)

Penelitian mengenai penambahan sorbitol sebagai pemlastis salah satunya penelitian yang telah dilakukan oleh Udyani *et al.* (2021) dengan hasil percobaan semakin banyak penambahan sorbitol sebagai pemlastis meningkatkan hasil persentase *swelling* namun menurunkan kuat tarik dari bioplastik. Penelitian yang dilakukan oleh Purbasari *et al.* (2020) menyimpulkan bahwa dengan adanya peningkatan konsentrasi penambahan pemlastis baik berupa gliserol ataupun sorbitol dapat menurunkan kuat tarik

bioplastik namun dapat meningkatkan biodegradabilitas pada hasil bioplastik.

6. Bioplastik

Bioplastik dikenal juga sebagai plastik *biodegradable*. Plastik tersebut dapat digunakan seperti plastik konvensional tetapi dapat terurai oleh mikroorganisme (Saputro & Ovita, 2017). Perkembangan bioplastik saat ini menjadi salah satu solusi untuk mengatasi permasalahan plastik *nondegradable*. Bioplastik merupakan jenis plastik yang dapat digunakan seperti plastik konvensional namun mudah terurai secara alami oleh mikroorganisme (Tamiogy *et al.*, 2019). Plastik *biodegradable* dibagi menjadi dua kelompok berdasarkan bahan baku yang dipakai, yaitu kelompok dengan bahan baku petrokimia dan kelompok dengan bahan baku produk tanaman seperti pati dan selulosa (Ginting & Amdani, 2015). Standar mutu bioplastik terdapat dalam Standar Nasional Indonesia (SNI) No. 7188.7:2016 yang ditunjukkan pada tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Standar Mutu Bioplastik

No.	Standar Mutu Bioplastik	Nilai
1.	Nilai kuat tarik	1-10 MPa
2.	Nilai elongasi	10-20%
3.	Nilai daya serap air	21,5%
4.	Nilai biodegradasi	100% dalam 60 hari

Jumlah kemasan meningkat pada kalangan industri makanan namun plastik konvensional membutuhkan waktu bertahun-tahun untuk dapat terdegradasi serta dapat menghasilkan racun pada saat proses degradasinya. Ketersediaan plastik konvensional memiliki biaya yang murah sehingga bioplastik terabaikan karena biaya produksi yang tinggi namun dengan penggunaan bioplastik dapat menjadi solusi untuk mengurangi dampak lingkungan dari plastik, seperti polutan beracun, jumlah emisi CO₂ dari plastik sehingga mengurangi pemanasan global dan meningkatnya keseimbangan CO₂ di atmosfer (Azmin *et al.*, 2020).

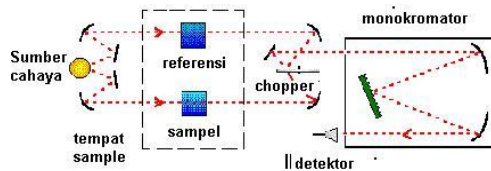
Bahan yang cocok digunakan dalam pembuatan bioplastik adalah bahan yang memiliki tingkat biodegradabilitas yang tinggi. Bahan dasar pembuatan bioplastik ketersediaannya melimpah di alam dengan struktur yang dimiliki bahan tersebut tidak beracun (Maesaroh *et al.*, 2021). Bahan dasar plastik konvensional pada umumnya berupa petroleum, gas alam, atau batu bara, namun bioplastik terbuat dari bahan yang dapat diperbaharui, yaitu material yang berasal dari senyawa-senyawa yang terdapat dalam tanaman seperti selulosa, pati, kolagen,

kasein, dan protein atau lipid yang terdapat dalam hewan (Saputro & Ovita, 2017).

B. Karakterisasi

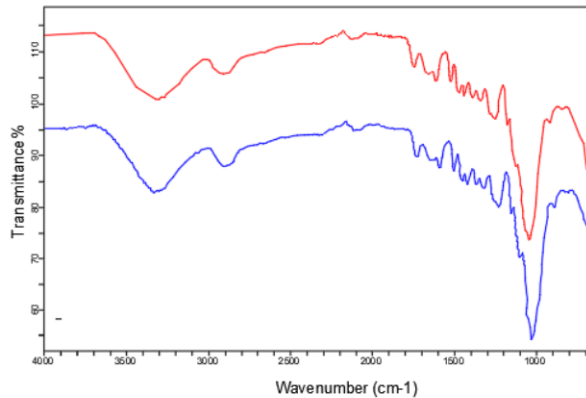
1. Gugus Fungsi

Salah satu teknik yang efektif untuk mempelajari gugus fungsi suatu senyawa yaitu dengan menggunakan spektrofotometer FTIR yang didasarkan pada panjang gelombang dan intensitas penyerapan radiasi IR yang mengakibatkan vibrasi masing-masing gugus fungsi dengan bilangan gelombang 4000-400 cm^{-1} sebagai acuan dari vibrasi molekul senyawa organik (Mulyadi, 2019). FTIR adalah cara yang dilakukan untuk pengujian yang bertujuan untuk mengetahui karakteristik secara kimia gugus fungsi yang dihasilkan dari bioplastik. Sebagian sinar radiasi IR diserap oleh sampel dan sebagian lainnya ditransmisikan. Analisis tersebut bertujuan untuk mengetahui proses pencampuran secara fisika maupun kimia yang terjadi dalam pembuatan bioplastik. Hasil pengujian berupa data *peak* dengan rentang serapan tertentu yang menunjukkan gugus-gugus yang menyusun bioplastik (Widiatmono *et al.*, 2021). Skema FTIR ditunjukkan pada gambar 2.6.



Gambar 2. 6 Skema FTIR (Isnaini, 2019)

Cara kerja dari FTIR yaitu suatu cahaya akan melewati sampel, kemudian detektor mengukur intensitas cahaya dan hasil pembacaan dari FTIR akan tergambar dalam bentuk spektrum (Jannah, 2017). Sampel bioplastik dipotong kemudian disesuaikan dengan spektrum yang ada. Spektrum FTIR direkam dengan menggunakan spektrofotometer pada suhu ruang. Data yang diperoleh berupa gambar spektrum antara bilangan gelombang dan transmitasi sehingga dapat diketahui gugus fungsi yang terdapat dalam bahan bioplastik yang dihasilkan. Hasil interpretasi spektra kemudian digunakan untuk menjelaskan gugus fungsi yang terdapat dalam hasil bioplastik (Elisusanti *et al.*, 2019). Salah satu material penyusun bioplastik yaitu selulosa dengan hasil analisis FTIR yang ditunjukkan pada gambar 2.7.



Gambar 2. 7 Hasil FTIR Selulosa
(Prameswari *et al.*, 2020)

Berdasarkan pada hasil FTIR yang diperoleh, bilangan gelombang untuk gugus fungsi penyusun selulosa yaitu ditunjukkan pada tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Hasil Serapan Selulosa

No.	Gugus Fungsi	Hasil Serapan Selulosa Sintesis (cm ⁻¹)
1.	O-H	3332.24
2.	C-H	2907.32
3.	C-O	1237.47

2. Uji Kekuatan Mekanik

a. Uji Kuat Tarik

Uji kuat tarik adalah uji mekanik yang dilakukan untuk mengetahui respon dari material suatu komponen dan konstruksi pada saat dikenakan beban (Tamiogy *et al.*, 2019). Kuat tarik

merupakan besar gaya yang dibutuhkan sampai bioplastik putus. Rendahnya nilai kuat tarik pada bioplastik menunjukkan bahwa bioplastik tersebut mudah rusak, sedangkan tingginya nilai kuat tarik bioplastik menunjukkan bahwa bioplastik tersebut dapat melindungi produk dari gesekan atau benturan (Nanda & Azizati, 2018). Nilai kuat tarik bioplastik menurut SNI (Standar Nasional Indonesia) 7188.7:2016 yaitu 1-10 MPa (Rojtica, 2021). Uji kuat tarik dapat dihitung menggunakan persamaan 2.1:

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

Keterangan:

σ = Kuat tarik (MPa)

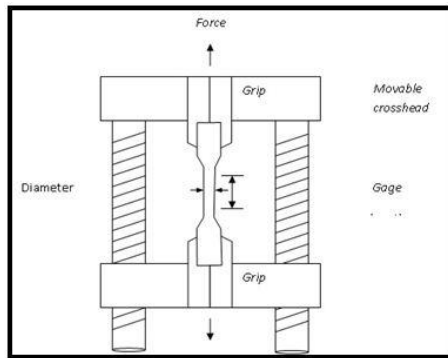
F = Gaya tarik (N)

A = Luas penampang melintang (mm²)

(Lailyningtyas *et al.*, 2020)

Pengujian kuat tarik dapat dilakukan menggunakan alat UTM (*Universal Testing Machine*). Prinsip kerja dari alat tersebut yaitu menarik material uji hingga putus. Cara kerja UTM pada uji tarik yaitu kedua ujung benda uji dijepit, kemudian salah satu ujungnya dihubungkan dengan alat pengukur beban mesin uji dan ujung

lainnya dihubungkan dengan alat regangan. parameter akan menampilkan nilai atau data kekuatan maksimum pada material uji (Isnaini, 2019). Alat UTM ditunjukkan pada gambar 2. 8.



Gambar 2. 8 Alat UTM (Rahman & Mahyudin, 2020)

b. Uji Elongasi

Elongasi yaitu pertambahan panjang suatu material saat diuji dengan beban tarik, dinyatakan dalam satuan panjang. Persen elongasi adalah persen pemanjangan pada saat putusnya benda uji. Pengukuran dilakukan dengan cara yang sama seperti kuat tarik yaitu dilakukan dengan menggunakan alat UTM (Sartika, 2017). Elongasi dapat ditentukan dengan membandingkan pertambahan panjang dengan panjang semula

(Jannah, 2017). Nilai uji elongasi bioplastik menurut SNI (Standar Nasional Indonesia) 7188.7:2016 yaitu 10-20%. Uji elongasi dapat dihitung menggunakan persamaan 2.2.

$$\text{elongasi} = \frac{\Delta L}{L_o} \times 100\% \quad (2.2)$$

Keterangan:

ΔL = penambahan panjang (cm)

L_o = panjang mula-mula (cm)

3. Biodegradasi

Degradasi plastik dapat terjadi dengan bantuan mikroorganisme seperti jamur, bakteri, *actinomycetes* menggunakan karbon dari plastik sebagai sumber energi untuk melakukan proses metabolisme dengan produk metabolit berupa H₂O, CO₂, serta NH₃. Mekanisme degradasi polimer biasanya melalui reaksi hidrolisis dimana terjadi pemotongan rantai secara acak yang terjadi pada gugus fungsi sehingga menyebabkan penurunan berat molekul. Proses ini dipengaruhi oleh laju difusi air melalui polimer, serta faktor lingkungan (kelembaban, suhu, pH, dan oksigen) (Purbasari *et al.*, 2020).

Nilai uji biodegradasi menurut SNI (Standar Nasional Indonesia) 7188.7:2016 yaitu 100% terurai dalam 60 hari (Rojtica, 2021). Uji degradasi dapat

ditunjukkan dari tingkat kerusakan pada bioplastik. Kerusakan tersebut dapat diketahui dari hasil pengurangan antara massa dari bioplastik sebelum dikubur dalam tanah (m_o) dengan massa dari bioplastik setelah dikubur (m_1) (Amalia *et al.*, 2019) seperti yang ditunjukkan pada persamaan 2.3.

$$\%m = \frac{m_o - m_1}{m_o} \times 100\% \quad (2.3)$$

Keterangan:

m = massa (g)

m_o = massa sebelum dikubur (g)

m_1 = massa setelah dikubur (g)

(Amalia *et al.*, 2019)

4. Uji Daya Serap Air

Bioplastik yang dihasilkan diharapkan dapat menyerap sangat sedikit air atau memiliki daya serap air yang rendah pada bahan tersebut. Selulosa yang terkandung dalam bioplastik juga mempengaruhi jumlah penyerapan air. banyaknya selulosa akan meningkatkan nilai hidrofobisitas bioplastik yang dihasilkan (Wahyudi *et al.*, 2020). Nilai daya serap air bioplastik menurut SNI (Standar Nasional Indonesia) 7188.7:2016 yaitu 21,5% (Rojtica, 2021). Nilai daya serap air dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.4.

$$\text{air yang diserap} = \frac{W - W_o}{W_o} \times 100\% \quad (2.4)$$

Keterangan:

W = massa sampel akhir (keadaan basah) dalam satuan gram (g)

W_o = massa sampel awal (keadaan kering) dalam satuan gram (g)

(Amalia *et al.*, 2019)

C. Kajian Riset yang Relevan

Penelitian yang dilakukan oleh Leto (2021) menyatakan bahwa selulosa serbuk kayu jati diperoleh dari proses delignifikasi menggunakan larutan NaOH dan proses hidrolisis asam dengan larutan H₂SO₄. Kadar selulosa yang diperoleh dari penelitian tersebut yaitu sebanyak 77,6%. Oleh karena itu, tingginya kandungan selulosa pada serbuk kayu jati menjadikan bahan tersebut berpotensi menjadi bahan baku pembuatan bioplastik.

Penelitian yang dilakukan oleh Dewanti (2018) mengenai potensi selulosa dari limbah TKKS (Tandan Kosong Kelapa Sawit) untuk bahan baku bioplastik. Selulosa dari TKKS yang telah diekstraksi melalui dua tahapan yaitu proses delignifikasi menggunakan natrium hidroksida (NaOH) 12% selama 3 jam dan proses *bleaching*

dengan hidrogen peroksida (H_2O_2) 10% selama 1,5 jam menghasilkan yield selulosa sebesar 34%.

Penelitian yang dilakukan oleh Jannah (2017) mengenai pembuatan film bioplastik dengan variasi selulosa 0,4; 0,6; 0,8; 1; dan 1,2 gram dengan penambahan 0,8 gram kitosan dan pemlastis sorbitol sebanyak 2 mL menghasilkan nilai persen elongasi secara berturut-turut sebesar 9,93%; 6,66%; 6,51%; 4,75%; dan 3,63%. Dari data tersebut diketahui konsentrasi optimum selulosa yaitu terdapat pada penambahan selulosa sebanyak 0,4 gram.

Penelitian yang telah dilakukan oleh Pratiwi *et al.* (2016) mengenai pembuatan bioplastik dengan penambahan perbandingan kitosan dengan selulosa sebesar 3:10, 4:10, dan 5:10 menghasilkan nilai daya serap air secara berturut-turut sebesar 154,65%, 119,21%, dan 93,873% dan nilai kuat tarik yang dihasilkan secara berturut-turut yaitu 4,2 MPa, 13,8 MPa, dan 4,1 MPa.

Penelitian yang telah dilakukan oleh Hayati *et al.* (2020) mengenai pengaruh dari penambahan kitosan terhadap katakteristik bioplastik dari bahan selulosa limbah *nata de coco*. Dalam percobaan tersebut dibuat variasi kitosan, yaitu 2,5 gram; 3 gram; dan 3,5 gram. Adanya penambahan kitosan mempengaruhi nilai kuat

tarik pada bioplastik yang dihasilkan. Hasil nilai kuat tarik bioplastik secara berturut-turut yaitu 3,40 MPa; 4,05 MPa; dan 4,17 MPa, sehingga dari hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin banyak penambahan kitosan maka nilai kuat tarik bioplastik yang dihasilkan semakin meningkat.

Penelitian yang dilakukan oleh Tamiogy *et al.* (2019) mengenai pemanfaatan selulosa dari limbah kulit buah pinang pada pembuatan bioplastik, dalam percobaan tersebut dibuat dengan memvariasikan gliserol 0,5 gram, 1 gram, dan 1,5 gram dengan hasil penelitian tersebut menunjukkan bioplastik yang terbaik yaitu pada penambahan gliserol sebanyak 1,5 gram dengan menghasilkan densitas sebesar 0,315 g/mL, kuat tarik 17,75 kgf/mm², dan daya serap air 120,57%.

Penelitian yang dilakukan oleh (Hamzah *et al.*, 2021) mengenai pengaruh penambahan gliserol terhadap sifat fisik bioplastik dari selulosa tandan kosong kelapa sawit, dalam percobaan tersebut dibuat dengan memvariasikan gliserol 1%-3% dengan hasil penelitian tersebut menunjukkan bioplastik yang terbaik yaitu pada penambahan gliserol sebanyak 1% dengan nilai daya serap sebesar 2,26%, kuat tarik sebesar 2,430 MPa, elongasi sebesar 18,95%, dan terdegradasi selama 2 minggu.

Penelitian yang dilakukan oleh Udyani *et al.* (2021) mengenai penambahan pemlastis berupa sorbitol dari bahan baku berupa limbah penggilingan padi, dalam percobaan tersebut dibuat dengan memvariasikan sorbitol 1:10; 2:10; 3:10; 4:10 dan 5:10 (v:b) limbah penggilingan padi, mendapatkan hasil percobaan tertinggi pada variasi sorbitol dan limbah penggilingan padi 5:10 (v:b) dengan nilai kuat tarik tertinggi sebesar 64,27 MPa dan nilai daya serap air terbaik sebesar 25%. Semakin banyak penambahan sorbitol sebagai pemlastis meningkatkan hasil persentase daya serap air dari bioplastik.

D. Hipotesis

Penambahan gliserol mampu meningkatkan nilai persen elongasi dari 1,2% menjadi 1,7% dan mampu mempercepat waktu degradasi bioplastik dari 13 hari menjadi 9 hari. Selain itu juga meningkatkan nilai daya serap air dari 49,7% menjadi 196%. Pada penambahan sorbitol mampu meningkatkan nilai persen elongasi dari 4,63% menjadi 6,73%, mampu mempercepat waktu degradasi bioplastik dari 24 hari menjadi 12 hari, serta dapat meningkatkan nilai daya serap air dari 28,38% menjadi 70%. Penggunaan pemlastis gliserol maupun sorbitol dapat meningkatkan nilai elongasi, nilai daya

serap air, dan nilai biodegradasi, sehingga penggunaan pemlastis gliserol maupun sorbitol mempengaruhi kualitas bioplastik yang dihasilkan dari selulosa serbuk kayu jati-kitosan.

BAB III METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember 2022 hingga Agustus 2022 di Laboratorium Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.

B. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut:

1. Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya adalah termometer, ayakan 200 mesh, pipet tetes, corong gelas, cetakan plastik, gelas ukur, erlenmeyer, gelas kimia, neraca analitik, *hotplate stirrer (Dlab MS7-H550-S)*, oven (*Memmert*), *Universal Testing Machine (Brookfield CT 3 4500)*, spektrofotometer FTIR (*PerkinElmer Spectrum IR Version 10.6.1*).

2. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya adalah serbuk kayu jati yang diambil dari Desa Debong Wetan, Dukuhturi, Kab. Tegal, tanah kompos, indikator pH universal, kertas saring, akuades, kitosan, gliserol, sorbitol, reagen kimia pro analis (p.a): natrium hidroksida (NaOH) 1M, natrium hipoklorit (NaOCl) 5%, asam sulfat (H_2SO_4) 2N, asam asetat (CH_3COOH) 2% PT Acidatama.

C. Prosedur Kerja

1. Preparasi Awal

Sampel (serbuk kayu jati) diambil dari limbah hasil pengolahan kayu jati dikeringkan di bawah sinar matahari hingga kering kemudian diayak dengan ukuran 100 mesh dan dihasilkan serbuk kayu jati halus.

2. Ekstraksi Selulosa

a. Proses Delignifikasi

Sampel (serbuk halus kayu jati) sebanyak 50 gram direndam dalam 1 L larutan NaOH 1M kemudian dipanaskan menggunakan *magnetic*

stirrer pada suhu 70°C selama 3 jam. Sampel disaring dan dibilas dengan akuades untuk menghilangkan sisa-sisa NaOH sampai pH netral tercapai ((Gian A. *et al.*, 2017); (Isnaini, 2019)).

b. Proses *Bleaching*

Sampel dilanjutkan dengan proses *bleaching* selama 1 jam pada suhu 55°C di atas *hotpalet* dengan *magnetic stirrer* menggunakan 800 mL NaOCl 5%. Sampel yang sudah *dibleaching*, dibilas dengan menggunakan akuades untuk menghilangkan residu sampai pH netral.

c. Proses Hidrolisis Asam

Sampel ditambahkan 60 mL H₂SO₄ 2N pada 70°C selama 30 menit dengan menggunakan *magnetic stirrer* setelah proses *bleaching*, kemudian dibilas dengan akuades hingga pH netral dan dikeringkan dalam oven. Sampel yang telah dikeringkan selanjutnya dihaluskan dan diayak hingga diperoleh hasil berupa serbuk selulosa. Uji karakterisasi selulosa dilakukan dengan menggunakan FTIR.

3. Pembuatan Bioplastik Selulosa-Kitosan

Kitosan sebanyak 1 gram dimasukkan ke dalam gelas kimia 250 mL kemudian dilarutkan dengan 80 mL CH_3COOH 2%. Campuran diaduk selama 30 menit menggunakan *magnetic stirrer* pada suhu 50°C , kemudian pada campuran yang terbentuk ditambahkan selulosa dengan variasi 1 gram; 3 gram; dan 5 gram. Larutan dihomogenkan dengan menggunakan *magnetic stirrer* selama 30 menit pada suhu 80°C , kemudian dituangkan pada plat cetakan dan dikeringkan pada udara terbuka hingga membentuk lembaran bioplastik. Bioplastik selulosa-kitosan dilakukan karakterisasi gugus fungsi dengan FTIR, uji kekuatan mekanik (kuat tarik dan elongasi) dengan UTM, uji biodegradasi, dan uji daya serap air (Isnaini, 2019).

4. Pembuatan Bioplastik Selulosa-Kitosan-Glisierol

Kitosan sebanyak 1 gram dimasukkan ke dalam gelas kimia 250 mL kemudian dilarutkan dengan 80 mL CH_3COOH 2%. Campuran diaduk selama 30 menit menggunakan *magnetic stirrer* pada suhu 50°C , kemudian pada campuran yang terbentuk

ditambahkan komposisi selulosa yang paling optimum pada tahap 3. Campuran yang sudah terbentuk selanjutnya ditambahkan gliserol dengan variasi 0,5 mL; 1 mL; 1,5 mL; dan 2 mL, kemudian diaduk selama 30 menit pada suhu 80°C menggunakan *magnetic stirrer*. Masing-masing campuran dituangkan pada plat cetakan dan dikeringkan pada udara terbuka. Bioplastik selulosa-kitosan-gliserol dilakukan karakterisasi gugus fungsi dengan FTIR, uji kekuatan mekanik (kuat tarik dan elongasi) dengan UTM, uji biodegradasi, dan uji daya serap air (Isnaini, 2019).

5. Pembuatan Bioplastik Selulosa-Kitosan-Sorbitol

Kitosan sebanyak 1 gram dimasukkan ke dalam gelas kimia 250 mL kemudian dilarutkan dengan 80 mL CH₃COOH 2%. Campuran diaduk selama 30 menit menggunakan *magnetic stirrer* pada suhu 50°C, kemudian pada campuran yang terbentuk ditambahkan komposisi selulosa yang paling optimum pada tahap 3. Campuran yang sudah terbentuk selanjutnya ditambahkan sorbitol dengan variasi 0,5 mL; 1 mL; 1,5 mL; dan 2 mL, kemudian diaduk selama 30 menit pada suhu 80°C menggunakan *magnetic stirrer*. Masing-masing campuran dituangkan pada plat

cetakan dan dikeringkan pada udara terbuka. Bioplastik selulosa-kitosan-sorbitol dilakukan karakterisasi gugus fungsi dengan FTIR, uji kekuatan mekanik (kuat tarik dan elongasi) dengan UTM, uji biodegradasi, dan uji daya serap air (Isnaini, 2019).

6. Pengujian Bioplastik

a. Uji Kekuatan Mekanik

1) Uji Kuat Tarik

Sampel dipotong dengan ukuran 2×10 cm. Uji kuat tarik dilakukan dengan menggunakan UTM (*Universal Testing Machine*) untuk mengetahui sifat mekanik dari bioplastik yang dihasilkan (Lailyningtyas *et al.*, 2020).

2) Uji Elongasi

Sampel dipotong dengan ukuran 2×10 cm. Uji kuat tarik dilakukan dengan menggunakan UTM (*Universal Testing Machine*) untuk mengetahui sifat mekanik dari bioplastik yang dihasilkan (Lailyningtyas *et al.*, 2020).

b. Uji Biodegradasi

Bioplastik selulosa-kitosan, selulosa-kitosan-gliserol, selulosa-kitosan-sorbitol dipotong dengan ukuran 1×3 cm kemudian dipastikan semua sampel yang diuji memiliki massa yang sama. Selanjutnya dikubur dalam tanah kompos pada posisi kedalaman yang sama selama interval waktu perhari dari mulai 0 hari, 1 hari, 2 hari, 3 hari, dan seterusnya. Amati berapa waktu yang dibutuhkan masing-masing sampel bioplastik untuk terdegradasi secara sempurna dalam tanah kompos. Uji biodegradasi bioplastik dapat dihitung dengan persamaan 2.3 (Amalia *et al.*, 2019).

c. Uji Daya Serap Air

Bioplastik dipotong dengan ukuran 2×2 cm kemudian ditimbang massa awal (W_0), selanjutnya dimasukkan dalam gelas berisi akuades selama 10 detik. Air pada permukaan bioplastik dihilangkan dengan tisu kemudian ditimbang (W). Uji ketahanan air dapat dihitung dengan persamaan 2.4 (Tamiogy *et al.*, 2019).

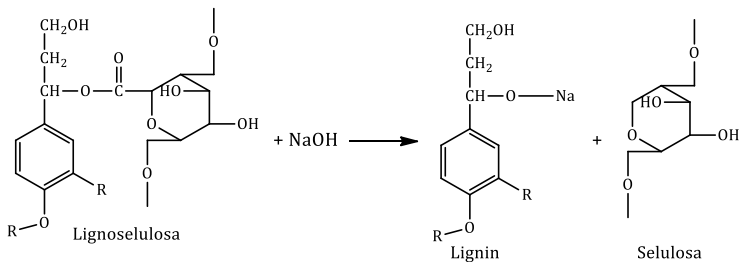
BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Ekstraksi Selulosa Serbuk Kayu Jati

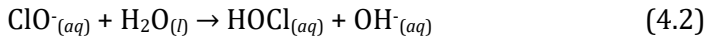
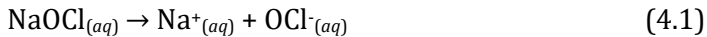
Pada penelitian ini memanfaatkan serbuk kayu jati sebagai sumber selulosa yang sebelumnya telah dilakukan preparasi dengan cara dijemur untuk menghilangkan kandungan air didalamnya. Kandungan selulosa dalam serbuk kayu jati dapat dipisahkan dari senyawa lain melalui proses ekstraksi. Metode ekstraksi selulosa serbuk kayu jati dilakukan dengan melalui beberapa proses, yaitu delignifikasi, *bleaching*, dan hidrolisis asam sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Isnaini (2019). Proses delignifikasi merupakan proses penghilangan lignin, sebab serbuk kayu jati memiliki kandungan polisakarida yang terdiri dari selulosa dan hemiselulosa yang terikat kuat dengan lignin. Pada proses delignifikasi dalam penelitian ini menggunakan pelarut alkali berupa NaOH 1M. Berdasarkan pernyataan dari Trisanti *et al.* (2018) larutan NaOH dapat merusak ikatan ester pada lignoselulosa yang menghubungkan antara lignin dan selulosa. Ion OH⁻ dari NaOH akan berikatan dengan gugus H⁺ pada lignin membentuk H₂O sedangkan ion Na⁺ dari NaOH akan berikatan dengan lignin membentuk natrium fenolat. Natrium fenolat memiliki sifat polar sehingga mudah larut

dalam air. Lignin terlarut ditandai dengan warna hitam pada larutan. Reaksi lignin dengan NaOH dapat dilihat pada gambar mekanisme 4.1:



Gambar 4. 1 Mekanisme Proses Delignifikasi
(Permatasari *et al.*, 2011)

Proses *bleaching* bertujuan untuk menghilangkan sisa lignin yang masih terdapat pada hasil proses sebelumnya. Proses *bleaching* dilakukan dengan menggunakan larutan natrium hipoklorit (NaOCl). Larutan NaOCl menghasilkan ion hidroksil dan asam hipoklorit ketika di dalam air. Ion hidroksil dan asam hipoklorit merupakan oksidator kuat yang dapat memutuskan ikatan eter dalam struktur lignin sehingga derajat keputihan dari hasil proses *bleaching* meningkat. Reaksi oksidasi lignin menandakan bahwa lignin telah terpisah dari sampel yang ditunjukkan dengan terbentuknya padatan berwarna putih kekuningan (Pratama *et al.*, 2019). Persamaan 4.1 – 4.4 merupakan reaksi yang dihasilkan dari proses *bleaching*:

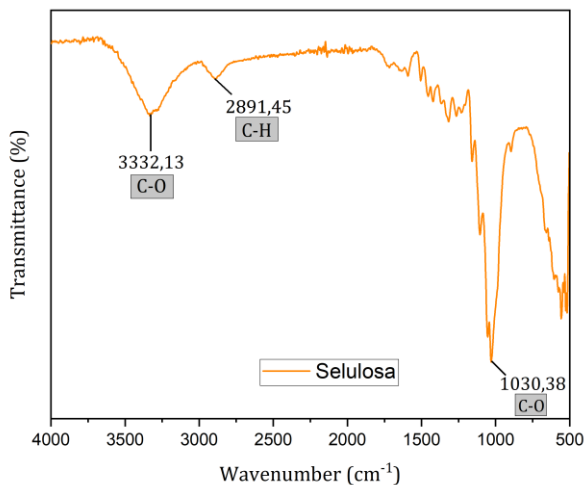


Tahap selanjutnya dari proses ekstraksi selulosa yaitu hidrolisis asam menggunakan H_2SO_4 2N. Hidrolisis yaitu proses penguraian senyawa kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana. Hemiselulosa jika di hidrolisis menggunakan pelarut asam akan terurai menjadi molekul-molekul yang lebih kecil, sehingga tujuan dari proses hidrolisis asam adalah mereduksi ukuran serat serta untuk menghilangkan kandungan hemiselulosa yang masih tersisa (Isnaini, 2019). Selulosa dari hasil hidrolisis asam kemudian dikeringkan dengan oven untuk menghilangkan kadar air di dalamnya kemudian dilakukan pengayakan dengan 200 mesh. Hasil selulosa dari penelitian ini berwarna putih kekuningan seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.2.



Gambar 4. 2 Selulosa Serbuk Kayu Jati Hasil Ekstraksi

Selulosa serbuk kayu jati yang telah diperoleh dari proses ekstraksi kemudian dianalisis dengan menggunakan spektrofotometer FTIR. Tujuan penggunaan spektrofotometer FTIR yaitu untuk mengidentifikasi gugus fungsi dari hasil ekstraksi berdasarkan pada data serapan infra merah yang dihasilkan. Adapun hasil spektra yang dihasilkan dari proses ekstraksi selulosa serbuk kayu jati dapat dilihat pada gambar 4.3.



Gambar 4. 3 Spektrum FTIR Selulosa

Nilai serapan antara selulosa hasil ekstraksi pada penelitian ini dan berdasarkan literatur ditunjukkan pada tabel 4.1 berikut:

Tabel 4. 1 Hasil Serapan Selulosa

No.	Gugus Fungsi	Daerah Serapan (cm^{-1})	Bilangan Gelombang (cm^{-1})	
			Selulosa Penelitian ini	Selulosa (Prameswari <i>et al.</i> , 2020)
1.	-OH	3200-3550	3332,13	3332,24
2.	C-H	2840-3100	2891,45	2907,32
3.	C-O	1020-1075	1030,38	1028,74

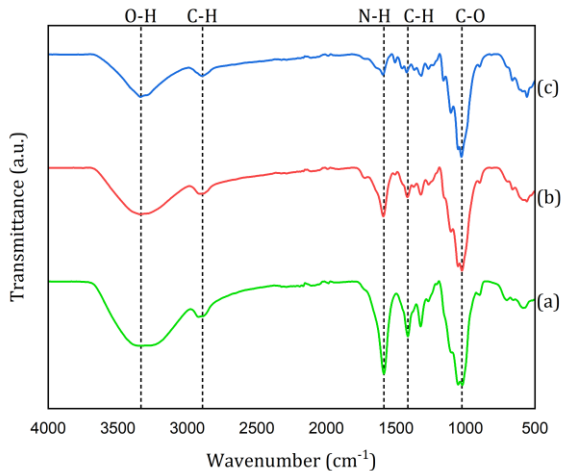
Berdasarkan pada gambar 4.3 terlihat bahwa hasil spektrum FTIR selulosa terdapat serapan gugus *stretching* -OH yang muncul pada daerah serapan 3200 cm^{-1} - 3550 cm^{-1} . Pada spektrum hasil ekstraksi selulosa serbuk kayu jati muncul gugus *stretching* -OH pada panjang gelombang $3332,13 \text{ cm}^{-1}$. Adanya vibrasi ulur C-H muncul pada panjang gelombang sekitar $2891,45 \text{ cm}^{-1}$ yang merupakan kerangka utama pembentuk struktur selulosa. Pada puncak daerah serapan $1030,38 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya gugus C-O selulosa. Sehingga dari data FTIR hasil ekstraksi selulosa menunjukkan hasil yang mendekati sama dengan hasil selulosa dari penelitian Prameswari *et al.* (2020).

B. Pembuatan Bioplastik Selulosa-Kitosan (S-K)

Selulosa yang telah diperoleh dari hasil ekstraksi serbuk kayu jati selanjutnya dibuat bioplastik dengan penambahan kitosan sebagai penguat. Bioplastik yang telah dihasilkan ditunjukkan pada gambar lampiran 6 selanjutnya dilakukan beberapa pengujian, diantaranya karakterisasi gugus fungsi, uji kekuatan mekanik, uji biodegradasi, dan uji daya serap air untuk mengetahui kelayakan bioplastik sesuai dengan nilai Standar Nasional Indonesia (SNI).

1. Karakterisasi Gugus Fungsi

Karakterisasi gugus fungsi dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer FTIR. Dalam penelitian ini analisis FTIR dilakukan untuk menentukan gugus fungsi yang terdapat pada bioplastik yang dihasilkan. Hasil karakterisasi FTIR bioplastik selulosa-kitosan dengan penambahan selulosa 1 gram dan kitosan 1 gram (S-K 1:1), selulosa 3 gram dan kitosan 1 gram (S-K 3:1), serta selulosa 5 gram dan kitosan 1 gram (S-K 5:1), ditunjukkan pada gambar 4.4.



Gambar 4. 4 Hasil FTIR Optimasi Selulosa (a) S-K 1:1
(b) S-K 3:1 (c) S-K 5:1

Tabel 4. 2 Hasil Serapan Bioplastik S-K

No.	Gugus Fungsi	Bilangan Gelombang Bioplastik (cm ⁻¹)			Literatur (Isnaini, 2019)
		S-K 1:1	S-K 3:1	S-K 5:1	
1.	-OH	3338,35	3338,02	3335,82	3222,96
2.	C-H	2919,93	2893,04	2894,22	2927,66
3.	N-H	1586,51	1590,54	1593,13	1545,85
4.	C-H	1414,21	1417,14	1422,40	1412,92
5.	C-O	1022,03	1024,85	1028,83	1021,87
		1052,49	1053,02	1052,65	1071,42

Berdasarkan gambar 4.4 ditemukan adanya puncak serapan dari beberapa gugus fungsi hasil karakterisasi FTIR, pada tabel 4.2 menyatakan bahwa pada proses pembuatan bioplastik berbahan dasar

selulosa dari serbuk kayu jati mengalami pergeseran serapan gugus fungsi seiring dengan penambahan selulosa. Hasil analisis FTIR menunjukkan adanya gugus fungsi karakteristik dari selulosa-kitosan. Pada bioplastik S-K 1:1 terdapat puncak serapan pada bilangan gelombang $3338,35 \text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan adanya gugus fungsi dari -OH . Vibrasi yang sama muncul pada bilangan gelombang $3338,02 \text{ cm}^{-1}$ pada bioplastik S-K 3:1, serta muncul juga pada puncak serapan bilangan gelombang $3335,82 \text{ cm}^{-1}$ pada bioplastik S-K 5:1. Selain itu, terdapat serapan pada bilangan gelombang $2919,93 \text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan adanya gugus C-H alifatik dari selulosa pada bioplastik S-K 1:1. Vibrasi yang sama muncul pada bilangan gelombang $2893,04 \text{ cm}^{-1}$ pada bioplastik S-K 3:1, dan bilangan gelombang $2894,22 \text{ cm}^{-1}$ pada bioplastik S-K 5:1.

Bioplastik S-K memiliki vibrasi tekuk N-H yang muncul serapan pada bilangan gelombang $1586,51 \text{ cm}^{-1}$ pada bioplastik S-K 1:1. Vibrasi yang sama juga muncul pada bioplastik S-K 3:1, puncak serapan pada $1590,54 \text{ cm}^{-1}$, dan $1593,13 \text{ cm}^{-1}$ pada bioplastik S-K 5:1. Puncak tersebut menunjukkan adanya gugus amina yang merupakan gugus khas kitosan. Seperti

penelitian yang dilakukan oleh Isnaini (2019) menunjukkan adanya vibrasi tekuk N-H yang muncul pada bilangan gelombang 1545,85 cm^{-1} . Pada gambar 4.4 menunjukkan serapan gugus N-H mengalami penurunan intensitas ketajaman seiring dengan penambahan selulosa. Penurunan intensitas serapan gugus N-H menunjukkan bahwa rasio kitosan dalam bioplastik menjadi semakin kecil sedangkan rasio selulosa semakin besar.

Puncak serapan muncul dari bioplastik S-K 1:1 pada bilangan gelombang 1022,03 – 1052,49 cm^{-1} menunjukkan adanya serapan gugus C-O. Puncak serapan yang sama juga muncul pada bioplastik S-K 3:1 dan S-K 5:1 yang masing-masing muncul pada bilangan gelombang 1024,85 cm^{-1} dan 1028,83 cm^{-1} . Berdasarkan hasil serapan FTIR tersebut telah terbukti adanya gugus fungsi -OH, C-H, N-H, dan C-O yang menunjukkan karakterisasi dari selulosa-kitosan.

2. Uji Kekuatan Mekanik

Analisis pengujian kekuatan mekanik bioplastik dalam penelitian ini dilakukan di laboratorium terpadu Universitas Diponegoro Semarang. Pengujian ini

dilakukan untuk mengetahui komposisi terbaik dari selulosa yang ditambahkan. Hasil pengujian yang diperoleh berupa nilai kuat tarik dan nilai elongasi. Hasil pengujian nilai kuat tarik bioplastik selulosa-kitosan (S-K) ditunjukkan pada tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Hasil Uji Kekuatan Mekanik Bioplastik S-K

Sampel	Hasil Kuat Tarik (MPa)	Kuat Tarik SNI (MPa)	Hasil Elongasi (%)	Elongasi SNI (%)
S-K 1:1	19,97		5,6	
S-K 3:1	3,70	1-10	2,8	10-20
S-K 5:1	2,52		2,8	

Berdasarkan tabel 4.3 menunjukkan bahwa semakin banyak selulosa yang ditambahkan, maka nilai kuat tarik semakin kecil. Hal tersebut sesuai pada penelitian yang dilakukan oleh Nurwidiyani *et al.* (2022) bahwa banyaknya selulosa yang ditambahkan dalam pembuatan bioplastik mengakibatkan penurunan nilai kekuatan mekanik dari bioplastik yang dihasilkan. Hal tersebut disebabkan karena seiring meningkatnya jumlah selulosa yang ditambahkan maka struktur bioplastik yang dihasilkan akan semakin kaku. Penambahan selulosa dengan massa 1 gram, 3 gram, dan 5 gram menghasilkan nilai kuat tarik berturut-turut yaitu 19,97; 3,70; dan 2,52 MPa.

Komposisi bioplastik yang menghasilkan nilai kuat tarik tertinggi yaitu S-K 1:1 dengan nilai kuat tarik sebesar 19,97 MPa.

Berdasarkan tabel 4.3 menunjukkan bahwa semakin banyak selulosa yang ditambahkan maka nilai elongasi bioplastik semakin menurun. Hal tersebut sesuai pada penelitian yang dilakukan oleh Intandiana *et al.* (2019) bahwa semakin banyak komposisi selulosa yang terkandung dalam bioplastik maka persen elongasi semakin berkurang. Hal ini karena semakin banyak selulosa yang ditambahkan menghasilkan bioplastik dengan elastisitas yang semakin kecil (Sutan *et al.* 2018). Penambahan selulosa dengan massa 1 gram, 3 gram, dan 5 gram menghasilkan nilai elongasi berturut-turut yaitu 5,6%; 2,8%; dan 2,8%. Komposisi terbaik pada bioplastik 1 gram selulosa dengan nilai elongasi sebesar 5,6%. Namun untuk hasil elongasi yang diperoleh belum mencapai nilai standar mutu bioplastik SNI elongasi sebesar 10-20%, sehingga perlu dilakukan penambahan pemlastis untuk memperbaiki kualitas bioplastik.

3. Uji Biodegradasi

Bioplastik dikatakan ramah lingkungan karena dapat terdegradasi secara sempurna. Pada penelitian ini, uji biodegradasi dilakukan dengan cara mengubur bioplastik dalam tanah kompos dan diamati selama beberapa waktu hingga bioplastik terdegradasi secara sempurna. Hasil uji biodegradasi bioplastik selulosa-kitosan ditunjukkan pada tabel 4.4.

Tabel 4. 4 Hasil Uji Biodegradasi Bioplastik S-K

Sampel	Lama Terdegradasi 100% (Hari)	Waktu Terdegradasi SNI
S-K 1:1	24	100% dalam 60 hari
S-K 3:1	29	
S-K 5:1	32	

Berdasarkan tabel 4.4 menunjukkan bahwa semakin banyak massa selulosa yang ditambahkan dalam bioplastik menyebabkan waktu terdegradasi dari bioplastik semakin lama. Hal tersebut disebabkan karena selulosa memiliki sifat hidrofobik sehingga pada kondisi yang lembab bioplastik dengan penambahan selulosa sulit untuk terdegradasi. Hasil biodegradasi terbaik yaitu pada sampel bioplastik dengan massa selulosa sebesar 1 gram dengan waktu terdegradasi selama 24 hari. Hasil tersebut telah

memenuhi standar mutu bioplastik yakni selama 60 hari 100% terdegradasi.

4. Uji Daya Serap Air

Uji daya serap air dilakukan untuk mengetahui banyaknya air yang dapat diserap oleh bioplastik. Banyaknya air yang terserap akan mempengaruhi tingkat ketahanan bioplastik terhadap air. Semakin tinggi nilai daya serap air yang dihasilkan menyebabkan kelarutan bioplastik dalam air semakin tinggi. Adapun hasil uji daya serap air bioplastik optimasi selulosa ditunjukkan pada tabel 4.5.

Tabel 4. 5 Hasil Uji Daya Serap Air Bioplastik S-K

Sampel	Hasil Uji Daya Serap Air (%)	Daya Serap Air SNI (%)
S-K 1:1	51,90	
S-K 3:1	48,27	21,5
S-K 5:1	47,92	

Berdasarkan tabel 4.5 menunjukkan bahwa semakin banyak penambahan selulosa menyebabkan nilai daya serap air semakin menurun. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Wahyudi *et al.*, (2020) bahwa selulosa memiliki sifat hidrofobik, dimana sifat tersebut menyebabkan selulosa tidak dapat mengikat air sehingga mampu menurunkan daya serap air

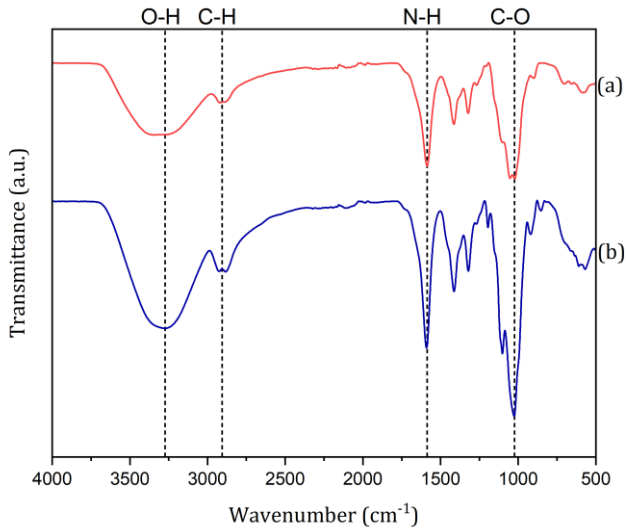
bioplastik. Dalam penelitian ini tingkat hidrofobisitas yang paling baik yaitu pada penambahan selulosa sebanyak 5 gram.

C. Pembuatan Bioplastik Selulosa-Kitosan-Glisерol (S-K-G)

Hasil bioplastik yang optimum pada optimasi selulosa selanjutnya divariasikan dengan pemlastis gliserol dan selanjutnya dilakukan uji gugus fungsi, kekuatan mekanik, uji biodegradasi, dan uji daya serap air untuk mengetahui kualitas bioplastik yang dihasilkan.

1. Karakterisasi Gugus Fungsi

Karakterisasi gugus fungsi dilakukan dengan menggunakan FTIR. Pengujian ini dilakukan untuk menentukan gugus fungsi yang terdapat pada sampel bioplastik yang dihasilkan dalam penelitian ini. Sampel yang digunakan untuk karakterisasi gugus fungsi dalam penelitian ini berupa bioplastik dengan komposisi terbaik pada pembuatan bioplastik selulosa-kitosan-glisерol berdasarkan hasil nilai kekuatan mekaniknya. Hasil karakterisasi gugus fungsi selulosa-kitosan-glisерol ditunjukkan pada gambar 4.5.



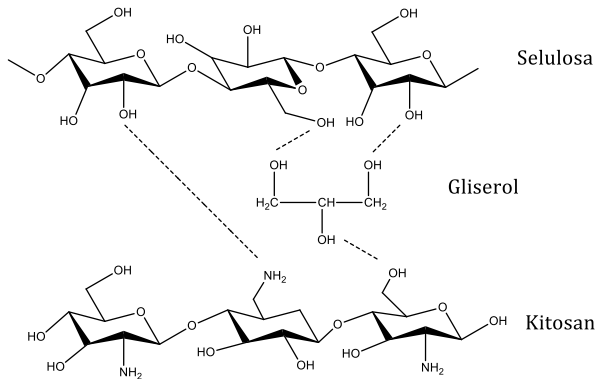
Gambar 4. 5 Spektrum FTIR (a) S-K 1:1 (b) S-K-G

Tabel 4. 6 Hasil Serapan Bioplastik S-K-G

No.	Gugus Fungsi	Daerah Serapan (cm^{-1})	Bilangan Gelombang (cm^{-1})	
			Bioplastik S-K-G Penelitian Ini	Bioplastik S-K-G (Sumartono <i>et al.</i> , 2015)
1.	-OH	3200-3550	3273,09	3335,06
2.	C-H	2840-3100	2924,71	2929,63
3.	N-H	1580-1650	1590,18	1547,87
4.	C-O	1020-1075	1026,20	1020,73

Hasil karakterisasi gugus fungsi pada bioplastik S-K 1:1 diperoleh daerah serapan pada bilangan gelombang $3338,35 \text{ cm}^{-1}$, $2919,93 \text{ cm}^{-1}$, $1586,51 \text{ cm}^{-1}$, dan $1022,03 \text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan adanya gugus -OH, N-H, C-H, dan C-O. Berdasarkan tabel 4.7

menunjukkan hasil karakterisasi bioplastik S-K-G dengan munculnya gugus -OH pada serapan bilangan gelombang 3273,09 cm^{-1} . Adanya gugus C-H *stretching* ditunjukkan pada serapan bilangan gelombang 2924,71 cm^{-1} . Hasil tersebut telah menunjukkan adanya gugus fungsi gliserol. Pada serapan bilangan gelombang 1590,18 cm^{-1} mengindikasikan adanya gugus N-H amina dari kitosan dan gugus C-O pada bilangan gelombang 1026,20 cm^{-1} . Berdasarkan hasil tersebut tidak menunjukkan adanya pembentukan gugus fungsi baru, namun terjadi perbedaan intensitas serapan pada gugus C-O, C-H dan -OH, dimana pada bioplastik S-K-G menunjukkan intensitas yang semakin tajam dan lebar. Hal tersebut disebabkan karena semakin kuat ikatan hidrogen yang terjadi antar molekul selulosa, kitosan, dan gliserol yang ditunjukkan pada gambar 4.6 sehingga direfleksikan dengan meningkatnya intensitas yang semakin tajam.



Gambar 4. 6 Mekanisme Reaksi Selulosa-Kitosan-Gliserol (Wardhani *et al.*, 2013)

2. Uji Kekuatan Mekanik

Hasil bioplastik yang optimum pada tahap sebelumnya kemudian ditambahkan dengan pemlastis berupa gliserol. Variasi yang digunakan yaitu selulosa-kitosan-gliserol 0,5 mL (S-K-G 0,5), selulosa-kitosan-gliserol 1 mL (S-K-G 1), selulosa-kitosan-gliserol 1,5 mL (S-K-G 1,5), dan selulosa-kitosan-gliserol 2 mL (S-K-G 2). Adapun hasil kekuatan mekanik dari bioplastik selulosa-kitosan-gliserol yang dihasilkan ditunjukkan pada tabel 4.7.

Tabel 4. 7 Hasil Uji Kekuatan Mekanik Bioplastik S-K-G

Sampel	Hasil Kuat Tarik (MPa)	Kuat Tarik SNI (MPa)	Hasil Elongasi (%)	Elongasi SNI (%)
S-K-G 0,5	5,79		10,3	
S-K-G 1	2,01	1-10	20,0	10-20
S-K-G 1,5	0,98		26,7	
S-K-G 2	0,28		44,7	

Berdasarkan data yang diperoleh semakin banyak penambahan pemlastis gliserol menyebabkan penurunan nilai kuat tarik. Hal tersebut terjadi karena adanya gugus hidrogen pada gliserol memutus rantai karbon yang panjang pada bioplastik menyebabkan rantai karbon bioplastik yang terbentuk menjadi lebih pendek dan bercabang. Banyaknya jumlah ikatan percabangan menyebabkan penurunan kekuatan intermolekuler rantai polimer dari bioplastik yang dihasilkan. Bioplastik yang dihasilkan dengan penambahan variasi pemlastis gliserol (0,5; 1; 1,5; dan 2 mL) memiliki nilai kuat tarik berturut-turut 5,79; 2,01; 0,98; dan 0,28 MPa. Standar mutu nilai kuat tarik bioplastik yaitu 1-10 MPa, sehingga untuk nilai kuat tarik bioplastik dengan penambahan gliserol sebanyak 1,5 dan 2 mL tidak memenuhi standar mutu bioplastik, sedangkan bioplastik dengan penambahan gliserol

sebanyak 0,5 dan 1 mL telah memenuhi standar mutu bioplastik.

Nilai elongasi yang dihasilkan ditunjukkan pada tabel 4.7 menunjukkan bahwa semakin banyak penambahan pemlastis gliserol menyebabkan peningkatan nilai elongasi bioplastik yang dihasilkan. Hal tersebut disebabkan karena dengan penambahan volume gliserol yang semakin banyak dapat meningkatkan mobilitas molekuler rantai polimer yang ditunjukkan dengan meningkatnya elastisitas bioplastik sehingga nilai elongasinya cenderung meningkat. Hal tersebut sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Rojtica (2021) yang menyatakan bahwa penambahan pemlastis berbanding lurus terhadap peningkatan nilai elongasi karena kemampuan pemlastis dalam mereduksi ikatan antarmolekul pada bioplastik sehingga membuat bioplastik menjadi lebih elastis.

Bioplastik yang disintesis dengan penambahan variasi pemlastis gliserol (0,5; 1; 1,5; dan 2 mL) memiliki nilai elongasi berturut-turut 10,3%; 20,0%; 26,7%; dan 44,7%. Standar mutu nilai kuat tarik bioplastik yaitu 10-20%, sehingga untuk nilai elongasi bioplastik dengan penambahan variasi gliserol 0,5-2

mL gliserol telah memenuhi standar mutu bioplastik. Hasil kekuatan mekanik terbaik dan telah memenuhi SNI kuat tarik serta elongasi yaitu bioplastik dengan penambahan 0,5 mL gliserol dengan nilai kuat tarik 5,79 MPa dan nilai elongasi 10,3%.

3. Uji Biodegradasi

Hasil uji biodegradasi bioplastik selulosa-kitosan-gliserol ditunjukkan pada tabel 4.8.

Tabel 4. 8 Hasil Uji Biodegradasi Bioplastik S-K-G

Sampel	Lama Terdegradasi 100% (Hari)	Waktu Terdegradasi SNI
S-K-G 0,5	17	100% dalam 60 hari
S-K-G 1	16	
S-K-G 1,5	13	
S-K-G 2	12	

Berdasarkan tabel 4.8 menunjukkan bahwa penambahan gliserol mampu mempercepat waktu biodegradasi bioplastik. Hal tersebut terjadi karena gliserol memiliki sifat hidrofilik, sehingga pada kondisi lembab bioplastik dengan penambahan pemlastis gliserol mudah untuk terdegradasi secara sempurna (Rojtica, 2021). Tanah kompos memiliki kondisi yang lembab, sehingga mikroorganisme pendegradasi dapat

berkembang dengan baik dan mampu mempercepat proses degradasi.

Sampel bioplastik dengan penambahan gliserol memiliki lama waktu terdegradasi 12-17 hari. Waktu terdegradasi sampel paling cepat yaitu selama 12 hari (bioplastik dengan penambahan 2 mL gliserol) dan waktu paling lama yaitu selama 17 hari (bioplastik dengan penambahan 0,5 mL gliserol). Standar mutu biodegradasi yaitu selama 60 hari 100% terdegradasi, sehingga pada hasil tersebut telah memenuhi standar mutu bioplastik.

4. Uji Daya Serap Air

Hasil uji daya serap air bioplastik selulosa-kitosan-gliserol ditunjukkan pada tabel 4.9.

Tabel 4. 9 Hasil Uji Daya Serap Air Bioplastik S-K-G

Sampel	Hasil Uji Daya Serap Air (%)	Daya Serap Air SNI (%)
S-K-G 0,5	43,43	
S-K-G 1	43,96	21,5
S-K-G 1,5	44,20	
S-K-G 2	44,98	

Berdasarkan tabel 4.9 menunjukkan bahwa penambahan pemlastis gliserol dapat meningkatkan nilai daya serap air bioplastik. Hal tersebut karena gliserol merupakan senyawa hidrofilik sehingga

seiring dengan penambahan gliserol menyebabkan kelarutan bioplastik dalam air meningkat. Sesuai pada pernyataan Rojtica (2021), bahwa penambahan pemlastis gliserol menyebabkan peningkatan nilai daya serap air karena gliserol memiliki gugus hidroksil (-OH) yang mampu berikatan dengan hidrogen dalam air sehingga memiliki sifat mudah larut dalam air, sehingga nilai hidrofobisitas terbaik pada bioplastik dengan variasi pemlastis gliserol yaitu bioplastik dengan penambahan 0,5 mL gliserol.

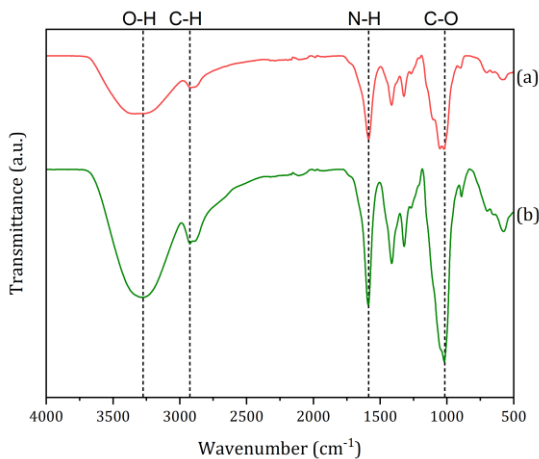
D. Pembuatan Bioplastik Selulosa-Kitosan-Sorbitol (S-K-S)

Hasil bioplastik yang optimum pada optimasi selulosa selanjutnya divariasikan dengan pemlastis sorbitol dan selanjutnya dilakukan uji gugus fungsi, kekuatan mekanik, uji biodegradasi, dan uji daya serap air untuk mengetahui kualitas bioplastik yang dihasilkan.

1. Karakterisasi Gugus Fungsi

Karakterisasi gugus fungsi dilakukan dengan menggunakan FTIR. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat pada sampel bioplastik yang dihasilkan dalam penelitian ini. Sampel yang digunakan untuk karakterisasi gugus fungsi

dalam penelitian ini berupa bioplastik dengan komposisi terbaik pada pembuatan bioplastik selulosa-kitosan-sorbitol berdasarkan hasil nilai kekuatan mekaniknya. Hasil karakterisasi gugus fungsi selulosa-kitosan-sorbitol ditunjukkan pada gambar 4.7.



Gambar 4. 7 Spektrum FTIR (a) S-K 1:1 (b) S-K-S

Tabel 4. 10 Hasil Serapan Bioplastik S-K-S

No.	Gugus Fungsi	Daerah Serapan (cm ⁻¹)	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)	
			Bioplastik S-K-S Penelitian Ini	Bioplastik S-K-S (Isnaini, 2019)
1.	-OH	3200-3550	3274,24	3287,33
2.	C-H	2840-3100	2923,16	2929,66
3.	N-H	1580-1650	1589,19	1555,89
4.	C-O	1020-1075	1019,98	1024,54

Hasil karakterisasi gugus fungsi pada bioplastik S-K 1:1 diperoleh daerah serapan pada bilangan gelombang 3338,35 cm^{-1} , 2919,93 cm^{-1} , 1586,51 cm^{-1} , dan 1022,03 cm^{-1} yang menunjukkan adanya gugus -OH, N-H, C-H, dan C-O. Berdasarkan tabel 4.11 menunjukkan adanya gugus -OH pada bioplastik S-K-S yang ditunjukkan pada serapan bilangan gelombang 3274,24 cm^{-1} . Adanya gugus C-H *stretching* ditunjukkan pada serapan bilangan gelombang 2929,66 cm^{-1} . Hasil tersebut telah menunjukkan adanya gugus fungsi sorbitol. Munculnya serapan pada bilangan gelombang 1555,89 cm^{-1} mengindikasikan adanya gugus N-H amina dari kitosan dan gugus C-O pada bilangan gelombang 1024,54 cm^{-1} . Berdasarkan hasil tersebut tidak menunjukkan adanya pembentukan gugus fungsi baru, namun terjadi perbedaan intensitas serapan pada gugus C-O, C-H dan -OH, dimana pada bioplastik S-K-S menunjukkan intensitas yang semakin tajam dan lebar. Hal tersebut disebabkan karena semakin banyak ikatan hidrogen yang terjadi antar molekul selulosa, kitosan, dan sorbitol sehingga direfleksikan dengan meningkatnya intensitas yang semakin tajam.

2. Uji Kekuatan Mekanik

Hasil bioplastik yang optimum pada tahap optimasi selulosa kemudian ditambahkan dengan pemlastis berupa sorbitol. Variasi yang digunakan yaitu selulosa-kitosan-sorbitol 0,5 mL (S-K-S 0,5), selulosa-kitosan-sorbitol 1 mL (S-K-S 1), selulosa-kitosan-sorbitol 1,5 mL (S-K-S 1,5), dan selulosa-kitosan-sorbitol 2 mL (S-K-S 2). Adapun hasil kekuatan mekanik dari bioplastik selulosa-kitosan-sorbitol yang dihasilkan ditunjukkan pada tabel 4.11.

Tabel 4. 11 Hasil Uji Kekuatan Mekanik Bioplastik S-K-S

Sampel	Hasil Kuat Tarik (MPa)	Kuat Tarik SNI (MPa)	Hasil Elongasi (%)	Elongasi SNI (%)
S-K-S 0,5	13,99		5,7	
S-K-S 1	6,23	1-10	13,7	10-20
S-K-S 1,5	3,66		15,7	
S-K-S 2	2,54		18,7	

Berdasarkan data yang diperoleh menunjukkan bahwa semakin banyak volume sorbitol yang ditambahkan menyebabkan penurunan nilai kuat tarik bioplastik yang dihasilkan. Putra *et al.*, (2017) menyatakan bahwa penambahan sorbitol dapat menurunkan energi yang dibutuhkan molekul untuk bergerak sehingga menyebabkan turunnya nilai kuat

tarik. Bioplastik yang dihasilkan dengan penambahan variasi pemlastis sorbitol (0,5; 1; 1,5; dan 2 mL) memiliki nilai kuat tarik berturut-turut 13,99; 6,23; 3,66; dan 2,54 MPa. Hasil nilai kuat tarik tersebut telah memenuhi nilai standar kuat tarik bioplastik yakni 1-10 MPa.

Hasil nilai elongasi pada tabel 4.11 menunjukkan bahwa semakin banyak volume sorbitol yang ditambahkan menyebabkan peningkatan nilai elongasi bioplastik yang dihasilkan. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan Isnaini (2019) penambahan sorbitol berbanding lurus dengan nilai elongasi, semakin banyak penambahan sorbitol maka nilai elongasi yang dihasilkan semakin tinggi. Hal tersebut terjadi karena sorbitol merupakan senyawa yang bersifat hidrofilik sehingga dapat melunakkan bahan dan mampu mengurangi kerapuhan pada bioplastik dan meningkatkan nilai elastisitas yang berdampak pada peningkatan nilai elongasi bioplastik yang dihasilkan.

Adapun nilai elongasi yang diperoleh dari masing-masing sampel variasi pemlastis sorbitol (0,5; 1; 1,5; dan 2 mL) secara berurutan yaitu 5,7%; 13,7%; 15,7%; dan 18,7%. Standar mutu nilai elongasi

bioplastik yaitu 10-20%, sehingga untuk nilai elongasi bioplastik dengan penambahan sorbitol sebanyak 0,5 mL tidak memenuhi standar mutu bioplastik, sedangkan bioplastik dengan penambahan sorbitol sebanyak 1; 1,5; dan 2 mL telah memenuhi standar mutu bioplastik. Hasil kekuatan mekanik terbaik dan telah memenuhi SNI kuat tarik serta elongasi yaitu bioplastik dengan penambahan 1 mL sorbitol dengan nilai kuat tarik 6,23 MPa dan nilai elongasi 13,7%.

3. Uji Biodegradasi

Hasil uji biodegradasi bioplastik selulosa-kitosan-sorbitol ditunjukkan pada tabel 4.12.

Tabel 4. 12 Hasil Uji Biodegradasi Bioplastik S-K-S

Sampel	Lama Terdegradasi 100% (Hari)	Waktu Terdegradasi SNI
S-K-S 0,5	17	
S-K-S 1	14	100% dalam
S-K-S 1,5	13	60 hari
S-K-S 2	11	

Berdasarkan pada tabel 4.12 menunjukkan bahwa semakin banyak volume sorbitol yang ditambahkan maka bioplastik yang dihasilkan akan semakin mudah terdegradasi. Hal tersebut disebabkan karena sorbitol memiliki sifat hidrofilik sehingga gugus

hidroksil pada rantai penyusun sorbitol mampu mengikat air, dimana air merupakan media pertumbuhan beberapa mikroorganisme yang berperan dalam degradasi bioplastik pada tanah kompos.

Sampel bioplastik dengan penambahan sorbitol memiliki lama waktu terdegradasi 11-17 hari. Waktu terdegradasi sampel paling cepat yaitu selama 11 hari (bioplastik dengan penambahan 2 mL sorbitol) dan waktu paling lama yaitu selama 17 hari (bioplastik dengan penambahan 0,5 mL sorbitol). Standar mutu biodegradasi yaitu selama 60 hari 100% terdegradasi, sehingga pada hasil tersebut telah memenuhi standar mutu bioplastik.

4. Uji Daya Serap Air

Hasil uji daya serap air bioplastik selulosa-kitosan-sorbitol ditunjukkan pada tabel 4.13.

Tabel 4. 13 Hasil Uji Daya Serap Air Bioplastik S-K-S

Sampel	Hasil Uji Daya Serap Air (%)	Daya Serap Air SNI (%)
S-K-S 0,5	64,67	21,5
S-K-S 1	67,46	
S-K-S 1,5	68,06	
S-K-S 2	71,41	

Berdasarkan tabel 4.13 menunjukkan bahwa penambahan pemlastis sorbitol dapat meningkatkan nilai daya serap air bioplastik. Hal tersebut karena sorbitol memiliki sifat hidrofilik yaitu mampu mengikat air. Sesuai hasil penelitian yang dilakukan oleh Wahyudi *et al.* (2020) yang menyatakan bahwa adanya gugus hidroksil pada sorbitol menyebabkan sorbitol mudah mengikat air. Banyaknya air yang terserap dalam bioplastik mempengaruhi nilai ketahanan bioplastik terhadap air. Nilai daya serap air yang semakin menurun menandakan kualitas bioplastik semakin baik. Hal tersebut karena rendahnya nilai daya serap air, maka bioplastik yang dihasilkan semakin tahan terhadap air. Semakin tinggi nilai daya serap air dari bioplastik, mengakibatkan tingkat kerusakan dan kelarutan bioplastik dalam air akan semakin besar. Hal tersebut akan mempercepat bioplastik untuk rusak dan begitu juga sebaliknya. Sehingga nilai hidrofobisitas terbaik pada bioplastik dengan variasi pemlastis sorbitol yaitu bioplastik dengan penambahan 0,5 mL sorbitol.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Karakteristik selulosa dilakukan menggunakan FTIR menghasilkan spektrum FTIR dari selulosa yang menunjukkan adanya gugus khas selulosa, yaitu gugus -OH ($3332,24 \text{ cm}^{-1}$), C-H ($2907,32 \text{ cm}^{-1}$), dan C-O ($1028,74 \text{ cm}^{-1}$), selulosa yang dihasilkan dari penelitian ini berwarna putih kekuningan.
2. Hasil karakterisasi gugus fungsi pada bioplastik selulosa-kitosan-gliserol (S-K-G) dan bioplastik selulosa-kitosan-sorbitol (S-K-S) menunjukkan adanya daerah serapan -OH ($3273,09 \text{ cm}^{-1}$ pada S-K-G dan $3274,24 \text{ cm}^{-1}$ pada S-K-S), C-H ($2924,71 \text{ cm}^{-1}$ pada S-K-G dan $2923,16 \text{ cm}^{-1}$ pada S-K-S), N-H ($1590,18 \text{ cm}^{-1}$ pada S-K-G dan $1589,19 \text{ cm}^{-1}$ pada S-K-S), dan C-O ($1026,20 \text{ cm}^{-1}$ pada S-K-G dan $1019,98 \text{ cm}^{-1}$ pada S-K-S).
3. Kualitas bioplastik dengan penambahan pemlastis gliserol dan sorbitol dapat dilihat berdasarkan pada nilai kekuatan mekanik (kuat tarik dan elongasi), nilai biodegradasi, dan nilai daya serap air. Nilai optimum

yang sesuai dengan standar mutu bioplastik untuk penambahan pemlastis gliserol terdapat pada penambahan 0,5 mL gliserol dengan nilai kuat tarik sebesar 5,79 MPa, nilai elongasi sebesar 10,3%, nilai daya serap sebesar 43,43%, dan terdegradasi sempurna pada hari ke-17. Untuk nilai optimum pada penambahan pemlastis sorbitol terdapat pada penambahan 1 mL sorbitol dengan hasil nilai kuat tarik 6,23 MPa, nilai elongasi 13,7%, nilai daya serap sebesar 67,46%, dan terdegradasi sempurna pada hari ke-14.

B. Saran

Berdasarkan pada hasil pembahasan dan kesimpulan yang telah diuraikan, maka saran yang dapat disampaikan untuk penelitian selanjutnya, yaitu perlu dilakukan variasi kitosan agar diperoleh bioplastik yang optimum.

DAFTAR PUSTAKA

- Afdal, K., Herawati, N., & Hasri, H. (2022). Pengaruh Konsentrasi Sorbitol sebagai Plasticizer pada Pembuatan Plastik Biodegradable dari Tongkol Jagung. *Chemica: Jurnal Ilmiah Kimia Dan Pendidikan Kimia*, 23(1), 67. <https://doi.org/10.35580/chemica.v23i1.33918>
- Afidin, I. M. Z. (2021). *Pengaruh Penambahan Sorbitol Terhadap Bioplastik Berbasis Selulosa Asetat Dari Ampas Tebu*.
- Afrianto, R. (2014). Bioplastik dari Pati Biji Durian Berpengisi Kitosan (Menggunakan Pelarut Asam Sitrat dan Plasticizer Sorbitol) Sebagai Plastik Pengemas Minyak/Lemak. In *Skripsi*.
- Alfitri, Helmi, Raharjo, S., & Afrizal. (2020). Sampah Plastik sebagai Konsekuensi Modernitas dan Upaya Penanggulangannya. *Jurnal Sosiologi Andalas*, 6(2), 122–130. <https://doi.org/10.25077/jsa.6.2.122-130.2020>
- Alifia, M. (2021). *Pemanfaatan Protein Ampas Tahu Sebagai Bahan Dasar Pembuatan Bioplastik (Plastic Biodegradable)*.
- 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), 63–68. <https://doi.org/10.20527/k.v8i2.6839>

- Asngad, A., Marudin, E. J., & Cahyo, D. S. (2020). Kualitas Bioplastik dari Umbi Singkong Karet dengan Penambahan Kombinasi Plasticizer Gliserol dengan Sorbitol dan Kitosan. *Journal Bioeksperimen*, 6(1), 36–44. <https://doi.org/10.23917/bioeksperimen.v6i1.2795>
- Azmin, S. N. H. M., Hayat, N. A. B. M., & Nor, M. S. M. (2020). Development and Characterization of Food Packaging Bioplastic Film From Cocoa Pod Husk Cellulose Incorporated With Sugarcane Bagasse Fibre. *Journal of Bioresources and Bioproducts*, 5(4), 248–255. <https://doi.org/10.1016/j.jobab.2020.10.003>
- Bao, H., Truong, N. Q., Khiem, N. Q., Poudel, K. P., & Hailemariam, T. (2022). Stand Growth Modeling System for Planted Teak (*Tectona Grandis* L.F.) in Tropical Highlands. *SSRN Electronic Journal*, 9(100308), 1–11. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4085573>
- Dewanti, D. P. (2018). Potensi Selulosa dari Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit untuk Bahan Baku Bioplastik Ramah Lingkungan. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 19(1), 81–88. <https://doi.org/10.29122/jtl.v19i1.2644>
- Elisusanti, Illing, I., & Alam, M. N. (2019). Pembuatan Bioplastik Berbahan Dasar Pati Kulit Pisang Kepok/Selulosa Serbuk Kayu Gergaji. *Cokroaminoto Journal of Chemical Science*, 1(1), 14–19.

- Fahnur, M. (2017). Pembuatan, Uji Ketahanan dan Struktur Mikro Plastik Biodegradable dengan Variasi Kitosan dan Konsentrasi Pati Biji Nangka. In *Skripsi*.
- Gian A., A., Farid, M., & Ardhyananta, H. (2017). Isolasi Selulosa dari Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit untuk Nano Filler Komposit Absorpsi Suara: Analisis FTIR. *Jurnal Teknik ITS*, 6(2), 228–231. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v6i2.24098>
- Ginting, P. V., & Amdani, K. (2015). Karakterisasi Bioplastik dari Pelepah Kelapa Sawit dengan Penambahan Variasi Perbandingan Maizena dan Gliserin. *Bioilmi Edisi Agustus*, 1(1), 72–82.
- Hamzah, F. H., Sitompul, F. F., Ayu, D. F., & Pramana, A. (2021). Effect of the Glycerol Addition on the Physical Characteristics of Biodegradable Plastic Made from Oil Palm Empty Fruit Bunch. *Industria: Jurnal Teknologi Dan Manajemen Agroindustri*, 10(3), 239–248. <https://doi.org/10.21776/ub.industria.2021.010.03.5>
- Haryati, S., Rini, A. S., & Safitri, Y. (2017). Pemanfaatan Biji Durian Sebagai Bahan Baku Plastik Biodegradable dengan Plasticizer Gliserol dan Bahan Pengisi CaCO₃. *Chemical Engineering Journal*, 23(1), 1–8.
- Hayati, K., Setyaningrum, C. C., & Fatimah, S. (2020). Pengaruh Penambahan Kitosan terhadap Karakteristik Plastik

- Biodegradable dari Limbah Nata de Coco dengan Metode Inversi Fasa. *Jurnal Rekayasa Bahan Alam Dan Energi Berkelanjutan*, 4(1), 9–14.
- Husni, D. A. P., Rahim, E. A., & Ruslan, R. (2018). Pembuatan Membran Selulosa Asetat Dari Selulosa Pelepah Pohon Pisang. *KOVALEN: Jurnal Riset Kimia*, 4(1), 41–52. <https://doi.org/10.22487/kovalen.2018.v4.i1.10182>
- Intandiana, S., Dawam, A. H., Denny, Y. R., Septiyanto, R. F., & Affifah, I. (2019). Pengaruh Karakteristik Bioplastik Pati Singkong dan Selulosa Mikrokrystalin Terhadap Sifat Mekanik dan Hidrofobisitas. *EduChemia (Jurnal Kimia Dan Pendidikan)*, 4(2), 185. <https://doi.org/10.30870/educemia.v4i2.5953>
- Isnaini, S. U. N. (2019). Pengaruh Penambahan Sorbitol Terhadap Karakteristik Plastik Biodegradable Berbahan Selulosa dari Cangkang Buah Nipah (*Nypa fruticans*). In *Skripsi*.
- Isroi, Cifriadi, A., Panji, T., Wibowo, N. A., & Syamsu, K. (2017). Bioplastic Production From Cellulose of Oil Palm Empty Fruit Bunch. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 65(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/65/1/012011>
- Jabbar, U. F. (2017). Pengaruh Penambahan Kitosan Terhadap Karakteristik Bioplastik dari Pati Kulit Kentang (*Solanum*

- tuberosum. L). In *Skripsi*.
- Jannah, M. (2017). Penentuan Konsentrasi Optimum Selulosa Sekam Padi Dalam Pembuatan Film Bioplastik. In *Skripsi*.
- 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), 91–100. <https://doi.org/10.21776/ub.jkptb.2020.008.01.09>
- Leto, K. T. (2021). Pemanfaatan Serbuk Gergaji Kayu Jati dan Sengon sebagai Bahan Dasar Penghasil Gula Reduksi. *Variabel*, 4(1), 21–26. <https://doi.org/10.26737/var.v4i1.2424>
- Maesaroh, Kartikawati, E., & Elvianasti, M. (2021). Upaya Peningkatan Sikap Peduli Lingkungan Melalui Pelatihan Bioplastik. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 5(3), 360–366. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.30651/aks.v5i3.3730>
- Maryam, Rahmad, D., & Yunizurwan. (2019). Sintesis Mikro Selulosa Bakteri Sebagai Penguat (Reinforcement) Pada Komposit Bioplastik Dengan Matriks PVA (Poli Vinil Alcohol). *Jurnal Kimia Dan Kemasan*, 41(2), 110. <https://doi.org/10.24817/jkk.v41i2.4055>
- Maskun, Assidiq, H., Bachril, S. N., & Al Mukarramah, N. H.

- (2022). Tinjauan Normatif Penerapan Prinsip Tanggung Jawab Produsen Dalam Pengaturan Tata Kelola Sampah Plastik Di Indonesia. *Bina Hukum Lingkungan*, 6(2), 184–200. <https://doi.org/10.24970/bhl.v6i2.239>
- Mudyantini, W. (2008). Pertumbuhan, Kandungan Selulosa, dan Lignin pada Rami (*Boehmeria nivea* L. Gaudich) dengan Pemberian Asam Giberelat (GA3). *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 9(4), 269–274. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d090406>
- Mufid, M., Wibowo, A. A., Suryandari, A. S., Fithriasari, A. N., & Nastiti, P. A. (2018). Sintesis Asam Oksalat Dari Limbah Serbuk Kayu Jati (*Tectona Grandis* L.F.) Dengan Proses Hidrolisis Alkali. *Jurnal Teknik Kimia Dan Lingkungan*, 2(1), 17. <https://doi.org/10.33795/jtkl.v2i1.57>
- Muhammad, M., Ridara, R., & Masrullita, M. (2021). Sintesis Bioplastik Dari Pati Biji Alpukat Dengan Bahan Pengisi Kitosan. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 9(2), 1. <https://doi.org/10.29103/jtku.v9i2.3340>
- Mulyadi, I. (2019). Isolasi Dan Karakteristik Selulosa. *Jurnal Sainika Unpam*, 1(2), 177–182. <https://doi.org/10.32493/jsmu.v1i2.2381>
- Mursalim, Munir, Fitriani, & Novieta, I. D. (2019). Kandungan Selulosa, Hemiselulosa dan Lignin Serbuk Gergaji Kayu Jati (*Tectona grandits* L.F) dan Daun Murbei (*Morus alba*)

- Yang Dikombinasikan Sebagai Pakan Ternak. *Seminar Nasional Sinergitas Multidisiplin Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi*, 2, 323–327.
- Murtinah, V., Marjenah, M., Ruchaemi, A., & Ruhiyat, D. (2015). Pertumbuhan Hutan Tanaman Jati (*Tectona grandis* Linn.f.) di Kalimantan Timur. *Agrifor*, 14(2), 287–292.
- Mutmainnah, I. R. (2017). Pemanfaatan Limbah Gergaji Kayu Jati (*Tectona grandis* L.f) Sebagai Energi Alternatif dengan Metode Pirolisis. In *Skripsi*.
- Nanda, K. P., & Azizati, Z. (2018). Pembuatan Bioplastik dari Kitosan dan Sorbitol dengan Penambahan Minyak Atsiri Serai. *Walisongo Journal of Chemistry*, 1(2), 78. <https://doi.org/10.21580/wjc.v2i2.3106>
- NPAP. (2020). *Radically Reducing Plastic Pollution in Indonesia: A Multistakeholder Action Plan National Plastic Action Partnership Insight Report*. April, 1–43. www.weforum.org
- Nurwidiyani, R., Ghufira, Nesbah, & Deni Agus Triawan. (2022). Sintesis Bioplastik Ramah Lingkungan Berbasis Pati Biji Durian dengan Filler Selulosa Sabut Kelapa. *KOVALEN: Jurnal Riset Kimia*, 8(1), 32–38. <https://doi.org/10.22487/kovalen.2022.v8.i1.15755>
- Permatasari, H. R., Gulo, F., & Lesmini, B. (2011). Pengaruh Konsentrasi H₂SO₄ dan NaOH terhadap

- Delignifikasi Serbuk Bambu (*Gigantochloa apus*). *Jurnal Sains Dan Terapan Kimia*, 5(2), 140–150.
- Prameswari, M. D., Nufutomo, T. K., & Munandar, A. (2020). Penurunan Kadar BOD Dan Warna Pada Air Lindi Menggunakan Media Serbuk Kayu Jati (Studi Kasus: Air Lindi Tpa Bakung, Bandar Lampung). In *Teknik Lingkungan*. Institut Teknologi Sumatera.
- Pratama, J. H., Rohmah, R. L., Amalia, A., & Saraswati, T. E. (2019). Isolasi Mikroselulosa dari Limbah Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) dengan Metode Bleaching-Alkalinasi. *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, 15(2), 239. <https://doi.org/10.20961/alchemy.15.2.30862.239-250>
- Pratiwi, R., Rahayu, D., & Barliana, M. I. (2016). Pemanfaatan Selulosa Dari Limbah Jerami Padi (*Oryza sativa*) Sebagai Bahan Bioplastik. *Indonesian Journal of Pharmaceutical Science and Technology*, 3(3), 83. <https://doi.org/10.15416/ijpst.v3i3.9406>
- Purbasari, A., Wulandari, A. A., & Marasabessy, F. M. (2020). Sifat Mekanis Dan Fisis Bioplastik Dari Limbah Kulit Pisang: Pengaruh Jenis Dan Konsentrasi Pemlastis. *Jurnal Kimia Dan Kemasan*, 42(2), 66. <https://doi.org/10.24817/jkk.v42i2.5872>
- Purwanti, A., & Yusuf, M. (2014). Evaluasi Proses Pengolahan Limbah Kulit Udang Untuk Meningkatkan Mutu Kitosan

- Yang Dihasilkan. *Jurnal Teknologi*, 7(1), 83–90.
- Putra, A. D., Johan, V. S., & Efendi, R. (2017). Penambahan Sorbitol Sebagai Plasticizer dalam Pembuatan Edible Film Pati Sukun. *Jom Fakultas Pertanian*, 4(2), 1–15.
- Rahman, A., & Mahyudin, A. (2020). Pengaruh Waktu Ultrasonikasi Terhadap Sifat Mekanik Selulosa Serat Pinang. *Jurnal Fisika Unand*, 9(3), 331–337. <https://doi.org/10.25077/jfu.9.3.331-337.2020>
- Rahmi, D., Marpaung, M. T., Aulia, R. D., Putri, S. E., Aidha, N. N., & Widjajanti, R. (2020). Ekstraksi Dan Karakterisasi Mikroselulosa Dari Rumput Laut Coklat Sargassum Sp. Sebagai Bahan Penguat Bioplastik Film. *Jurnal Kimia Dan Kemasan*, 42(2), 57. <https://doi.org/10.24817/jkk.v42i2.6401>
- Ratnasari, J., & Chodijah, S. (2020). Kerusakan Lingkungan Menurut Sains dan Ahmad Mustafa Al-Maraghi: Studi Tafsir Al-Maraghi pada Surat Al-Rum Ayat 41, Al-Mulk Ayat 3-4 dan Al-A'raf Ayat 56). *Al-Tadabbur: Jurnal Ilmu AlQuran Dan Tafsir*, 5(1), 121–136. <https://doi.org/10.30868/at.v5i1>.
- Rojtica, M. A. (2021). Sintesis dan Karakterisasi Bioplastik Berbasis Selulosa Asetat Limbah Tebu-Kitosan-Glisierol. In *Skripsi*.
- Saputro, A. N. C., & Ovita, A. L. (2017). Sintesis dan

- Karakterisasi Bioplastik dari Kitosan-Pati Ganyong (*Canna edulis*). *JKPK (Jurnal Kimia Dan Pendidikan Kimia)*, 2(1), 13. <https://doi.org/10.20961/jkpk.v2i1.8526>
- Sartika, M. (2017). Pengaruh Penambahan Selulosa Mikroskristal dari Serat Ijuk dan Plasticizer Gliserol Terhadap Karakteristik Bioplastik dari Pati Biji Alpukat (*Persea Americana mill*). In *Skripsi*.
- Song, Y., Zhou, J., Li, Q., Lue, A., & Zhang, L. (2009). Solution Properties of the Acrylamide-modified Cellulose Polyelectrolytes in Aqueous Solutions. *Carbohydrate Research*, 344(11), 1332-1339. <https://doi.org/10.1016/j.carres.2009.04.023>
- Sumartono, N. W., Handayani, F., Desiriana, R., Novitasari, W., & Hulfa, D. S. (2015). Sintesis dan Karakterisasi Bioplastik berbasis Alang-Alang (*Imperata Cylindrica(L.)*) Dengan Penambahan Kitosan, Gliserol, Dan Asam Oleat. *Pelita - Jurnal Penelitian Mahasiswa UNY*, X(2), 13-25.
- Suryani, R., Rizal, W. A., Pratiwi, D., & Prasetyo, D. J. (2020). Karakteristik Dan Aktivitas Antibakteri Asap Cair Dari Biomassa Kayu Putih (*Melaleuca Leucadendra*) Dan Kayu Jati (*Tectona Grandis*). *Jurnal Teknologi Pertanian*, 21(2), 106-117. <https://doi.org/10.21776/ub.jtp.2020.021.02.4>
- Sutan, S. M., Maharani, D. M., & Febriari, F. (2018). Studi

- Karakteristik Sifat Mekanik Bioplastik Berbahan Pati - Selulosa Kulit Siwalan (*Borassus flabellifer*) Mechanical Properties Study of Bioplastic Made of Cassava Starch - Siwalan Coir Fiber (*Borassus flabellifer*). In *Jurnal Keteknikaan Pertanian Tropis dan Biosistem* (Vol. 6, Issue 2).
- Tamiogy, W. R., Kardisa, A., & Aprilia, S. (2019). Pemanfaatan Selulosa dari Limbah Kulit Buah Pinang sebagai Filler pada Pembuatan Bioplastik. *Jurnal Rekayasa Kimia Dan Lingkungan*, 14(1), 63-71.
- Trisanti, P. N., Setiawan H.P, S., Nura'ini, E., & Sumarno. (2018). Gergaji Kayu Sengon Melalui Proses Delignifikasi Alkali Ultrasonik. *Sains Materi Indonesia*, 19(3), 113-119.
- Udyani, K., Rinto, K., & Handarni, Y. (2021). Pengolahan Limbah Penggilingan Padi Menjadi Bioplastik menggunakan palstisizer Sorbitol. *Journal of Industrial Process and Chemical Engineering*, 1(1), 18-24.
- Wahyudi, B., Bahrul, M., Kasafir, H., Rokhmat, M., & Hidayat, T. (2020). Sintesis dan Karakterisasi Bioplastik Dari Pati Talas Dengan Selulosa Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Seminar Nasional Teknik Kimia Soeardjo Brotohardjono XVI*, 1(September), 1-12.
- Wardhani, R. A. K., Rudyardjo, D. I., & Supardi, A. (2013). Sintesis dan Karakterisasi Bioselulosa-Kitosan Dengan

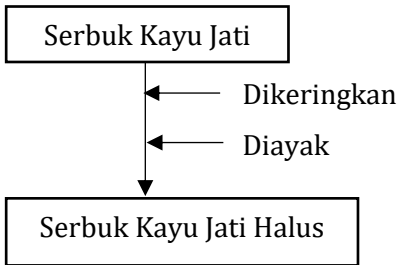
Penambahan Gliserol Sebagai Plasticizer. *Jurnal Fisika Dan Terapannya*, 1(1), 1-7. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016R0679&from=PT%0Ahttp://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:52012PC0011:pt:NOT>

Widiatmono, B. R., Sulianto, A. A., & Debora, C. (2021). Biodegradabilitas Bioplastik Berbahan Dasar Limbah Cair Tahu dengan Penguat Kitosan dan Plasticizer Gliserol. *Jurnal Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, 8(1), 21-27. <https://doi.org/10.21776/ub.jsal.2021.008.01.3>

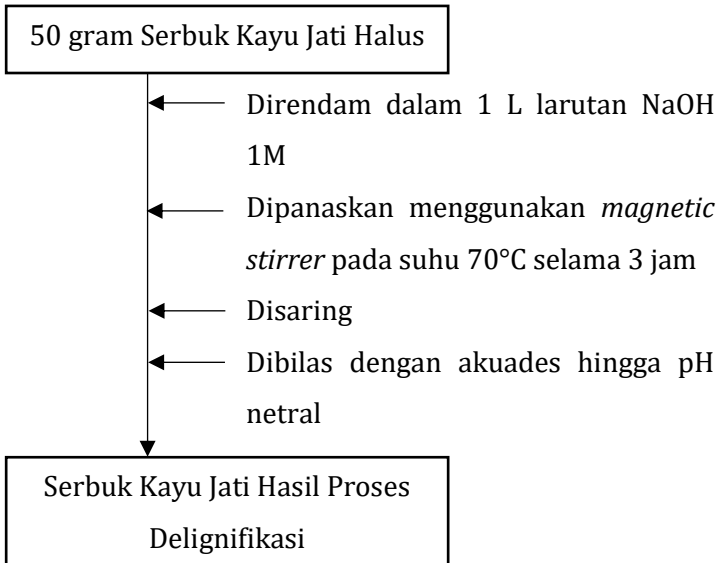
LAMPIRAN

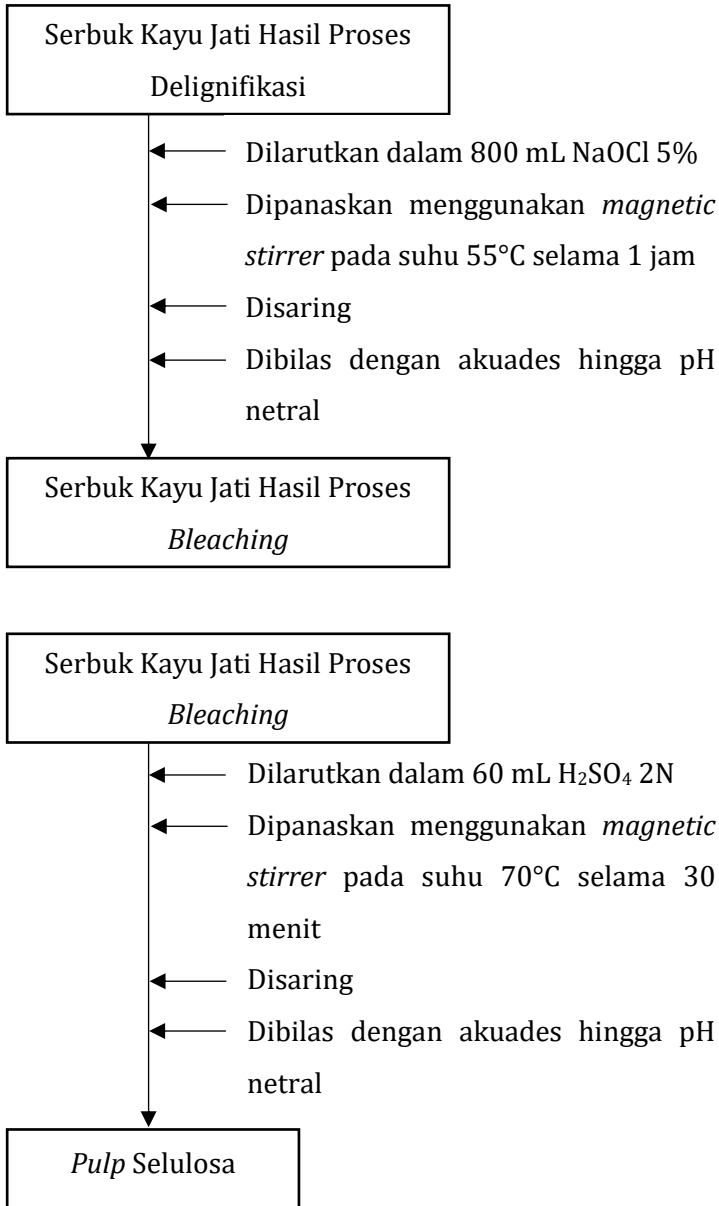
Lampiran 1. Skema Prosedur Kerja

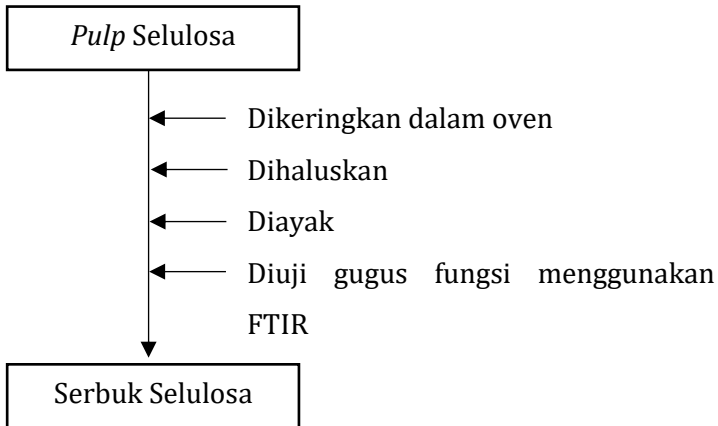
Bagan 1. Preparasi Awal



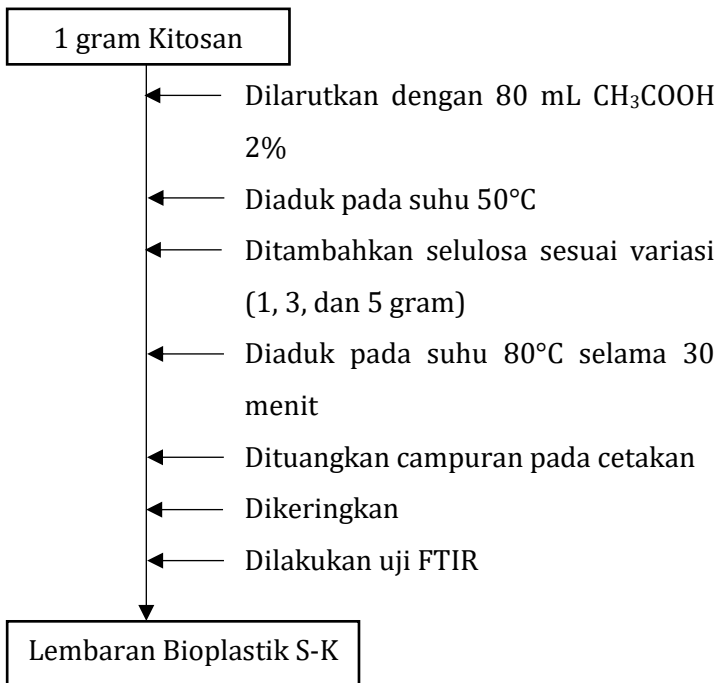
Bagan 2. Proses Ekstraksi Selulosa Serbuk Kayu Jati

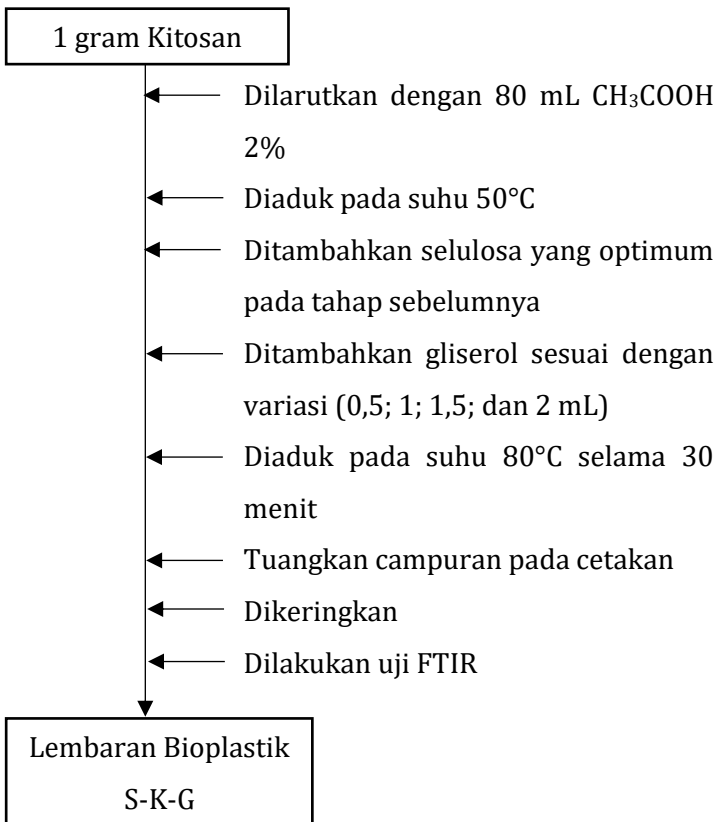


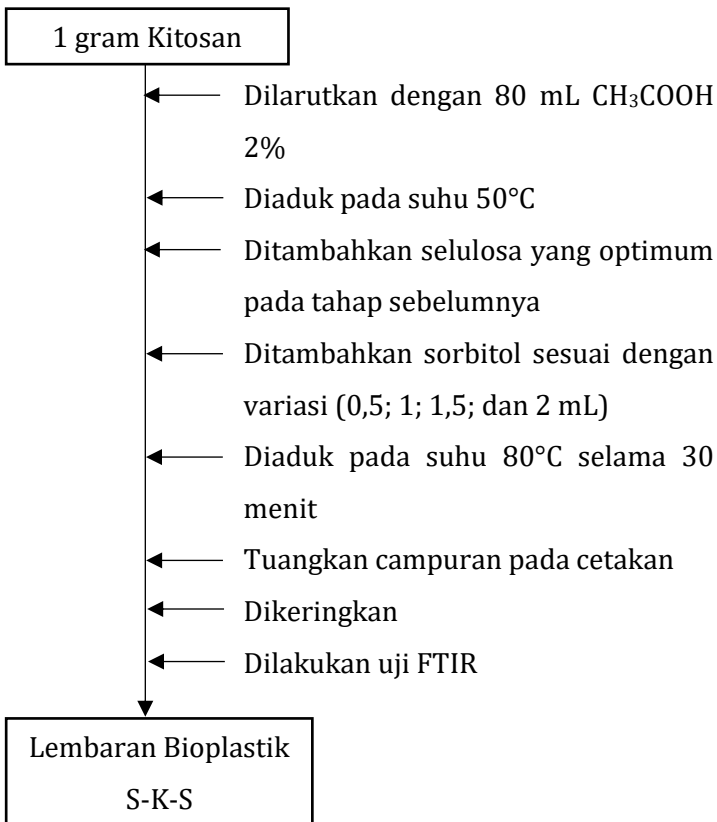




Bagan 2. Pembuatan Bioplastik Selulosa-Kitosan

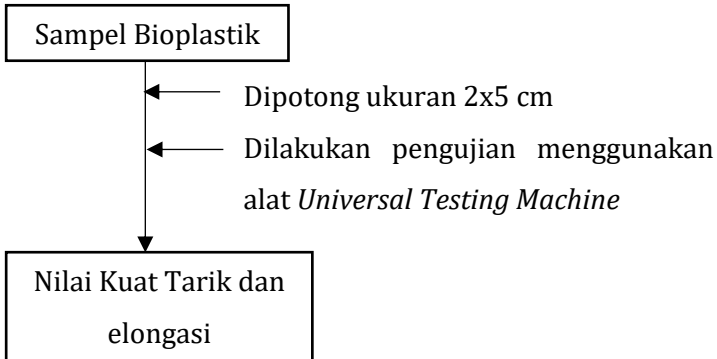


Bagan 3. Pembuatan Bioplastik Selulosa-Kitosan-Gliserol

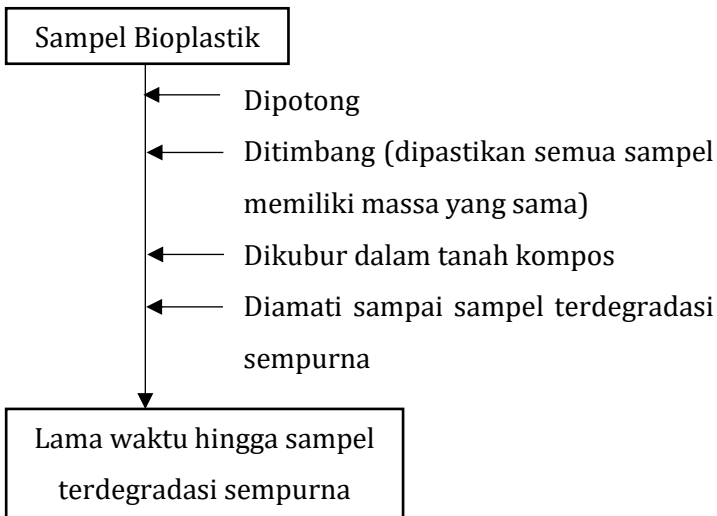
Bagan 4. Pembuatan Bioplastik Selulosa-Kitosan-Sorbitol

Bagan 5. Pengujian Bioplastik

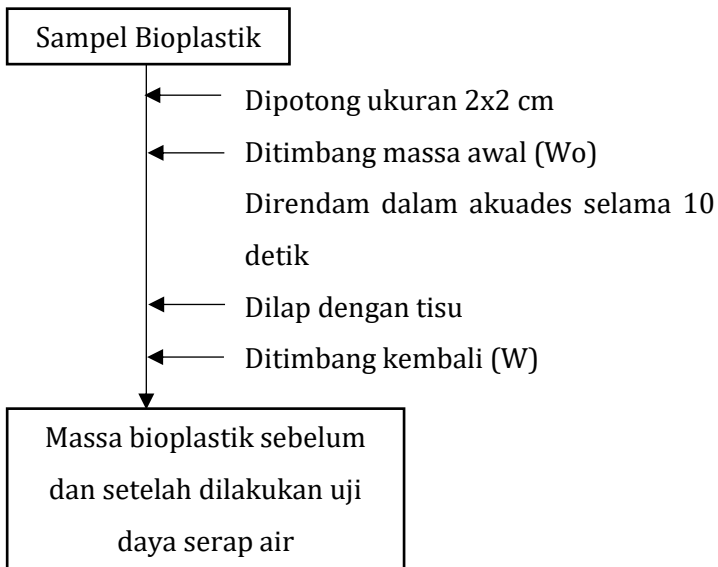
Uji Kekuatan Mekanik



Uji Biodegradasi



Uji Daya Serap Air



Lampiran 2. Hasil Pengujian Kekuatan Mekanik Optimasi Massa Selulosa

Sampel	Nilai Kuat Tarik (MPa)	Nilai SNI Kuat Tarik (MPa)	Nilai Elongasi (%)	Nilai SNI Elongasi (%)
S-K 1:1	19,97	1-10	5,6	10-20
S-K 3:1	3,70		2,8	
S-K 5:1	2,52		2,8	

Variasi Gliserol

Sampel	Nilai Kuat Tarik (MPa)	Nilai SNI Kuat Tarik (MPa)	Nilai Elongasi (%)	Nilai SNI Elongasi (%)
S-K-G 0,5	5,79	1-10	10,3	10-20
S-K-G 1	2,01		20,0	
S-K-G 1,5	0,98		26,7	
S-K-G 2	0,28		44,7	

Variasi Sorbitol

Sampel	Nilai Kuat Tarik (MPa)	Nilai SNI Kuat Tarik (MPa)	Nilai Elongasi (%)	Nilai SNI Elongasi (%)
S-K-S 0,5	13,99	1-10	5,7	10-20
S-K-S 1	6,23		13,7	
S-K-S 1,5	3,66		15,7	
S-K-S 2	2,54		18,7	

Lampiran 3. Perhitungan Nilai Biodegradasi

Sampel	Hari Ke-					
	1	2	4	5	8	9
S-K 1:1	0,0364	0,0361 (0,82%)	0,0356 (2,20%)	0,0348 (4,40%)	0,0330 (9,34%)	0,0325 (10,71%)
S-K 3:1	0,0366	0,0364 (0,55%)	0,0362 (1,09%)	0,0359 (1,91%)	0,0347 (5,19%)	0,0343 (6,28%)
S-K 5:1	0,0365	0,0364 (0,27%)	0,0362 (0,82%)	0,0361 (1,10%)	0,0350 (4,11%)	0,0345 (5,48%)
S-K-G 0,5	0,0364	0,0351 (3,57%)	0,0346 (4,95%)	0,0339 (6,87%)	0,0311 (14,56%)	0,0234 (35,71%)
S-K-G 1	0,0365	0,0350 (4,11%)	0,0346 (5,21%)	0,0331 (9,32%)	0,0311 (14,79%)	0,0219 (40,00%)
S-K-G 1,5	0,0364	0,0342 (6,04%)	0,0326 (10,44%)	0,0322 (11,54%)	0,0299 (17,86%)	0,0186 (48,90%)
S-K-G 2	0,0366	0,0343 (6,28%)	0,0326 (10,93%)	0,0317 (13,39%)	0,0285 (22,13%)	0,0175 (52,19%)
S-K-S 0,5	0,0368	0,0354 (3,80%)	0,0349 (5,16%)	0,0335 (8,97%)	0,0310 (15,76%)	0,0223 (39,40%)
S-K-S 1	0,0365	0,0348 (4,66%)	0,0334 (8,49%)	0,0328 (10,14%)	0,0301 (17,53%)	0,0192 (47,40%)
S-K-S 1,5	0,0365	0,0341 (6,58%)	0,0328 (10,14%)	0,0320 (12,33%)	0,0299 (18,08%)	0,0185 (49,32%)
S-K-S 2	0,0360	0,0336 (6,67%)	0,0319 (11,39%)	0,0309 (14,17%)	0,0279 (22,50%)	0,0170 (52,78%)

Perhitungan biodegradasi setelah hari ke-2

1. Bioplastik S-K 1:1

$$\begin{aligned} \% m &= \frac{m_0 - m_1}{m_0} \times 100\% \\ &= \frac{0,0364 - 0,0361}{0,0364} \times 100\% \\ &= 0,82\% \end{aligned}$$

2. Bioplastik S-K 3:1

$$\begin{aligned} \% m &= \frac{m_0 - m_1}{m_0} \times 100\% \\ &= \frac{0,0366 - 0,0364}{0,0366} \times 100\% \\ &= 0,55\% \end{aligned}$$

3. Bioplastik S-K 5:1

$$\begin{aligned} \% m &= \frac{m_0 - m_1}{m_0} \times 100\% \\ &= \frac{0,0365 - 0,0364}{0,0365} \times 100\% \\ &= 0,27\% \end{aligned}$$

4. Bioplastik S-K-G 0,5

$$\begin{aligned} \% m &= \frac{m_0 - m_1}{m_0} \times 100\% \\ &= \frac{0,0364 - 0,0351}{0,0364} \times 100\% \\ &= 3,57\% \end{aligned}$$

5. Bioplastik S-K-G 1

$$\begin{aligned} \% m &= \frac{m_0 - m_1}{m_0} \times 100\% \\ &= \frac{0,0365 - 0,0350}{0,0365} \times 100\% \\ &= 4,11\% \end{aligned}$$

6. Bioplastik S-K-G 1,5

$$\begin{aligned}
 \% m &= \frac{m_o - m_1}{m_o} \times 100\% \\
 &= \frac{0,0364 - 0,0342}{0,0364} \times 100\% \\
 &= 6,04\%
 \end{aligned}$$

7. Bioplastik S-K-G 2

$$\begin{aligned}
 \% m &= \frac{m_o - m_1}{m_o} \times 100\% \\
 &= \frac{0,0366 - 0,0343}{0,0366} \times 100\% \\
 &= 6,28\%
 \end{aligned}$$

8. Bioplastik S-K-S 0,5

$$\begin{aligned}
 \% m &= \frac{m_o - m_1}{m_o} \times 100\% \\
 &= \frac{0,0368 - 0,0354}{0,0368} \times 100\% \\
 &= 3,80\%
 \end{aligned}$$

9. Bioplastik S-K-S 1

$$\begin{aligned}
 \% m &= \frac{m_o - m_1}{m_o} \times 100\% \\
 &= \frac{0,0365 - 0,0348}{0,0365} \times 100\% \\
 &= 4,66\%
 \end{aligned}$$

10. Bioplastik S-K-S 1,5

$$\begin{aligned}
 \% m &= \frac{m_o - m_1}{m_o} \times 100\% \\
 &= \frac{0,0365 - 0,0341}{0,0365} \times 100\% \\
 &= 6,58\%
 \end{aligned}$$

11. Bioplastik S-K-S 2

$$\begin{aligned}
 \% m &= \frac{m_0 - m_1}{m_0} \times 100\% \\
 &= \frac{0,0360 - 0,0336}{0,0360} \times 100\% \\
 &= 6,67\%
 \end{aligned}$$

Perhitungan biodegradasi setelah hari ke-4

1. Bioplastik S-K 1:1

$$\begin{aligned}
 \% m &= \frac{m_0 - m_1}{m_0} \times 100\% \\
 &= \frac{0,0364 - 0,0356}{0,0364} \times 100\% \\
 &= 2,20\%
 \end{aligned}$$

2. Bioplastik S-K 3:1

$$\begin{aligned}
 \% m &= \frac{m_0 - m_1}{m_0} \times 100\% \\
 &= \frac{0,0366 - 0,0362}{0,0366} \times 100\% \\
 &= 1,09\%
 \end{aligned}$$

3. Bioplastik S-K 5:1

$$\begin{aligned}
 \% m &= \frac{m_0 - m_1}{m_0} \times 100\% \\
 &= \frac{0,0365 - 0,0362}{0,0365} \times 100\% \\
 &= 0,82\%
 \end{aligned}$$

4. Bioplastik S-K-G 0,5

$$\begin{aligned}
 \% m &= \frac{m_0 - m_1}{m_0} \times 100\% \\
 &= \frac{0,0364 - 0,0346}{0,0364} \times 100\%
 \end{aligned}$$

$$= 4,95\%$$

5. Bioplastik S-K-G 1

$$\begin{aligned} \% m &= \frac{m_o - m_1}{m_o} \times 100\% \\ &= \frac{0,0365 - 0,0346}{0,0365} \times 100\% \\ &= 5,21\% \end{aligned}$$

6. Bioplastik S-K-G 1,5

$$\begin{aligned} \% m &= \frac{m_o - m_1}{m_o} \times 100\% \\ &= \frac{0,0364 - 0,0326}{0,0364} \times 100\% \\ &= 10,44\% \end{aligned}$$

7. Bioplastik S-K-G 2

$$\begin{aligned} \% m &= \frac{m_o - m_1}{m_o} \times 100\% \\ &= \frac{0,0366 - 0,0326}{0,0366} \times 100\% \\ &= 10,93\% \end{aligned}$$

8. Bioplastik S-K-S 0,5

$$\begin{aligned} \% m &= \frac{m_o - m_1}{m_o} \times 100\% \\ &= \frac{0,0368 - 0,0349}{0,0368} \times 100\% \\ &= 5,16\% \end{aligned}$$

9. Bioplastik S-K-S 1

$$\begin{aligned} \% m &= \frac{m_o - m_1}{m_o} \times 100\% \\ &= \frac{0,0365 - 0,0334}{0,0365} \times 100\% \\ &= 8,49\% \end{aligned}$$

10. Bioplastik S-K-S 1,5

$$\begin{aligned}
 \% m &= \frac{m_0 - m_1}{m_0} \times 100\% \\
 &= \frac{0,0365 - 0,0328}{0,0365} \times 100\% \\
 &= 10,14\%
 \end{aligned}$$

11. Bioplastik S-K-S 2

$$\begin{aligned}
 \% m &= \frac{m_0 - m_1}{m_0} \times 100\% \\
 &= \frac{0,0360 - 0,0319}{0,0360} \times 100\% \\
 &= 11,39\%
 \end{aligned}$$

Perhitungan biodegradasi setelah hari ke-5

1. Bioplastik S-K 1:1

$$\begin{aligned}
 \% m &= \frac{m_0 - m_1}{m_0} \times 100\% \\
 &= \frac{0,0364 - 0,0348}{0,0364} \times 100\% \\
 &= 4,40\%
 \end{aligned}$$

2. Bioplastik S-K 3:1

$$\begin{aligned}
 \% m &= \frac{m_0 - m_1}{m_0} \times 100\% \\
 &= \frac{0,0366 - 0,0359}{0,0366} \times 100\% \\
 &= 1,91\%
 \end{aligned}$$

3. Bioplastik S-K 5:1

$$\% m = \frac{m_0 - m_1}{m_0} \times 100\%$$

$$= \frac{0,0365 - 0,0361}{0,0365} \times 100\%$$

$$= 1,10\%$$

4. Bioplastik S-K-G 0,5

$$\% m = \frac{m_o - m_1}{m_o} \times 100\%$$

$$= \frac{0,0364 - 0,0339}{0,0364} \times 100\%$$

$$= 6,87\%$$

5. Bioplastik S-K-G 1

$$\% m = \frac{m_o - m_1}{m_o} \times 100\%$$

$$= \frac{0,0365 - 0,0331}{0,0365} \times 100\%$$

$$= 9,32\%$$

6. Bioplastik S-K-G 1,5

$$\% m = \frac{m_o - m_1}{m_o} \times 100\%$$

$$= \frac{0,0364 - 0,0322}{0,0364} \times 100\%$$

$$= 11,54\%$$

7. Bioplastik S-K-G 2

$$\% m = \frac{m_o - m_1}{m_o} \times 100\%$$

$$= \frac{0,0366 - 0,0317}{0,0366} \times 100\%$$

$$= 13,39\%$$

8. Bioplastik S-K-S 0,5

$$\% m = \frac{m_o - m_1}{m_o} \times 100\%$$

$$= \frac{0,0368 - 0,0335}{0,0368} \times 100\%$$

$$= 8,97\%$$

9. Bioplastik S-K-S 1

$$\% m = \frac{m_o - m_1}{m_o} \times 100\%$$

$$= \frac{0,0365 - 0,0328}{0,0365} \times 100\%$$

$$= 10,14\%$$

10. Bioplastik S-K-S 1,5

$$\% m = \frac{m_o - m_1}{m_o} \times 100\%$$

$$= \frac{0,0365 - 0,0320}{0,0365} \times 100\%$$

$$= 12,33\%$$

11. Bioplastik S-K-S 2

$$\% m = \frac{m_o - m_1}{m_o} \times 100\%$$

$$= \frac{0,0360 - 0,0309}{0,0360} \times 100\%$$

$$= 14,17\%$$

Perhitungan biodegradasi setelah hari ke-8

1. Bioplastik S-K 1:1

$$\% m = \frac{m_o - m_1}{m_o} \times 100\%$$

$$= \frac{0,0364 - 0,0330}{0,0364} \times 100\%$$

$$= 9,34\%$$

2. Bioplastik S-K 3:1

$$\begin{aligned}
 \% m &= \frac{m_o - m_1}{m_o} \times 100\% \\
 &= \frac{0,0366 - 0,0347}{0,0366} \times 100\% \\
 &= 5,19\%
 \end{aligned}$$

3. Bioplastik S-K 5:1

$$\begin{aligned}
 \% m &= \frac{m_o - m_1}{m_o} \times 100\% \\
 &= \frac{0,0365 - 0,0350}{0,0365} \times 100\% \\
 &= 4,11\%
 \end{aligned}$$

4. Bioplastik S-K-G 0,5

$$\begin{aligned}
 \% m &= \frac{m_o - m_1}{m_o} \times 100\% \\
 &= \frac{0,0364 - 0,0311}{0,0364} \times 100\% \\
 &= 14,56\%
 \end{aligned}$$

5. Bioplastik S-K-G 1

$$\begin{aligned}
 \% m &= \frac{m_o - m_1}{m_o} \times 100\% \\
 &= \frac{0,0365 - 0,0311}{0,0365} \times 100\% \\
 &= 14,79\%
 \end{aligned}$$

6. Bioplastik S-K-G 1,5

$$\begin{aligned}
 \% m &= \frac{m_o - m_1}{m_o} \times 100\% \\
 &= \frac{0,0364 - 0,0299}{0,0364} \times 100\% \\
 &= 17,86\%
 \end{aligned}$$

7. Bioplastik S-K-G 2

$$\begin{aligned}
 \% m &= \frac{m_o - m_1}{m_o} \times 100\% \\
 &= \frac{0,0366 - 0,0285}{0,0366} \times 100\% \\
 &= 22,13\%
 \end{aligned}$$

8. Bioplastik S-K-S 0,5

$$\begin{aligned}
 \% m &= \frac{m_o - m_1}{m_o} \times 100\% \\
 &= \frac{0,0368 - 0,0310}{0,0368} \times 100\% \\
 &= 15,76\%
 \end{aligned}$$

9. Bioplastik S-K-S 1

$$\begin{aligned}
 \% m &= \frac{m_o - m_1}{m_o} \times 100\% \\
 &= \frac{0,0365 - 0,0301}{0,0365} \times 100\% \\
 &= 17,53\%
 \end{aligned}$$

10. Bioplastik S-K-S 1,5

$$\begin{aligned}
 \% m &= \frac{m_o - m_1}{m_o} \times 100\% \\
 &= \frac{0,0365 - 0,0299}{0,0365} \times 100\% \\
 &= 18,08\%
 \end{aligned}$$

11. Bioplastik S-K-S 2

$$\begin{aligned}
 \% m &= \frac{m_o - m_1}{m_o} \times 100\% \\
 &= \frac{0,0360 - 0,0279}{0,0360} \times 100\% \\
 &= 22,50\%
 \end{aligned}$$

Perhitungan biodegradasi setelah hari ke-9

1. Bioplastik S-K 1:1

$$\begin{aligned} \% m &= \frac{m_0 - m_1}{m_0} \times 100\% \\ &= \frac{0,0364 - 0,0325}{0,0364} \times 100\% \\ &= 10,71\% \end{aligned}$$

2. Bioplastik S-K 3:1

$$\begin{aligned} \% m &= \frac{m_0 - m_1}{m_0} \times 100\% \\ &= \frac{0,0366 - 0,0343}{0,0366} \times 100\% \\ &= 6,28\% \end{aligned}$$

3. Bioplastik S-K 5:1

$$\begin{aligned} \% m &= \frac{m_0 - m_1}{m_0} \times 100\% \\ &= \frac{0,0365 - 0,0345}{0,0365} \times 100\% \\ &= 5,48\% \end{aligned}$$

4. Bioplastik S-K-G 0,5

$$\begin{aligned} \% m &= \frac{m_0 - m_1}{m_0} \times 100\% \\ &= \frac{0,0364 - 0,0234}{0,0364} \times 100\% \\ &= 35,71\% \end{aligned}$$

5. Bioplastik S-K-G 1

$$\begin{aligned} \% m &= \frac{m_0 - m_1}{m_0} \times 100\% \\ &= \frac{0,0365 - 0,0219}{0,0365} \times 100\% \\ &= 40,00\% \end{aligned}$$

6. Bioplastik S-K-G 1,5

$$\begin{aligned}
 \% m &= \frac{m_o - m_1}{m_o} \times 100\% \\
 &= \frac{0,0364 - 0,0186}{0,0364} \times 100\% \\
 &= 48,90\%
 \end{aligned}$$

7. Bioplastik S-K-G 2

$$\begin{aligned}
 \% m &= \frac{m_o - m_1}{m_o} \times 100\% \\
 &= \frac{0,0366 - 0,0175}{0,0366} \times 100\% \\
 &= 52,19\%
 \end{aligned}$$

8. Bioplastik S-K-S 0,5

$$\begin{aligned}
 \% m &= \frac{m_o - m_1}{m_o} \times 100\% \\
 &= \frac{0,0368 - 0,0223}{0,0368} \times 100\% \\
 &= 39,40\%
 \end{aligned}$$

9. Bioplastik S-K-S 1

$$\begin{aligned}
 \% m &= \frac{m_o - m_1}{m_o} \times 100\% \\
 &= \frac{0,0365 - 0,0192}{0,0365} \times 100\% \\
 &= 47,40\%
 \end{aligned}$$

10. Bioplastik S-K-S 1,5

$$\begin{aligned}
 \% m &= \frac{m_o - m_1}{m_o} \times 100\% \\
 &= \frac{0,0365 - 0,0185}{0,0365} \times 100\% \\
 &= 49,32\%
 \end{aligned}$$

11. Bioplastik S-K-S 2

$$\begin{aligned}\% m &= \frac{m_o - m_1}{m_o} \times 100\% \\ &= \frac{0,0360 - 0,0170}{0,0360} \times 100\% \\ &= 52,78\%\end{aligned}$$

Lampiran 4. Perhitungan Nilai Daya Serap Air

Bioplastik Selulosa-Kitosan

No.	Sampel	Massa (gram)				Nilai Uji Daya Serap Air (%)
		W_0	W_1	W_2	\bar{W}	
1.	S-K 1:1	0,0420	0,0626	0,0650	0,0638	51,90
2.	S-K 3:1	0,0925	0,1369	0,1374	0,1372	48,27
3.	S-K 5:1	0,1059	0,1564	0,1569	0,1567	47,92

Perhitungan:

1. Sampel S-K 1:1

$$\begin{aligned}
 \text{Air yang diserap} &= \frac{W - W_0}{W_0} \times 100\% \\
 &= \frac{0,0638 - 0,0420}{0,0420} \times 100\% \\
 &= 51,90\%
 \end{aligned}$$

2. Sampel S-K 3:1

$$\begin{aligned}
 \text{Air yang diserap} &= \frac{W - W_0}{W_0} \times 100\% \\
 &= \frac{0,1372 - 0,0925}{0,0925} \times 100\% \\
 &= 48,27\%
 \end{aligned}$$

3. Sampel S-K 5:1

$$\begin{aligned}
 \text{Air yang diserap} &= \frac{W - W_0}{W_0} \times 100\% \\
 &= \frac{0,1567 - 0,1059}{0,1059} \times 100\% \\
 &= 47,92\%
 \end{aligned}$$

Bioplastik Selulosa-Kitosan-Glisero

No.	Sampel	Massa (gram)				Nilai Uji Daya Serap Air (%)
		W_o	W_1	W_2	\bar{W}	
1.	S-K-G 0,5	0,0495	0,0711	0,0709	0,0710	43,43
2.	S-K-G 1	0,1085	0,1561	0,1563	0,1862	43,96
3.	S-K-G 1,5	0,1293	0,1863	0,1866	0,1865	44,20
4.	S-K-G 2	0,1326	0,1917	0,1928	0,1923	44,98

Perhitungan:

1. Sampel S-K-G 0,5

$$\begin{aligned}
 \text{Air yang diserap} &= \frac{W - W_o}{W_o} \times 100\% \\
 &= \frac{0,0710 - 0,0495}{0,0495} \times 100\% \\
 &= 43,43\%
 \end{aligned}$$

2. Sampel S-K-G 1

$$\begin{aligned}
 \text{Air yang diserap} &= \frac{W - W_o}{W_o} \times 100\% \\
 &= \frac{0,1862 - 0,1085}{0,1085} \times 100\% \\
 &= 43,96\%
 \end{aligned}$$

3. Sampel S-K-G 1,5

$$\begin{aligned}
 \text{Air yang diserap} &= \frac{W - W_o}{W_o} \times 100\% \\
 &= \frac{0,1865 - 0,1293}{0,1293} \times 100\% \\
 &= 44,20\%
 \end{aligned}$$

4. Sampel S-K-G 2

$$\begin{aligned}
 \text{Air yang diserap} &= \frac{W - W_o}{W_o} \times 100\% \\
 &= \frac{0,1923 - 0,1326}{0,1326} \times 100\% \\
 &= 44,98\%
 \end{aligned}$$

Bioplastik Selulosa-Kitosan-Sorbitol

No.	Sampel	Masa (gram)				Nilai Uji Daya Serap Air (%)
		W_o	W_1	W_2	\bar{W}	
1.	S-K-S 0,5	0,0501	0,0824	0,0826	0,0825	64,67
2.	S-K-S 1	0,0650	0,1087	0,1090	0,1089	67,46
3.	S-K-S 1,5	0,0670	0,1123	0,1129	0,1126	68,06
4.	S-K-S 2	0,0745	0,1273	0,1281	0,1277	71,41

Perhitungan:

1. Sampel S-K-S 0,5

$$\begin{aligned}
 \text{Air yang diserap} &= \frac{W - W_o}{W_o} \times 100\% \\
 &= \frac{0,0825 - 0,0501}{0,0501} \times 100\% \\
 &= 64,67\%
 \end{aligned}$$

2. Sampel S-K-S 1

$$\begin{aligned}
 \text{Air yang diserap} &= \frac{W - W_o}{W_o} \times 100\% \\
 &= \frac{0,1089 - 0,0650}{0,0650} \times 100\% \\
 &= 67,46\%
 \end{aligned}$$

3. Sampel S-K-S 1,5

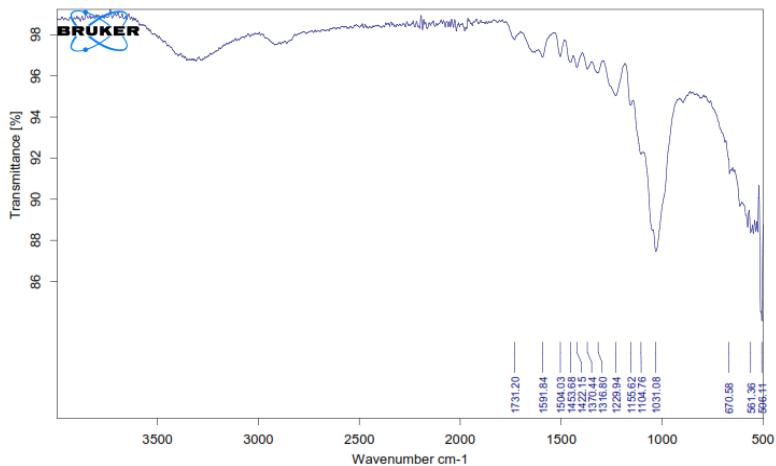
$$\begin{aligned}\text{Air yang diserap} &= \frac{W - W_o}{W_o} \times 100\% \\ &= \frac{0,1126 - 0,0670}{0,0670} \times 100\% \\ &= 68,06\%\end{aligned}$$

4. Sampel S-K-S 2

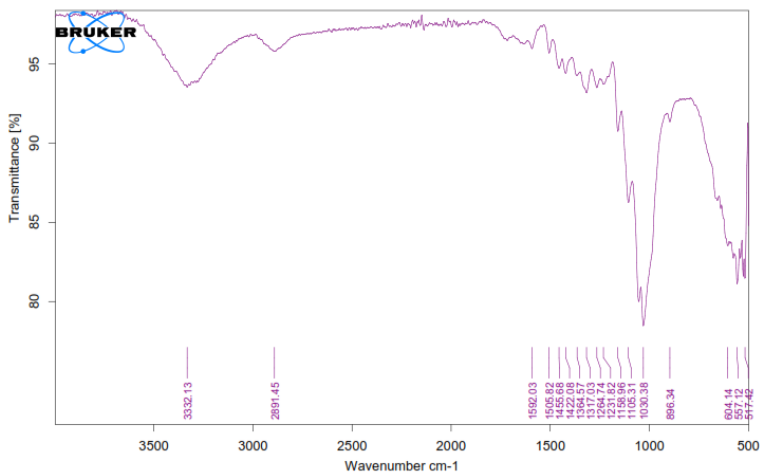
$$\begin{aligned}\text{Air yang diserap} &= \frac{W - W_o}{W_o} \times 100\% \\ &= \frac{0,1277 - 0,0745}{0,0745} \times 100\% \\ &= 71,41\%\end{aligned}$$

Lampiran 5. Hasil Pengujian FTIR

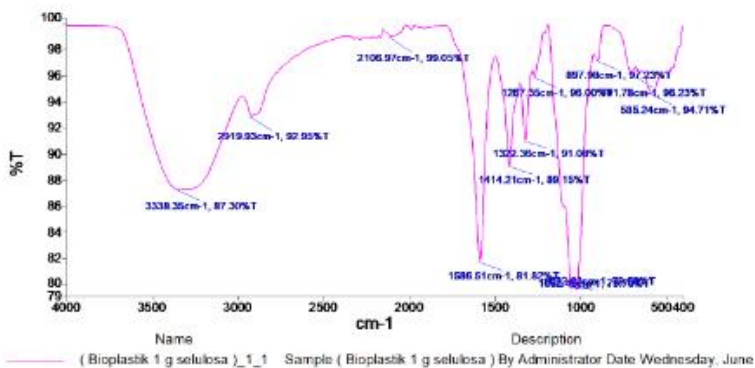
FTIR Serbuk Kayu Jati



FTIR Selulosa



FTIR Bioplastik 1 Gram Selulosa



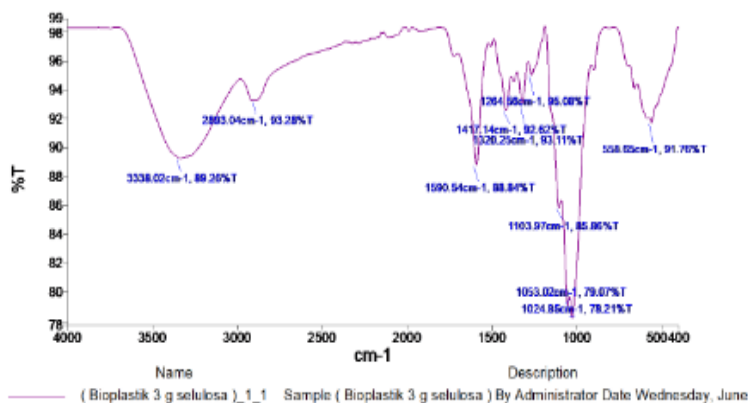
Peak Table

Peak Number	X (cm^{-1})	Y (%T)
1	3338.35	87.30
2	2919.93	92.95
3	2106.97	99.05
4	1586.51	81.82
5	1414.21	89.15
6	1322.36	91.08
7	1267.35	96.00
8	1052.49	79.70
9	1022.03	79.59
10	897.98	97.23
11	701.78	96.23
12	585.24	94.71

Peak Area/Height Results

Result Spectrum

FTIR Bioplastik 3 Gram Selulosa



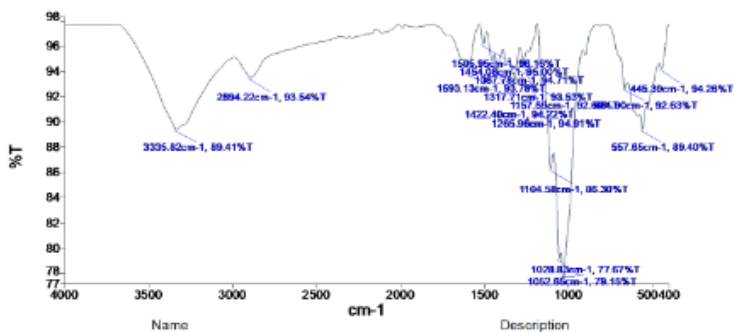
Peak Table

Peak Number	X (cm-1)	Y (%T)
1	3338.02	89.26
2	2893.04	93.28
3	1590.54	88.84
4	1417.14	92.62
5	1320.25	93.11
6	1264.56	95.08
7	1103.97	85.86
8	1053.02	79.07
9	1024.85	78.21
10	558.65	91.76

Peak Area/Height Results

Result Spectrum

FTIR Bioplastik 5 Gram Selulosa

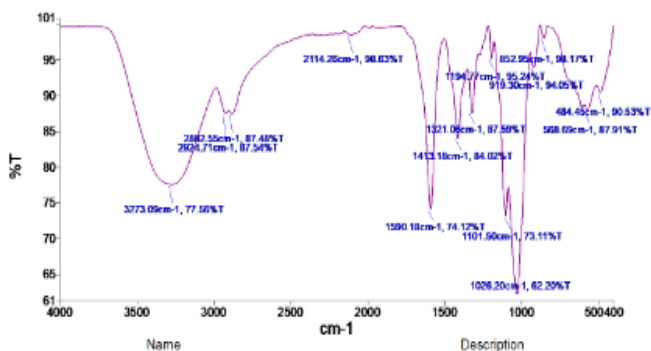


Peak Table

Peak Number	X (cm-1)	Y (%T)
1	3335.82	89.41
2	2894.22	93.54
3	1593.13	93.78
4	1505.95	96.16
5	1454.08	95.00
6	1422.40	94.22
7	1367.78	94.71
8	1317.71	93.53
9	1265.96	94.91
10	1157.59	92.60
11	1104.58	86.30
12	1052.65	79.15
13	1028.83	77.67
14	661.90	92.63
15	557.65	89.40
16	445.39	94.26

Peak Area/Height Results

FTIR Bioplastik 0,5 mL Gliserol



(Bioplastik 0,5 ml Gliserol)_1_1 Sample (Bioplastik 0,5 ml Gliserol) By Administrator Date Friday, July 2

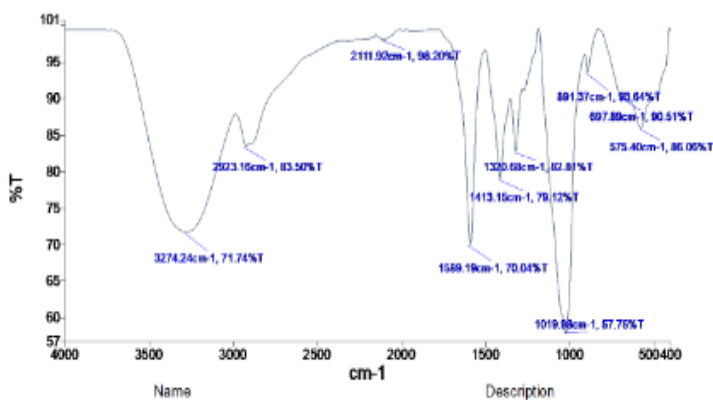
Peak Table

Peak Number	X (cm^{-1})	Y (%T)
1	3273.09	77.56
2	2924.71	87.54
3	2882.55	87.48
4	2114.26	98.63
5	1590.18	74.12
6	1413.18	84.02
7	1321.06	87.59
8	1194.77	95.24
9	1101.50	73.11
10	1026.20	62.20
11	919.30	94.05
12	852.95	98.17
13	568.69	87.91
14	484.45	90.53

Peak Area/Height Results

Result Spectrum

FTIR Bioplastik 1 mL Sorbitol



Name (Bioplastik 1 ml Sorbitol)_1_1 Sample (Bioplastik 1 ml Sorbitol) By Administrator Date Friday, July 21 20





Peak Table





Peak Number	X (cm^{-1})	Y (%T)
1	3274.24	71.74
2	2923.16	83.50
3	2111.92	98.20
4	1589.19	70.04
5	1413.15	79.12
6	1320.68	82.81
7	1019.98	57.75
8	891.37	93.64
9	697.89	90.51
10	575.40	86.06

Peak Area/Height Results

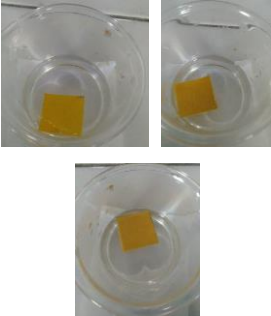
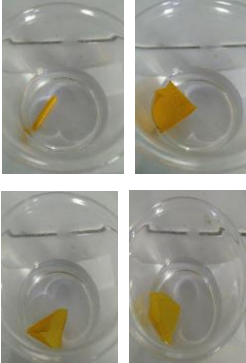
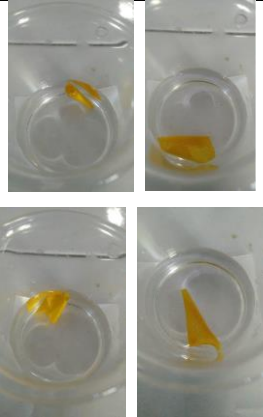
Result Spectrum

Lampiran 6. Dokumentasi

No.	Aktivitas	Gambar
1.	Preparasi serbuk kayu jati	
2.	Proses delignifikasi	
3.	Hasil proses delignifikasi	
4.	Proses <i>bleaching</i>	

No.	Aktivitas	Gambar
5.	Hasil proses <i>bleaching</i>	
6.	Hasil proses hidrolisis asam (selulosa)	
7.	Bioplastik selulosa-kitosan	
8.	Bioplastik selulosa-kitosan-gliseryl	

No.	Aktivitas	Gambar
		
9.	Bioplastik selulosa- kitosan-sorbitol	
10.	Uji biodegradasi	

No.	Aktivitas	Gambar
11.	Uji daya serap air bioplastik selulosa-kitosan	
12.	Uji daya serap air bioplastik selulosa-kitosan-glisierol	
13.	Uji daya serap air bioplastik selulosa-kitosan-sorbitol	

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

A. Identitas Diri

1. Nama : Nur Nisa Aeni Qolbi
2. TTL : Tegal, 08 April 2001
3. Alamat : Jl. K.H. Samanhudi No. 37 RT 05 RW 01
Debong Wetan, Kec. Dukuhturi, Kab.
Tegal
4. Nomor HP : 081380870119
5. E-mail : nurnisaaeniqolbi84@gmail.com

B. Riwayat Pendidikan

1. MI Muhammadiyah Debong Wetan
2. SMP Negeri 10 Tegal
3. SMA Negeri 3 Tegal

Semarang, 6 Oktober 2023



Nur Nisa Aeni Qolbi
NIM. 1908036038