

**PEMBUATAN BIOPLASTIK PATI BIJI NANGKA - SELULOSA
SERABUT SIWALAN (*Borassus flabellifer L*) DENGAN
GLISEROL SEBAGAI *PLASTICIZER***

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Syarat Guna Memperoleh
Gelar Sarjana Sains (S. Si) dalam Ilmu Kimia



Diajukan oleh

HANIK SYA'ADAH

NIM : 2108036023

PROGRAM STUDI KIMIA

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO

2025

**PEMBUATAN BIOPLASTIK PATI BIJI NANGKA - SELULOSA
SERABUT SIWALAN (*Borassus flabellifer* L) DENGAN
GLISEROL SEBAGAI *PLASTICIZER***

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Syarat Guna Memperoleh
Gelar Sarjana Sains (S. Si) dalam Ilmu Kimia

HANIK SYA'ADAH

NIM : 2108036023

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

PERNYATAAN KEASLIAN

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Hanik Sya'adah
NIM : 2108036023
Jurusan : Kimia

PEMBUATAN BIOPLASTIK PATI BIJI NANGKA - SELULOSA SERABUT SIWALAN (*Borassus flabellifer* L) DENGAN GLISEROL SEBAGAI *PLASTICIZER*

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

Semarang, 24 Juni 2025

Pembuat Pernyataan,



Hanik Sya'adah

NIM. 2108036023

PENGESAHAN

Naskah skripsi berikut ini :

Judul : Pembuatan Bioplastik Pati Biji
Nangka-Selulosa Serabut Siwalan (*Borassus
flabellifer* L) dengan Gliserol sebagai *Plasticizer*

Penulis : Hanik Sya'adah

NIM : 2108036023

Jurusan : Kimia

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

Semarang, 30 Juni 2025

DEWAN PENGUJI

Ketua Penguji

Sekretaris Penguji

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

Penguji I

Acholidah, M.Sc
NIP.198208112019032008

Penguji II

Dr. Eng. Anissa Adiwena P, M.Eng
NIP.198504052011012015

Nana Misrochah, M.Pd
NIP.198608282019032029

Dosen Pembimbing

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

NOTA DINAS

Semarang, 09 Juli 2025

Yth. Ketua Program Studi Kimia

Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Walisongo Semarang

Assalamualaikum wr. Wb

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

Judul : Pembuatan Bioplastik Pati Biji Nangka-Selulosa Serabut Siwalan (*Borassus flabellifer L*) dengan Gliserol sebagai *Plasticizer*

Nama : Hanik Sya'adah

NIM : 2108036023

Jurusan : Kimia

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

Wassalamualaikum wr. Wb

Pembimbing



Dr. Ervin Tri Suryandari, M. Si

NIP. 197407162009122001

ABSTRAK

Judul : Pembuatan Bioplastik Pati Biji Nangka-Selulosa Serabut Siwalan (*Borassus flabellifer L*) dengan Gliserol sebagai *Plasticizer*

Nama : Hanik Sya'adah

NIM : 2108036023

Masalah limbah plastik konvensional yang sulit terurai menjadi latar belakang perlunya pengembangan bioplastik ramah lingkungan berbahan alami. Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis dan mengkarakterisasi bioplastik dari pati biji nangka dan selulosa serabut siwalan (*Borassus flabellifer L*), serta mengkaji pengaruh penambahan selulosa dan gliserol terhadap sifat mekanik, daya serap air, dan biodegradasi bioplastik. Pati diekstrak dari biji nangka menggunakan metode perendaman dan pengendapan, sedangkan selulosa diperoleh dari serabut siwalan melalui proses delignifikasi dan *bleaching*. Bioplastik dibuat dengan metode *melt intercalation* tiga variasi yaitu bioplastik pati biji nangka (BPN), bioplastik pati biji nangka-selulosa serabut siwalan (BPN-S), dan bioplastik pati biji nangka-selulosa serabut siwalan-gliserol (BPN-S-G) yang dikarakterisasi menggunakan FTIR, uji kekuatan mekanik (uji kuat tarik dan persen elongasi), uji daya serap air, dan uji biodegradasi dalam tanah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi selulosa sebanyak 25% dapat meningkatkan kuat tarik bioplastik pati biji nangka namun pada konsentrasi yang tinggi yaitu 50%, 75%, dan 100% dapat menurunkan nilai kuat tarik. Sedangkan penambahan gliserol dapat meningkatkan nilai elongasi bioplastik namun menurunkan nilai kuat tarik. Daya serap air menurun seiring peningkatan konsentrasi selulosa sedangkan penambahan gliserol dapat menurunkan nilai daya serap. Bioplastik pati biji nangka-selulosa serabut siwalan dengan sifat mekanik terbaik adalah bioplastik pati 2,5 g, selulosa 75% dengan kuat tarik 9,91 MPa dan nilai persen elongasi 2,16%. Sedangkan bioplastik pati biji nangka-selulosa

serabut siwalan-gliserol (BPN-S-G) dengan sifat mekanik terbaik yaitu BPN-S-G dengan penambahan gliserol 0,5 ml dengan kuat tarik sebesar 6,74 MPa dan elongasi sebesar 3,00 % yang terdegradasi selama 25 hari. Berdasarkan data, nilai elongasi dan waktu terdegradasi sudah memenuhi SNI 7188.7:2014 dan SNI 7188.7:2022, namun belum memenuhi berdasarkan nilai kuat tarik sehingga diperlukan adanya penambahan komposit lain atau penambahan variasi pada selulosa dan gliserol.

Kata Kunci : Bioplastik, Pati biji nangka, Selulosa, Serabut Siwalan, Gliserol

TRANSLITERASI ARAB-LATIN

Penulisan transliterasi huruf-huruf Arab Latin dalam skripsi ini berpedoman pada SKB Menteri Agama dan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan R.I. Nomor : 158/1987 dan Nomor : 0543b/U/1987. Penyimpangan penulisan kata sandang [al-] disengaja secara konsisten supaya sesuai teks Arabnya.

ا	A	ط	t
ب	B	ظ	z
ت	T	ع	'
ث	Ś	غ	Gh
ج	J	ف	F
ح	h	ق	Q
خ	Kh	ك	K
د	D	ل	L
ذ	z	م	M
ر	R	ن	N
ز	Z	و	W
س	S	ه	H
ش	Sy	ء	"
ص	ṣ	ي	Y
ض	ḍ		

Bacaan Mad

a > a panjang

a > b panjang

i > i Panjang

Bacaan Diftong :

او = au

اي = ai

اي = iv

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur selalu terpanjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya. Alhamdulillah Rabbi'l'amin penulis dapat menyelesaikan proposal penelitian ini yang berjudul: "Pembuatan Bioplastik Pati Biji Nangka-Selulosa Serabut Siwalan (*Borassus flabellifer* L) dengan Gliserol sebagai *Plasticizer*". Shalawat serta salam tidak lupa penulis panjatkan kepada junjungan Nabi Besar Muhammad SAW yang telah membawa cahaya kepada umat manusia dari zaman jahiliyyah ke zaman yang diridhoi Allah.

Penulis menyadari bahwa proposal penelitian ini tidak akan tersusun dengan baik tanpa adanya bantuan dan bimbingan dari pihak-pihak terkait. Oleh karena itu, tidak lupa juga pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak-banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian proposal penelitian ini. Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada:

1. Prof. Dr. H. Nizar,.M. Ag selaku Rektor Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.
2. Prof. Dr. H. Musahadi, M.Ag selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi.
3. Mulyatun, M.Sc selaku Ketua Jurusan Kimia.

4. Dr. Ervin Tri Suryandari, S.Si, M.Si selaku dosen pembimbing yang sudah membimbing penulis dengan sangat baik dan sabar, memberikan kritik, saran, serta masukan selama menyusun hingga menyelesaikan skripsi.
5. Segenap Dosen, Pegawai, dan Civitas Akademik Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang yang telah memberikan ilmunya kepada penulis selama kuliah.
6. Kedua orang tua tersayang yaitu Bapak Warnadi dan Ibu Siti Nyarwati, kakek dan nenek yang setiap hari mendoakan penulis, memberikan nasihat, semangat, motivasi, dan memberikan segalanya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dan pendidikannya.
7. Sahabat-sahabat penulis yaitu Rudhotul Muhtasanah, Natalia Nada M, Vivi Dewi A, Defikha D, Ninik A, Nur Rahayu I, Wahyu Wulandari, Diajeng Ayu S, Hamada Asahi, Treasure dan teman-teman seperjuangan Kimia 2021 yang telah memberikan semangat, dan dukungan penulis dalam menyelesaikan skripsi.
8. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan susunan skripsi yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dan ketidaksempurnaan dalam penyusunan skripsi ini karena terbatasnya pengetahuan penulis. Penulis mohon maaf sebesar-besarnya apabila masih banyak kesalahan dalam penulisan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat khususnya bagi penulis dan pembacanya.

Semarang, 25 Juni 2025

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Hanik Sya'adah', written over a horizontal line.

Hanik Sya'adah

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN	iii
PENGESAHAN.....	iv
NOTA DINAS	v
ABSTRAK	vi
TRANSLITERASI ARAB-LATIN	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah	8
C. Tujuan	9
D. Manfaat.....	9
BAB II	11
TINJAUAN PUSTAKA.....	11
A. Landasan Teori	11
1. Bioplastik.....	11
2. Biji Nangka.....	14
3. Pati	17
4. Serabut Siwalan (<i>Borassus flabellifer</i> L)	23
5. Selulosa	25
6. Gliserol sebagai <i>Plasticizer</i>	29

7. Karakterisasi	31
B. Kajian Pustaka	43
C. Hipotesis	46
BAB III	47
METODOLOGI PENELITIAN	47
A. Waktu Penelitian	47
B. Alat dan Bahan	47
1. Alat	47
2. Bahan	47
C. Prosedur Kerja.....	48
1. Sintesis Pati Biji Nangka.....	48
2. Sintesis Selulosa Serabut Siwalan	49
3. Pembuatan bioplastik	50
4. Karakterisasi Bioplastik	52
BAB IV	56
HASIL DAN PEMBAHASAN	56
A. Sintesis pati biji nangka dan karakterisasinya	56
1. Sintesis Pati Biji Nangka	56
2. Karakterisasi Pati Biji Nangka.....	57
B. Sintesis Selulosa Serabut Siwalan dan Karakterisasinya	60
1. Sintesis Selulosa Serabut Siwalan.....	60
2. Karakterisasi Selulosa Serabut Siwalan	65
C. Sintesis Bioplastik.....	71
BAB V.....	94

KESIMPULAN DAN SARAN	94
A. Kesimpulan	94
B. Saran.....	95
DAFTAR PUSTAKA	96
LAMPIRAN	111
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	139

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Standar mutu bioplastik.....	11
Tabel 2.2	Komposisi Pati pada beberapa sumber (Dhani, 2020).....	21
Tabel 2.3	Kandungan selulosa serabut siwalan...	25
Tabel 2.4	Serapan gugus fungsi selulosa serabut siwalan.....	29
Tabel 2.5	Serapan gugus fungsi FTIR bioplastik pati biji nangka (Anggarini, 2013).....	33
Tabel 2.6	Serapan gugus fungsi bioplastik pati dan selulosa serabut siwalan (Febriari, 2018)	33
Tabel 3.1	Variasi pati biji nangka dan selulosa serabut siwalan dalam pembuatan bioplastik.....	51
Tabel 4.1	Hasil uji FTIR pati biji nangka	59
Tabel 4.2	Analisis gugus fungsi serabut siwalan dan selulosa serabut siwalan.....	66
Tabel 4.3	Hasil Analisa FTIR bioplastik pati biji nangka.....	77
Tabel 4.4	Hasil Analisa gugus fungsi pati, selulosa, gliserol, BPN-S-G0,5, BPN-S-G1, BPN-S-G1,5.....	78
Tabel 4.5	Hasil uji kekuatan mekanik bioplastik pati biji nangka (BPN)	81
Tabel 4.6	Hasil uji kekuatan mekanik bioplastik pati biji nangka-selulosa serabut siwalan (BPN-S)	83
Tabel 4.7	Hasil uji kekuatan mekanik bioplastik pati biji nangka-selulosa serabut siwalan-gliserol (BPN-S-G)	86
Tabel 4.8	Hasil uji daya serap air bioplastik pati biji nangka-selulosa serabut siwalan (BPN-S)	88

Tabel 4.9	Hasil uji daya serap air bioplastik pati biji nangka-selulosa serabut siwalan (BPN-S)	89
Tabel 4.10	Hasil uji biodegradasi bioplastik (BPN-S)	91
Tabel 4.11	Hasil uji biodegradasi bioplastik (BPN-S-G)	92

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Proses biodegradasi plastik <i>biodegradable</i> pati.....	14
Gambar 2. 2	Spektra FTIR bioplastik komersial (Saiful et al., 2019).....	14
Gambar 2. 3	Pati biji nangka.....	16
Gambar 2. 4	Struktur amilopektin.....	18
Gambar 2. 5	Struktur amilosa.....	18
Gambar 2. 6	Susunan kimia β - D-Glukosa dan Maltosa (Fairus et al., 2010).....	19
Gambar 2. 7	Spektra FTIR pati biji nangka (Anggarini, 2013).....	22
Gambar 2. 8	Buah siwalan.....	23
Gambar 2. 9	Struktur selulosa Ikatan β -1,4 eter.....	26
Gambar 2. 10	Hemiselulosa.....	27
Gambar 2. 11	Lignin.....	28
Gambar 2. 12	Struktur gliserol.....	30
Gambar 2. 13	Gambar penampang alat FTIR....	32
Gambar 4. 1	Pati biji nangka.....	57
Gambar 4. 2	Reaksi uji iodin pada pati biji nangka (Nadhila, 2021) (a) pati sebelum ditetesi reagen (b) pati setelah ditetesi reagen.....	58
Gambar 4.3	Spektra FTIR pati biji nangka	59
Gambar 4. 4	Tahap delignifikasi selulosa (Barman et al., 2020).....	62
Gambar 4. 5	Skema reaksi pada tahap <i>bleaching</i> (Pinto et al., 2022).....	64
Gambar 4. 6	Spektrum FTIR (a) serabut siwalan (lignoselulosa) (b) selulosa serabut siwalan.....	66
Gambar 4. 7	(a) Serabut siwalan (b) Selulosa serabut siwalan.....	68

Gambar 4. 8	Mekanisme reaksi uji iodin pada selulosa.....	69
Gambar 4. 9	Reaksi uji iodin pada selulosa (a) sebelum pengujian (b) setelah dilakukan pengujian.....	69
Gambar 4. 10	Uji phloroglucinol dengan aplikasi colorgrab (a) selulosa sebelum <i>bleaching</i> (b) selulosa setelah <i>bleaching</i>	70
Gambar 4. 11	Reaksi wiesner pada uji lignin....	71
Gambar 4. 12	Bioplastik pati biji nangka dengan variasi massa (a) 1 g (b) 2,5 g (c) 4 g (d) 6 g.....	72
Gambar 4. 13	Bioplastik pati biji nangka : selulosa serabut siwalan (a) 100%:0% (b) 75%:25% (c) 50%:50% (d) 25%:75% (e) 0%:100%.....	74
Gambar 4. 14	Bioplastik pati biji nangka- selulosa serabut siwalan- gliserol dengan variasi (a) 0,5 mL (b) 1 mL (c) 1,5 mL.....	75
Gambar 4. 15	Spektra FTIR bioplastik pati biji nangka (BPN)	76
Gambar 4. 16	Spektrum FTIR (a) pati biji nangka (b) selulosa serabut siwalan (c) gliserol (d) BPN-S-G0,5 (e) BPN-S-G1 (f) BPN-S-G1,5.....	77
Gambar 4. 17	Skema interaksi pati, selulosa, dan gliserol (Maladi, 2019).....	79

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sampah plastik masih menjadi permasalahan utama yang harus dihadapi oleh dunia dari dulu hingga masa kini. Plastik telah menjadi elemen vital dalam kehidupan manusia, sehingga penggunaannya terus mengalami peningkatan dari waktu ke waktu sehingga menyebabkan adanya penumpukan sampah plastik. Komposisi plastik yang berasal dari bahan sintetik membuatnya susah untuk diuraikan dan didaur ulang sehingga menyebabkan eksistensi sampah plastik di lingkungan semakin menumpuk dan sulit untuk dikendalikan. Kondisi ini dapat mengganggu keseimbangan ekosistem dan menimbulkan dampak negatif yang serius apabila tidak ditangani secara tepat. Asosiasi Industri Plastik Indonesia (INAPLAS) dan Badan Pusat Statistik (BPS) menyatakan bahwa pada tahun 2021 sampah plastik yang terdapat di Indonesia yaitu sebesar 67,8 juta ton/tahun dengan sekitar 9,8 juta ton merupakan sampah plastik (A.J et al., 2021). Akibatnya, Indonesia tercatat sebagai salah satu penyumbang utama limbah plastik di tingkat dunia.

Sifat konsumtif masyarakat terhadap plastik yang kian meningkat menyebabkan keberadaan sampah plastik semakin menumpuk. Penggunaan plastik konvensional yang berbahan minyak bumi sangat sulit untuk didegradasi sehingga bisa menyebabkan pencemaran lingkungan. Plastik konvensional sering terpecah menjadi mikroplastik yang mencemari lingkungan serta mengancam kehidupan makhluk hidup di darat maupun laut. Selain menimbulkan pencemaran lingkungan, plastik konvensional juga mengandung zat kimia berbahaya seperti *Bisphenol A* (BPA) dan *phthalates*, yang dapat mengganggu sistem hormonal dan kesehatan manusia. Plastik yang terbakar juga melepaskan zat beracun seperti dioksin dan furan, yang berisiko memicu penyakit kronis, termasuk kanker dan gangguan pernapasan. Sementara itu, penambahan sampah plastik setiap tahun di Indonesia tidak sejalan dengan ketersediaan fasilitas pembuangan dan daur ulang yang memadai. Kekurangan fasilitas tersebut menyebabkan kerusakan ekosistem lingkungan yang ada di Indonesia (Aqshal, 2023). Berbagai usaha telah dilakukan untuk menangani permasalahan sampah plastik, salah satunya yaitu mengurangi penggunaan plastik konvensional dengan menggunakan plastik alternatif yang ramah lingkungan yaitu bioplastik.

Bioplastik merupakan plastik berbasis bahan hayati yang dapat diuraikan oleh aktivitas mikroorganisme (Alam et al., 2018). Lama waktu degradasi bioplastik yaitu maksimal 60 hari berdasarkan ASTM D368 (Pujawati et al., 2021). Pembuatan bioplastik sudah banyak dilakukan dan dikembangkan dengan berbagai bahan dari alam. Pengembangan bioplastik di Indonesia sudah banyak dilakukan terutama bioplastik berbahan utama pati. Hal ini dikarenakan Indonesia memiliki tanaman penghasil pati seperti padi, singkong, jagung, dan kentang. Namun pembuatan bioplastik berbahan utama pati dari bahan tersebut menimbulkan masalah baru yaitu adanya kompetisi pangan karena biasanya pati digunakan sebagai sumber pangan. Oleh karena itu, dilakukan pembuatan bioplastik dari pati biji-bijian agar tidak terjadi kompetisi pangan. Salah satu sumber biji-bijian yang dapat dimanfaatkan untuk memproduksi bioplastik adalah biji dari buah nangka. Pemanfaatan biji nangka masih belum optimal walaupun biji nangka berfungsi sebagai bahan pangan alternatif. Biji nangka merupakan biji yang ada di dalam buah nangka berbentuk bulat, dan bisa dimakan jika direbus. Menurut Suryadevara *et. al* (2017) menyatakan bahwa dalam satu buah nangka terdapat kurang lebih 500 biji nangka, sehingga terdapat adanya potensi pati di

dalamnya. Di dalam biji nangka terdapat kandungan amilosa sebesar 24%-32%. Kadar lipid yang rendah, potensi kerusakan pulp yang rendah, tahan asam serta memiliki suhu gelatinasi tinggi menjadikan keunggulan tersendiri pada pati biji nangka dibandingkan pati pada singkong dan kentang (Rengsutthi & Charoenrein, 2011).

Sebagaimana dengan Firman Allah dalam Surat Asy-Syu'ara ayat 7 :

أَوَلَمْ يَرَوْا إِلَى الْأَرْضِ كَمْ أَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ زَوْجٍ كَرِيمٍ ﴿٧﴾

Artinya : *“Apakah mereka tidak memperhatikan bumi, betapa banyak Kami telah menumbuhkan di sana segala jenis (tanaman) yang tumbuh baik?”*

Surat Asy-Syu'ara ayat 7 menyampaikan pesan agar manusia memperhatikan bumi dan segala jenis tumbuhan yang tumbuh di atasnya sebagai anugerah dari Allah yang mulia dan penuh manfaat. Ayat ini mengajarkan pentingnya kesadaran ekologis serta tanggung jawab manusia dalam menjaga kelestarian alam. Pengembangan bioplastik dari bahan tumbuhan seperti pati dan selulosa merupakan wujud nyata dari pemanfaatan sumber daya alam secara bijak dan berkelanjutan. Bioplastik tidak hanya memanfaatkan kekayaan tumbuhan yang ditumbuhkan Allah di bumi, tetapi juga menjadi solusi ramah lingkungan untuk mengurangi pencemaran akibat

plastik konvensional. Dengan demikian, nilai-nilai yang terkandung dalam ayat ini sejalan dengan prinsip menjaga lingkungan dan mendorong inovasi yang mendukung keberlanjutan.

Bioplastik berbahan dasar pati sudah banyak disintesis karena pengolahannya yang mudah, biodegradasinya yang cepat dan toksisitasnya yang rendah (Nevoralová et al., 2019). Selain itu, bioplastik berbahan pati mudah untuk diuraikan atau memiliki degradabilitas yang tinggi. Namun bioplastik berbahan dasar pati memiliki kekurangan karena pati bersifat hidrofilik sehingga bioplastik yang dihasilkan akan mudah rapuh dan memiliki kekuatan mekanik yang rendah. Oleh karena itu, diperlukan suatu material pengisi atau *filler* untuk menambah kekuatan mekanik bioplastik berbahan dasar pati seperti selulosa, kitosan, ZnO, dan banyak lainnya.

Selulosa adalah jenis biopolimer yang bisa didapat dari limbah pertanian dan perkebunan. Karakteristik selulosa muncul karena terdapat struktur kristalin dan amorf serta sifatnya yang hidrofilik dan mudah terdegradasi (Asrori, 2021). Salah satu limbah yang banyak mengandung selulosa adalah serabut siwalan sehingga memungkinkan untuk menggunakan serabut siwalan untuk diambil selulosanya sebagai material pengisi dalam bioplastik

berbahan dasar pati nangka untuk memperbaiki kekuatan mekaniknya. Kandungan selulosa dalam serabut siwalan adalah sekitar 89,2% (Dewati, 2010). Pada penelitian yang dilakukan oleh Asrori (2021) yaitu perbandingan selulosa hasil isolasi dari limbah serabut siwalan dan kelapa menyatakan bahwa selulosa pada serabut siwalan memiliki karakteristik yang lebih baik dan mendekati selulosa standar. Selain itu, pemanfaatan limbah serabut siwalan belum maksimal. Biasanya serabut siwalan hanya dibuang begitu saja, sehingga perlu adanya optimalisasi pemanfaatan limbah serabut siwalan.

Selulosa dari serabut siwalan memiliki sifat kristalinitas yang tinggi dan memiliki stabilitas termal yang baik. Untuk mendapatkan selulosa yang baik dari serabut siwalan diperlukan penghilangan kandungan lignin di dalamnya karena dapat mengganggu keteraturan susunan dan menciptakan rongga pada bioplastik (Syahidah et al., 2025). Selulosa dapat menjadi *filler* dalam pembuatan bioplastik karena selulosa yang berinteraksi dengan pati akan meningkatkan nilai kekuatan tarik. Selulosa bertindak sebagai agen penguat dalam matriks bioplastik pati. Saat ditambahkan ke dalam bioplastik, Serabut selulosa mendistribusikan beban mekanik lebih merata melalui struktur polimer, mencegah keretakan atau

deformasi pada material. Dengan kata lain, selulosa membantu menahan tekanan mekanik, sehingga meningkatkan kekuatan dan kekakuan bioplastik. Hal ini dikarenakan pati dan selulosa adalah biopolimer alami yang terdiri dari glukosa yang memiliki kompatibilitas kimia yang baik. Keduanya mampu berinteraksi secara sinergis melalui ikatan hidrogen. Penelitian yang telah dilakukan oleh Febriani (2018) mengenai bioplastik singkong dan serabut siwalan menyatakan bahwa seiring dengan penambahan selulosa serabut siwalan pada bioplastik membuat nilai kuat tekan semakin meningkat namun memiliki elastisitas yang rendah. Oleh karena itu, diperlukan prekursor lain untuk meningkatkan elastisitas bioplastik yaitu *plasticizer*.

Penambahan *plasticizer* dapat meningkatkan sifat elastisitas dan mengurangi kuat tarik pada bioplastik agar lebih elastis dengan cara mengurangi ikatan hidrogen pada ikatan molekuler (Kalsum et al., 2020). Gliserol merupakan salah satu jenis *plasticizer* yang umum digunakan dalam proses pembuatan bioplastik dan bersifat hidrofilik sehingga cocok untuk dikombinasikan dengan bahan pati. Selain itu, gliserol cukup efektif untuk mengurangi ikatan hydrogen internal sehingga dapat meningkatkan jarak intermolekuler (G. Dewi et al., 2015). Melihat potensi

serabut siwalan yang banyak mengandung selulosa maka akan dilakukan variasi penambahan selulosa serabut siwalan dan *plasticizer* gliserol dalam pembuatan bioplastik pati biji nangka agar bisa menghasilkan bioplastik dengan sifat mekanik dan elastisitas yang lebih baik serta untuk mengetahui apakah bioplastik yang dihasilkan nanti sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI).

B. Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimanakah karakteristik pati biji nangka dan selulosa serabut siwalan?
2. Bagaimanakah pengaruh penambahan selulosa serabut siwalan terhadap karakteristik bioplastik pati biji nangka-selulosa serabut siwalan dan berapakah komposisi selulosa yang menghasilkan bioplastik dengan kekuatan mekanik terbaik?
3. Bagaimanakah pengaruh penambahan gliserol terhadap karakteristik bioplastik pati biji nangka-selulosa serabut siwalan-gliserol dan berapakah komposisi gliserol yang menghasilkan bioplastik dengan kekuatan mekanik terbaik?

C. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui karakteristik pati biji nangka dan selulosa serabut siwalan
2. Mengetahui pengaruh selulosa serabut siwalan terhadap karakteristik bioplastik pati biji nangka-selulosa serabut siwalan dan komposisi selulosa yang menghasilkan bioplastik dengan kekuatan mekanik terbaik
3. Mengetahui pengaruh gliserol terhadap karakteristik bioplastik pati biji nangka-selulosa serabut siwalan-gliserol dan komposisi gliserol yang menghasilkan bioplastik dengan kekuatan mekanik terbaik

D. Manfaat

Penelitian ini diharapkan mampu memberikan manfaat:

1. Penelitian yang dilakukan ini diharapkan bisa membantu pengembangan mengenai pembuatan bioplastik.
2. Penelitian yang dilakukan dapat menjadi salah satu dasar dan pengembangan dari penyempurnaan pembuatan bioplastik

3. Penelitian yang dilakukan dapat menghasilkan bioplastik yang ramah lingkungan dengan karakteristik sesuai standar nasional dan mudah terurai sehingga bisa dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Landasan Teori

1. Bioplastik

Bioplastik adalah suatu biopolimer yang mudah terdegradasi oleh mikroorganisme dalam tanah dan dapat terhidrolisis oleh larutan berair. Mikroorganisme yang dapat membantu dalam terurainya bioplastik adalah bakteri, jamur, dan alga. Bioplastik merupakan sebuah alternatif pengembangan plastik yang bersifat ramah lingkungan. Bioplastik biasa disebut juga *biodegradable* karena kemampuannya terdegradasi yang lebih cepat daripada plastik sintetik.

Tabel 2. 1 Standar mutu bioplastik

No.	Parameter	Kualitas Standar
1.	Kuat tarik	1-10 Mpa (SNI 7188:2014)
2.	Perpanjangan putus (Elongasi)	<5% (SNI 7188:2014)
3.	Daya serap air	Maksimal 21,5% pada 25 °C (Sofia et al., 2017)
4.	Biodegradasi	100% (180 hari) (SNI 7188:7:2022)

Pada **Tabel 2.1** dapat dilihat SNI 7188:2014 mengenai bioplastik. Namun, untuk standar biodegradasi yang

terbaru terdapat dalam SNI 7188.7:2022 yaitu 90% selama 180 hari. Sementara itu, untuk standar daya serap air bioplastik sesuai dengan SNI 7188.7:2016 adalah 21,5% pada 25°C dan 69,09% pada suhu 100°C (Sofia et al., 2017). Suatu bioplastik terdiri dari komponen utama yaitu hidrokoloid dan lipid. Hidrokoloid bisa bermacam-macam seperti protein, selulosa, hemiselulosa, lignin, pati, kitosan, suberin (Nisah, 2018). Menurut kualifikasi sumbernya, bioplastik dapat dibedakan menjadi 3 yaitu lemak (asam lemak dan asigliserol), komposit (campuran hidrokoloid dan lemak), dan hidrokoloid (protein dan polisakarida) (Aqshal, 2023).

Bioplastik dibuat seluruhnya atau sebagian dari biomassa terbarukan seperti tebu, jagung, padi, dan mikroba. Bioplastik dapat terurai secara hayati dan dapat dibuat kompos jika dikondisikan dengan tepat. Bioplastik yang dibuat dari sumber daya terbarukan bisa didaur ulang secara alami melalui proses biologis. Hal ini menjadikan bioplastik sebagai polimer berkelanjutan karena sifatnya yang kompatibel. Pada masa sekarang, bioplastik sudah mulai diaplikasikan dalam bidang industri seperti pengemas makanan, agrikultura, dan tekstil. Dengan meningkatnya konsumsi plastik secara

global, semakin banyak juga kesadaran akan pengembangan bioplastik ini (Helen, 2014).

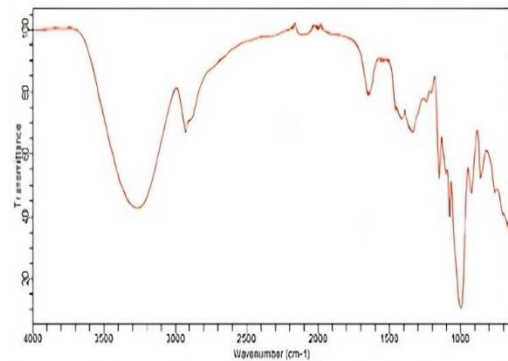
Bioplastik berbahan dasar selulosa maupun pati dapat mengalami degradasi secara biologis oleh aktivitas bakteri, melalui pemutusan rantai polimer menjadi unit monomer. Tingkat biodegradabilitas bioplastik ini dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti sifat hidrofobiknya, jenis bahan aditif yang digunakan, metode produksi, struktur morfologi dan polimer, serta berat molekulnya. Plastik sintetik membutuhkan waktu sekitar 50 tahun untuk terurai, sedangkan bioplastik dapat terurai lebih cepat dibandingkan plastik sintetik (Ummah, 2013). Siklus dari degradasi bioplastik ditunjukkan oleh **Gambar 2.1**.

Gugur fungsi yang ada pada bahan kimia bioplastik harus dikarakterisasi menggunakan FTIR. Spektra FTIR antara transmitansi dengan bilangan gelombang berfungsi untuk mengetahui gugus fungsi yang terkandung pada komponen penyusun bioplastik. Pada **Gambar 2.2** merupakan spektra FTIR bioplastik dimana pada rentang $3000\text{--}3600\text{ cm}^{-1}$ terindikasi adanya gugus O-H, pada rentang $2800\text{--}2900\text{ cm}^{-1}$ teridentifikasi adanya gugus C-H

dan pada rentang $1000\text{-}1500\text{ cm}^{-1}$ teridentifikasi adanya gugus C-O (Saiful et al., 2019).



Gambar 2. 1 Proses biodegradasi bioplastik pati



Gambar 2. 2 Spektra FTIR bioplastik komersial (Saiful et al., 2019)

2. Biji Nangka

Tanaman nangka (*Artocarpus heterophyllus*) merupakan tanaman yang tumbuh dan banyak dibudidayakan di daerah tropis dan subtropis seperti

Indonesia, Malaysia, Brazil, Sri Lanka, Burma dan Filipina. Biji nangka merupakan salah satu biji-bijian yang di dalamnya banyak terkandung pati sehingga bisa dijadikan sebagai bahan dasar pembuatan bioplastik. meskipun bisa dikonsumsi, biji nangka jarang digunakan dalam produksi pangan industri. Beberapa masyarakat biasanya mengonsumsi biji nangka dengan cara direbus atau dipanggang. Namun seringkali biji nangka ini dibuang begitu saja sehingga menimbulkan limbah organik. Serbuk biji nangka dapat dijadikan sebagai tepung alternatif yang bisa ditambahkan dalam pembuatan kue. Dalam satu buah nangka dapat mengandung biji nangka sebesar 18-25% dan setiap buahnya bisa mengandung 100-500 biji (Kumoro et al., 2020). Dalam biji nangka juga terdapat berbagai peptide antioksidan yang dapat dimanfaatkan untuk pembuatan suplemen maupun pengawet (Chai et al., 2021). Kandungan di dalam biji nangka memiliki banyak khasiat bagi kesehatan. Penelitian yang telah dilakukan oleh Nagala et. al (2015) membuktikan bahwa biji nangka mengandung antibakteri terhadap bakteri *Escherichia coli* dan *B.megaterium*. Penelitian yang dilakukan Alok Saxena (2011) menyatakan bahwa biji nangka dapat digunakan sebagai obat diare dan disentri.



Gambar 2. 3 Biji Nangka

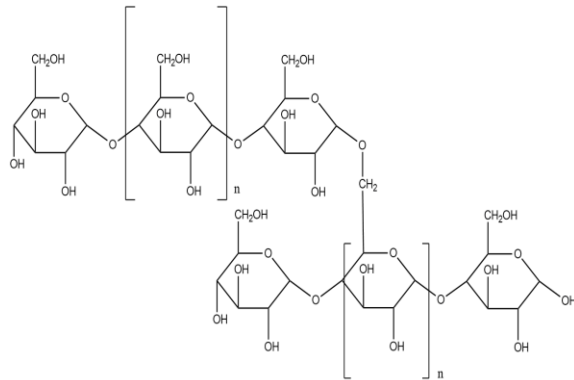
Biji nangka dapat menghasilkan pati karena mengandung karbohidrat sebesar 63-80% (Tulyathan et al., 2002), mengandung pati keseluruhan dalam keadaan kering sekitar 70-85% (Aldana et al., 2011). Pati biji nangka juga mengandung 25-45% amilosa dan 45-80% amilopektin (Mukprasirt & Sajjaanantakul, 2004). Berdasarkan data komposisi pati tersebut, biji nangka berpotensi sebagai bahan dasar pembuatan bioplastik.

Kandungan amilosa yang tinggi menyebabkan biji nangka pati resisten yang prospektif dan daya cernanya yang rendah, memiliki bentuk bulat dan memiliki ukuran, kuat daya tarik dan kelarutan yang rendah (Zhang et al., 2021). Ekstraksi pati biji nangka dapat dilakukan dengan berbagai metode seperti menggunakan aquades, alkali, dan enzim (Noor, 2014).

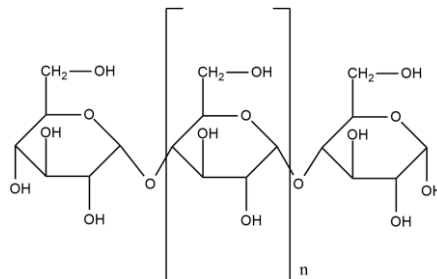
3. Pati

Karbohidrat memainkan peran penting dalam semua organisme hidup dimana karbohidrat merupakan metabolit primer yang bergantung pada karbon dan konversi energi, terlepas dari nutrisi autotrofik atau heterotrofik. Oleh karena itu, tidak heran jika polisakarida merupakan polimer yang melimpah di biosfer. Pati secara kuantitatif merupakan karbohidrat penyimpanan yang paling dominan dan sebagian besar disintesis pada tumbuhan dan *cyanobacteria*. Pati merupakan biomaterial serbaguna karena jumlahnya yang banyak, murah, tidak beracun, dan mudah terurai secara alami sehingga banyak diaplikasikan dalam bidang industri (Apriyanto et al., 2022). Beberapa tanaman penghasil pati adalah beras, jagung, kentang, singkong, umbi, dan biji-bijian.

Di dalam pati terdapat amilosa dan amilopektin yang merupakan dua granula pati yang mengandung polisakarida yang berbeda. Pada **Gambar 2.4** dan **Gambar 2.5** merupakan struktur amilosa dan amilopektin. Amilosa memiliki rantai panjang unit α -D-glukosa yang dihubungkan oleh ikatan α -1,4 glikosida, sedangkan amilopektin tersusun melalui ikatan α -1,4 glikosida dan ikatan cabang α -1,6 glikosida sehingga struktur rantainya bercabang (Pangestu, 2020).



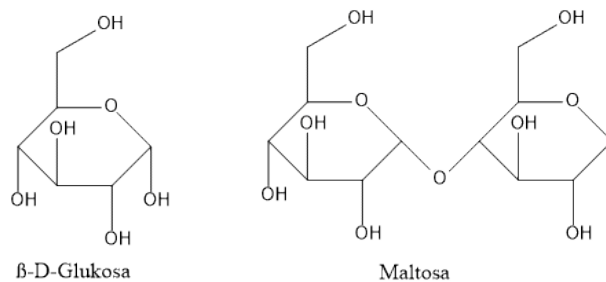
Gambar 2. 4 Struktur Amilopektin



Gambar 2. 5 Struktur Amilosa

Butiran pati murni tidak larut dalam air, sebagian besar inert dan sebagian besar tahan terhadap hidrolisis enzimatik. Namun mereka lemah pada perubahan suhu, pH, dan gaya gesek. Oleh karena itu, pati sering dikembangkan dan dimodifikasi untuk mendapatkan karakteristik fisik dan fungsional yang lebih baik. Jumlah

pati cadangan per tanaman sebagian besar melebihi jumlah pati asimilasi sebanyak beberapa kali lipat sehingga digunakan untuk aplikasi pertanian dan industri. Pati terbentuk dari dua polimer glukosa yaitu amilosa dan amilopektin. Amilopektin secara kuantitatif banyak didominasi oleh jenis polisakarida dan sebagai penentu karakteristik dari pati granula tersebut. Namun, rasio amilopektin dan amilosa sangat bervariasi. Banyaknya amilosa bisa diperkirakan sekitar 70% (Apriyanto et al., 2022). Rata-rata, amilopektin memiliki lebih banyak cabang daripada amilosa yang merupakan struktur lurus dengan ikatan $\alpha(1,4)$ -D-glukosa dan amilopektin tersusun dari struktur bercabang dengan ikatan $\alpha(1,4)$ -D-glukosa dan ikatan $\alpha(1,6)$ -D-glukosa (Ardiansyah, 2011).



Gambar 2. 6 Susunan kimia β -D-glukosa dan maltosa (Fairus et al., 2010)

Pada saat ini, pati banyak dikembangkan menjadi bahan dasar dalam pembuatan bioplastik atau plastik

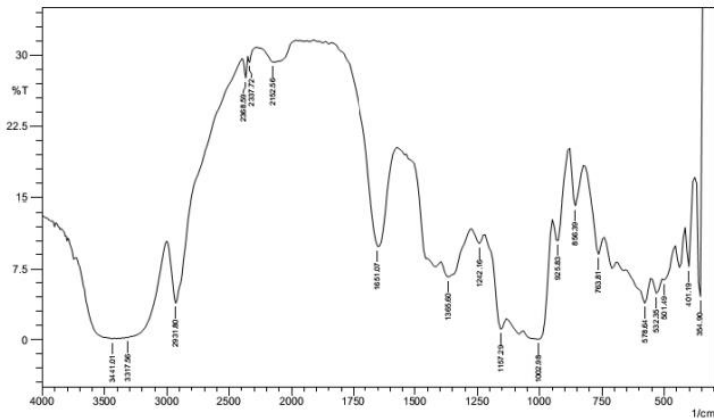
ramah lingkungan yang mudah terdegradasi. Pada tahun 2020, Dhani melakukan penelitian pembuatan bioplastik dari pati biji nangka dan serat siwalan (Dhani, 2020). Pada tahun 2018, Sari Purnavita melakukan pembuatan *biodegradable* dari pati aren dengan penambahan aloe vera (Purtnavita, 2018). Pada tahun 2022, Afdal melakukan pembuatan plastik *biodegradable* dari tongkol jagung dengan pengaruh konsentrasi sorbitol (Afdal et al., 2022). Berdasarkan penelitian-penelitian yang sudah dilakukan menunjukkan bahwa pati dapat digunakan sebagai bahan pembuatan bioplastik. Banyaknya jumlah amilosa dan amilopektin pada pembuatan bioplastik sangat berpengaruh terhadap sifat mekaniknya. Adanya kandungan amilosa dalam pati menghasilkan bioplastik yang memiliki sifat mekanik lebih baik karena struktur amilosa yang tidak banyak cabang (Santana et al., 2018). Hasil bioplastik yang kuat dan lentur disebabkan oleh pati dengan konsentrasi amilosa yang tinggi karena selama proses pemanasan, ikatan hidrogen dapat terbentuk pada struktur amilosa (Hikmah, 2022). Jumlah pati dalam beberapa sumber serta rasio amilosa dan amilopektin terdapat dalam **Tabel 2. 2.**

Tabel 2. 2 Komposisi pati pada beberapa sumber (Dhani, 2020)

Bahan Pati	Rendemen (%)	Kadar Amilosa (%)	Kadar Amilopektin (%)	Pati (%)	Rujukan
Biji Nangka	40	30,08	60,93	91,10	(Santana et al., 2018)
Biji Alpukat	24,20	32,47	35,32	67,79	(Ginting et al., 2015)
Biji Mangga	-	35,32	45,98	70,76	(Arum et al., 2014)
Umbi Talas	28,7	5,55	74,45	80,00	(Rahmawati et al., 2012)
Singkong	-	43,83	47,71	91,54	(Kartikasari et al., 2016)
Sorgum	-	20-30	70-80	69,50	(Widowati, 2010)
Jagung	-	26	73	99,00	(Harzau & Estiasih, 2013)

Komposisi amilosa dan amilopektin dalam pati memiliki peranan penting dalam menentukan sifat akhir dari bioplastik yang dihasilkan. Amilosa yang memiliki struktur linier cenderung membentuk film yang lebih padat dan rapat karena dapat berikatan antar molekul secara lebih kuat. Hal ini membuat bioplastik dengan kandungan amilosa tinggi memiliki kuat tarik yang lebih

besar namun bersifat kaku dan kurang elastis. Sebaliknya, amilopektin yang bercabang menyebabkan ikatan antar molekul menjadi lebih lemah, menghasilkan bioplastik yang lebih lentur namun memiliki kekuatan tarik yang lebih rendah (Zhang et al., 2014).



Gambar 2. 7 Spektra FTIR pati biji nangka (Anggarini, 2013)

Pada Gambar 2.7 merupakan spektra FTIR pada pati biji nangka. Dapat terlihat pada spektrum adanya gugus O-H pada rentang 3000-3600 cm^{-1} , gugus C-H pada rentang 2800-3000 cm^{-1} , dan gugus C-O pada rentang 1000-1250 cm^{-1} (Anggarini, 2013).

4. Serabut Siwalan (*Borassus flabellifer* L)



Gambar 2. 8 Buah Siwalan

Buah siwalan (*Borassus flabellifer* L) yang ada pada **Gambar 2.8** merupakan salah satu anggota famili Arecaceae yang tumbuh di daerah semi kering hingga lembab. Tanaman ini bersifat *dioecious* (memisahkan antara tanaman jantan dan betina), dengan buah tersusun dalam satu batang yang berjumlah sekitar 20 buah pada setiap batangnya. Buah siwalan ini aslinya berasal dari Afrika dan penyebarannya tersebar mulai dari India, Malaysia, Kamboja, dan India (Jawa Timur, Nusa Tenggara Timur, dan Sulawesi Selatan). Pohon muda mempunyai batang lontar empelur yang lunak dan dapat dimakan. Batang tua yang lebih halus memiliki batang dengan permukaan berlekuk, alur tersebut melambangkan titik bekas menempelnya tangkai daun. Di ujung batangnya disebut 'umbut' atau hati palem, rasanya manis dan bisa dimakan. Kayu kelapa mirip dengan kayu biasa, namun warna sekresi kayunya lebih gelap. Kayu dari pohon betina

biasanya lebih kuat dibandingkan kayu dari pohon jantan. Ketika pohon siwalan sudah tua, pohon jantannya dimanfaatkan sebagai sumber kayunya (Sirajuddin et al., 2016).

Tanaman buah siwalan memiliki daun berwarna hijau keabu-abuan, berbentuk kipas, kaku, diameter sekitar 150 cm, menonjol seperti jari. Tangkai daun panjangnya 100 cm, dan setiap daun mempunyai pelepah daun yang pendek, dengan struktur berduri pada lokasi tangkai daunnya. Pohon lontar menjadi dewasa pada umur 12 sampai 20 tahun, dan umurnya mencapai 150 tahun, dengan sebagian besar umurnya sekitar 80 tahun. Siwalan merupakan tanaman iteropara atau pleonantik yang dapat menghasilkan buah berkali-kali sepanjang hidupnya (berbunga 2-3 kali dalam setahun). Jumlah buah berkisar antara 20-25 buah pada batangnya, dengan diameter antara 7-20 cm (Sancayaningsih et al., 2016).

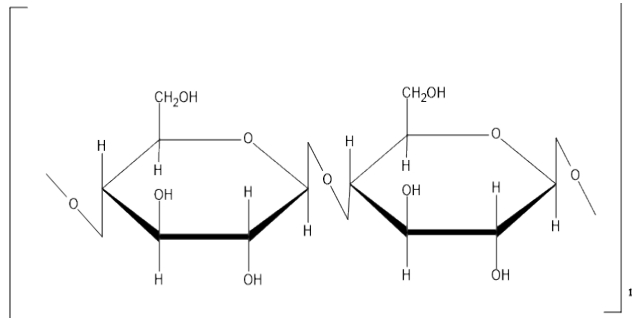
Tabel 2. 3 Kandungan selulosa serabut siwalan

Selulosa (%)	Lignin (%)	Hemiselulosa (%)	Lainnya (%)	Referensi
70	11	14	5	(Marath e et al., 2019)
68,94	5,37	14,03	7,47	(Boopathi et al., 2012)
63	12,6	24,4	-	(Obi Reddy et al., 2013)
53,40	17	29,6	-	(Maheswari et al., 2013)
51,42	10	22,40	1,10	(Graupner et al., 2019)

5. Selulosa

Selulosa adalah biopolymer paling melimpah dan merupakan sumber karbon organik terbesar di bumi. Selulosa disintesis oleh tumbuhan dan membentuk sebagian besar struktur kimia tumbuhan. Kandungan selulosa pada tumbuhan bervariasi dari 90% pada kapas hingga 40%-50% pada kayu. Selulosa adalah polimer linier hidrofilik yang terdiri dari unit berulang D-anhidroglukosa yang mengandung tiga gugus hidroksil dengan unit berulang yang dihubungkan dengan ikatan β -1,4 eter pada

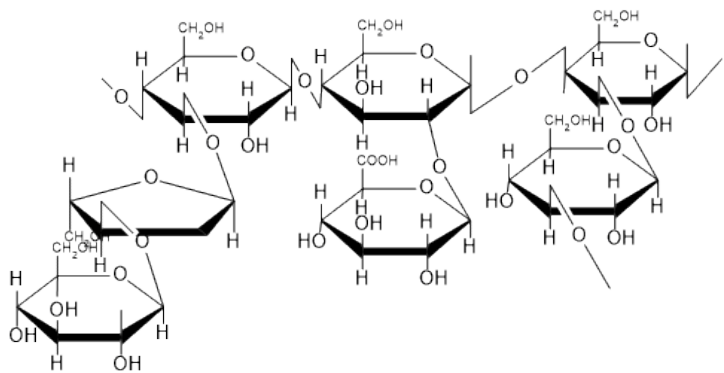
posisi C_1 dan C_4 (Telis, 2012). Selulosa memberikan kekuatan dan sifat kaku pada tanaman karena pengemasan kristal dari rantai polimer linier.



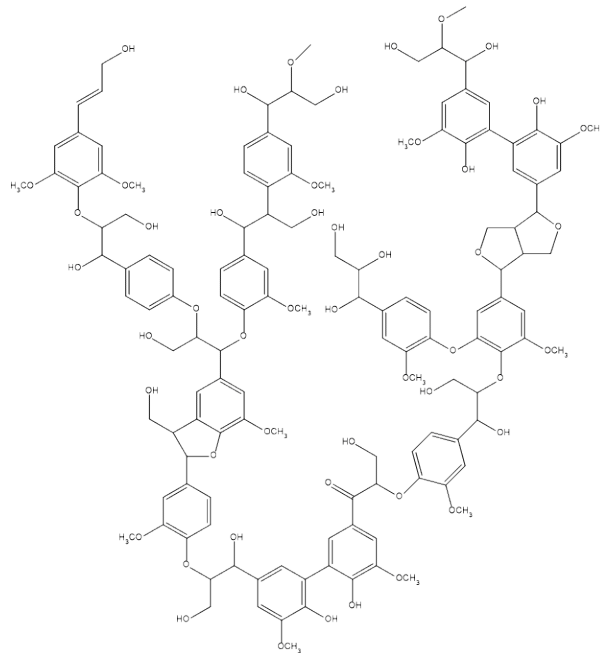
Gambar 2. 9 Struktur selulosa ikatan β -1,4 eter

Gugus hidroksil pada C_2 dan C_3 adalah gugus hidroksil yang terikat pada atom karbon sekunder. Sementara itu, gugus hidroksil pada C_6 terikat pada karbon primer. Gugus hidroksil yang terdapat pada karbon primer dan sekunder memiliki kereaktifan dan kemasaman yang berbeda (Princi et al., 2005). Dua biopolimer lain yang biasa ditemukan bersamaan dengan selulosa adalah hemiselulosa dan lignin. Jumlah masing-masing unsur ini dalam suatu tanaman bergantung pada spesies dan kondisi pertumbuhan. Hemiselulosa sangat hidrofilik dan terdiri dari beberapa polisakarida gula cincin karbon 5 dan 6 dengan kelompok lantanin bercabang. Lignin adalah molekul ikatan silang amorf dan sangat kompleks dengan

konstituen alifatik dan aromatik. Lignin memberi jaringan tanaman dan serat kekuatan tekan dan mengeraskan dinding sel serat untuk melindungi polisakarida, selulosa, hemiselulosa dari kerusakan kimia dan fisik. Lignin memiliki sifat yang kompleks sehingga sebagian besar mikroorganisme sulit untuk menguraikannya. Lignin berperan sebagai langkah pembatas dalam degradasi serat kayu dan tumbuhan (Telis, 2012). Pada **Gambar 2.10** dan **Gambar 2.11** merupakan struktur hemiselulosa dan lignin.



Gambar 2. 10 Hemiselulosa



Gambar 2. 11 Lignin

Selulosa dapat diperoleh dari berbagai sumber tanaman karena merupakan bagian utama dari dinding sel. Selulosa juga dapat diperoleh dari fermentasi bakteri tertentu. Selulosa dari sumber tanaman dapat diekstraksi melalui proses jenis pelarutan kimia seperti pembuatan pulp yang menghasilkan struktur halus. Struktur selulosa terdisrupsi dan selulosa yang tersisa dalam larutan kemudian diendapkan. Metode ini digunakan untuk menyiapkan selulosa yang diregenerasi. Selulosa yang diregenerasi dengan selulosa murni berbeda, karena

degradasi ekstensif terjadi selama proses pelarutan dan produk akhir biasanya lebih sedikit dari kristalnya (Telis, 2012). Hasil karakterisasi selulosa menggunakan FTIR ditunjukkan oleh **Tabel 2.4**.

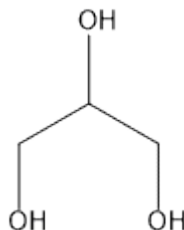
Tabel 2. 4 Serapan gugus fungsi selulosa serabut siwalan

Bilangan Gelombang (cm^{-1})	Gugus Fungsi
3336,85	O-H <i>stretching vibration</i>
2900,93	Sp^3 C-H <i>stretching</i>
1637,56	OH (air)
1369,45	C-O-H <i>bending</i>
1161,14 dan 1037,70	C-O <i>stretching</i>
898,82	<i>Asymmetric</i> C-O-C

6. Gliserol sebagai *Plasticizer*

Plasticizer adalah bahan yang berfungsi untuk mempengaruhi sifat mekanik yang diinginkan seperti kemampuan proses dan kelenturan suatu polimer. *Plasticizer* dikenal karena aplikasinya yang luas, terutama dalam industri plastik. *Plasticizer* atau pemlastis mampu menimbulkan perubahan sifat mekanik baru ketika ditambahkan ke dalam matriks polimer. *Plasticizer* berfungsi untuk menurunkan kekuatan intermolekuler dari suatu film atau bioplastik serta meningkatkan fleksibilitasnya. *Plasticizer* juga bisa memperbaiki sifat kerapuhan dari bioplastik, meningkatkan elastisitas dan ekstensibilitas dari suatu bioplastik juga meningkatkan

permeabilitas dari suatu bioplastik terhadap air, gas, uap dan zat terlarut lainnya (Anggarini, 2013). Dalam polimer, plastisisasi terjadi dengan mengurangi jumlah relatif kontak polimer-polimer yang menurunkan kekakuan struktur kaku tiga dimensi sehingga memungkinkan deformasi polimer tanpa pecah (Saabome Samuel Muobom, 2020). Salah satu *plasticizer* yang bisa digunakan dalam pembuatan bioplastik adalah gliserol. Gliserol adalah cairan yang tak berwarna, berbau, kental dan memiliki rasa manis. Gliserol $C_3H_8O_3$ (1,2,3 propanatriol) memiliki gugus hidroksil sebanyak tiga buah dan merupakan gula alkohol dengan satu gugus -OH sehingga dapat larut dalam air (Hidayat Fahrul, 2023). Gliserol banyak digunakan sebagai *plasticizer* dalam bioplastik karena bisa mengurangi ikatan hidrogen internal sehingga bisa meningkatkan jarak intermolekuler (Pakartiko, 2019). Struktur dan gliserol sendiri ada pada **Gambar 2.12**.



Gambar 2. 12 Struktur gliserol (Basrah et al., 2017)

Pada penelitian Sinaga (2014) membuktikan bahwa gliserol mempengaruhi nilai kekuatan tarik (*tensile strength*) dari bioplastik berbahan baku pati ubi talas. Dalam penelitian tersebut gliserol sebagai *plasticizer*, dimana semakin bertambahnya konsentrasi gliserol dapat menurunkan nilai kuat tarik, namun nilai elongasinya semakin meningkat. Pada penelitian ini, penambahan 1% gliserol pada variasi larutan pati ubi talas pada suhu 70° C menghasilkan nilai kuat tarik 18,4992 MPa dengan nilai elongasi sebesar 2,1290%. Pemlastis gliserol memiliki kemampuan dalam mengurangi ikatan hidrogen internal dan meningkatkan jarak antara molekul dari polimer.

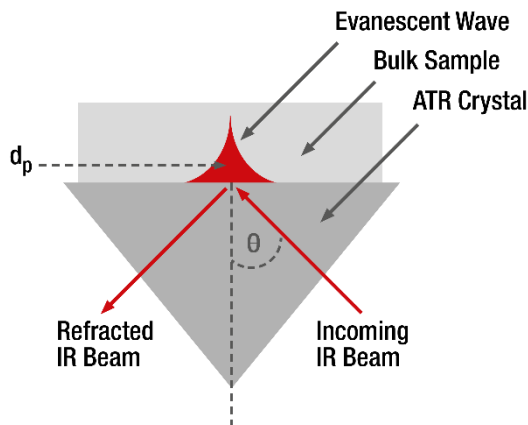
7. Karakterisasi

a. Spektroskopi *Fourier Transform Infrared* (FTIR)

Spektroskopi *Fourier Transform Inframerah* (FTIR) adalah bentuk spektroskopi vibrasi yang berguna dalam mempelajari berbagai proses kimia tanah. Spektroskopi FTIR dapat digunakan sebagai metode analisis kuantitatif. Getaran molekul dapat berhubungan langsung dengan simetri molekul, dan sering kali hal ini terjadi mungkin untuk menentukan bagaimana suatu molekul ikatan pada permukaan (Kristianingrum, 2016). Radiasi infra merah

merupakan energi yang tepat untuk memunculkan getaran pada molekul. Spektrum IR terdiri dari daerah dekat (4.000-12.800 cm⁻¹), menengah (200-4.000 cm⁻¹) dan jauh (10-200 cm⁻¹) (Brown, 1933).

FTIR adalah singkatan dari *Fourier Transform InfraRed*. Spektroskopi inframerah melibatkan pemaparan radiasi IR pada sampel, yang kemudian sebagian diserap dan sebagian lainnya diteruskan oleh sampel tersebut. Hasilnya spektrum mewakili molekul penyerapan dan transmisi, menciptakan *fingerprint* molekuler dari sampel.



Gambar 2. 13 Gambar penampang alat FTIR

Pada **Gambar 2.13** merupakan alat penampang FTIR. FTIR dapat digunakan untuk mengetahui gugus

fungsi yang terdapat dalam suatu material dan bioplastik. Spektra FTIR mampu mengidentifikasi adanya molekul, serapan tipe-tipe ikatan (N-H, C-H, O-H, C-X, C=O, C-O, C=C, C-C, C=N, dan seterusnya) (Kristianingrum, 2016).

Serapan gugus fungsi yang terdapat dalam bioplastik pati biji nangka ditunjukkan oleh **Tabel 2.5** dan bioplastik pati dan selulosa serabut siwalan ditunjukkan dalam **Tabel 2.6**.

Tabel 2. 5 Serapan gugus fungsi FTIR bioplastik pati biji nangka (Anggarini, 2013)

Gugus Fungsi	Bilangan gelombang (cm ⁻¹)
C-H Alkana	3000-2850
C-O ester	1300-1000
C=O karbonil	1725-1705
O-H Alkohol	3650-3600

Tabel 2. 6 Serapan gugus fungsi bioplastik pati dan selulosa serabut siwalan (Febriari, 2018)

Gugus Fungsi	Bilangan gelombang (cm ⁻¹)
O-H asam karboksilat	3500-3650
O-H alkohol	3200-3600
C-H alkana	2850-2970
C-O alkohol/ester/asam/ karboksilat	1050-1300
C-H cincin aromatik	690-900
C-H alkena	675-995

b. Uji Kualitatif

Uji pati dapat dilakukan dengan uji iodium untuk mengetahui apakah hasil sintesis pati sudah benar berdasarkan reaksi polisakarida dan iodin. Pati yang direaksikan dengan iodin menghasilkan warna biru (Fallis, 2013). Di sisi lain, uji iodin dimanfaatkan untuk mengenali jenis polisakarida yang terkandung dalam sampel. Uji ini bekerja berdasarkan reaksi antara iodin dan karbohidrat, yang menghasilkan perubahan warna spesifik sebagai indikator. Prinsip dari uji ini adalah terjadinya reaksi antara iodin dan karbohidrat, menghasilkan warna tertentu (Nadhila, 2021). Sebagai contoh, warna biru yang muncul pada hasil uji mengindikasikan keberadaan amilum, sedangkan warna merah kecokelatan menunjukkan adanya glikogen. Sementara itu, penambahan iodin pada suspensi selulosa menghasilkan senyawa kompleks berwarna coklat (Harini et al., 2019). Reaksi antara iodin dan polisakarida menghasilkan rantai poliiodida, di mana polisakarida umumnya memiliki struktur heliks yang memungkinkan ikatan dengan iodin. Sebaliknya, karbohidrat berantai pendek seperti disakarida dan monosakarida tidak memiliki struktur

heliks sehingga tidak dapat berikatan dengan iodin (Nadhila, 2021).

Selain itu, Uji Wiesner atau dikenal juga sebagai uji phloroglucinol-HCl merupakan metode kualitatif yang digunakan untuk mendeteksi keberadaan lignin dalam material berbasis biomassa, seperti pulp, serat tumbuhan, atau bioplastik yang bersumber dari selulosa. Prinsip dasar dari uji ini terletak pada kemampuan reagen phloroglucinol yang dalam suasana asam bereaksi dengan gugus aldehida aromatik pada struktur lignin (Davidson et al., 1995). Ketika lignin masih terdapat dalam sampel, reagen akan menghasilkan warna merah keunguan yang khas, sebagai indikator adanya struktur fenolik yang belum terurai.

Uji ini tidak mendeteksi selulosa secara langsung, melainkan bertujuan untuk memastikan kemurniannya, yaitu dengan menguji apakah residu lignin masih ada setelah proses delignifikasi. Selulosa murni yang telah terlepas dari lignin tidak akan menunjukkan perubahan warna ketika ditetaskan larutan phloroglucinol-HCl. Hal ini menandakan bahwa struktur aromatik lignin telah berhasil dihilangkan dari sampel, biasanya melalui perlakuan

kimia seperti alkalisasi dengan NaOH dan oksidasi dengan H_2O_2 (Davidson et al., 1995)

c. Kekuatan Mekanik

Kekuatan tarik menunjukkan kekuatan berasal dari faktor-faktor seperti kekuatan serat, serat panjang, dan ikatan (Bajpai, 2018). Uji tarik digunakan untuk mengetahui kekuatan polimer seperti bioplastik terhadap gaya tarik. Plastik yang diuji kuat tariknya, akan ditarik menggunakan alat uji kuat tarik sampai putus. Dengan ditariknya suatu bioplastik maka akan diketahui bagaimana reaksi bioplastik ketika diberi tenaga tarikan.

Uji kuat tarik merupakan proses pengujian destruktif yang memberikan informasi tentang kekuatan tarik suatu material. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menentukan kekuatan tarik suatu material dengan mengukur jumlah gaya yang diperlukan untuk merobeknya dan tingkat perpanjangan yang terjadi sebelum material tersebut patah. Uji kuat tarik juga memberikan persen perpanjangan saat luluh, perpanjangan, dan perpanjangan putus dalam persen. kekuatan tarik material komposit sangat tinggi pada arah sejajar

dengan orientasi serat, sedangkan kekuatan tarik jauh lebih rendah jika diuji pada arah lain. Menariknya, untuk menentukan kekuatan tarik maksimum dalam arah sejajar dengan arah serat, uji tarik harus memiliki keselarasan tali-beban aksial yang unggul, terutama penting dalam industri dirgantara, di mana komposit sering diterapkan pada struktur tegangan tarik tinggi. Saat ini, berbagai mekanisme pembuktian termasuk manual, pneumatik, dan aktuasi hidrolik tersedia untuk pengujian ambien, subambien, dan suhu tinggi, berkisar antara -269°C dan 600°C (Saba et al., 2018).

Uji tarik digunakan untuk menentukan bagaimana material berperilaku di bawah beban tarik. Jumlah gaya (F) yang diterapkan pada sampel dan perpanjangan (ΔL) sampel diukur selama pengujian. Sifat material sering dinyatakan dalam tegangan (gaya per satuan luas, σ) dan regangan (persen perubahan panjang, ϵ). Tegangan atau *tensile strength* dapat diperoleh dengan **Persamaan 2.1.**

$$\left(\sigma = \frac{F}{A}\right) \quad (2.1)$$

Nilai σ merupakan nilai *tensile strength* yaitu nilai kuat tarik dari bioplastik ($kg\ c/m^2$). Sementara F adalah gaya atau nilai beban maksimal yang didapat

dari bioplastik (kg) dan A merupakan luas penampang atau luas permukaan awal bioplastik (Yalcin, 2021).

Elongasi mengacu pada rasio perubahan panjang terhadap panjang semula setelah benda uji patah, yang mencerminkan ketahanan serat alami terhadap deformasi tanpa menghasilkan retakan. Perpanjangan putus dapat ditentukan dengan pengujian tarik sesuai dengan EN ISO 527. Pengukuran regangan atau elongasi diperoleh dengan **Persamaan 2.2**.

$$(\epsilon = \frac{\Delta L}{L}) \quad (2.2)$$

Dengan ϵ adalah nilai elongasi, ΔL adalah perubahan panjang pada bioplastik yang didapat dari pengurangan panjang akhir bioplastik dengan panjang awal bioplastik dan L adalah panjang awal bioplastik (Yalcin, 2021).

Nilai-nilai ini kemudian disajikan pada plot XY yang disebut kurva tegangan-regangan. Prosedur pengujian dan pengukuran bervariasi berdasarkan bahan yang diuji dan tujuan penerapannya.

Tegangan merupakan ukuran gaya yang bekerja pada suatu material per satuan luas penampang, sedangkan regangan menunjukkan rasio antara

perubahan panjang dengan panjang awal material, dan sering kali dinyatakan dalam bentuk persentase. Uji tarik biasanya disajikan dalam bentuk grafik hubungan antara tegangan dan regangan. Deformasi elastis terjadi pada bagian awal kurva tersebut, yaitu ketika material masih mampu kembali ke bentuk semula setelah tegangan dihilangkan. *Modulus Young*, atau dikenal juga sebagai modulus elastisitas, adalah konstanta yang menggambarkan hubungan linier antara tegangan (σ) dan regangan (ϵ) dalam wilayah deformasi elastis. Sementara itu, kekuatan tarik ultimat adalah jumlah tegangan maksimum yang dapat ditahan suatu material sebelum terjadi keruntuhan. Ini adalah nilai maksimum pada kurva tegangan-regangan (Yalcin, 2021). *Modulus young*, kuat tarik, dan elongasi merupakan tiga parameter mekanik utama yang saling berkaitan dalam mengevaluasi sifat fisik suatu material, khususnya dalam penelitian material polimer dan bioplastik. *modulus young*, yang juga disebut modulus elastisitas, adalah ukuran sejauh mana suatu material dapat mengalami deformasi elastis (pemanjangan atau pemendekan) ketika diberikan gaya. Nilainya dihitung dari perbandingan antara

tegangan (*stress*) dan regangan (*strain*) dalam daerah elastis material, sesuai dengan hukum Hooke:

$$(E = \frac{\sigma}{\epsilon}) \quad (2.3)$$

E adalah *modulus young*, σ adalah tegangan, dan ϵ adalah regangan. *Modulus young* mencerminkan kekakuan material. Semakin besar nilai *modulus young*, semakin kaku material tersebut, artinya semakin sulit untuk dideformasi secara elastis (Belyadi et al., 2019).

d. Uji Daya Serap Air

Daya serap merupakan parameter yang bisa menunjukkan kemampuan suatu bioplastik dalam menarik air untuk berikatan dengan partikel bahan bioplastik (Riswandha, 2018). Uji daya serap air sangat penting untuk dilakukan dalam pembuatan bioplastik guna mencari nilai tingkat ketahanan air dari suatu bioplastik. Suatu bioplastik harus memiliki daya serap yang rendah karena jika daya serap suatu bioplastik tinggi, maka ia akan mudah ditumbuhi bakteri (Azwar & Simbolon, 2020). Pada umumnya, plastik sintetis yang terbuat dari polipropilen (PP) memiliki tingkat daya serap air sekitar 1% (Rojtica, 2021). Perhitungan

persen daya serap air dapat dihitung dengan **Persamaan 2.3.**

$$\text{Daya Serap Air (\%)} = \frac{W - W_0}{W_0} \times 100\% \quad (2.3)$$

Dengan W adalah massa bioplastik setelah perendaman dan W_0 adalah massa awal bioplastik (Illing & Satriawan, 2018).

e. Uji Biodegradasi

Biodegradasi adalah penguraian bahan yang terjadi ketika mikroorganisme menggunakan bahan organik sebagai sumber karbon dan energi. Polimer yang dapat terurai secara hayati terdegradasi oleh aksi mikroorganisme alami seperti jamur, bakteri, dan alga. Polimer yang dapat dikomposkan mengalami degradasi oleh proses biologis selama proses pengomposan, terurai menjadi CO_2 , H_2O , senyawa anorganik dan biomassa dengan laju yang sama dengan bahan yang dapat dikomposkan lainnya dan tidak meninggalkan residu beracun yang dapat dibedakan di lingkungan. Polimer-polimer ini terdegradasi dan terurai melalui aksi berbagai jenis mikroorganisme seperti jamur, bakteri, ragi dan *actinomyces* yang ada di lingkungan. Produk polimer terurai secara hayati

pada kondisi lingkungan tertentu hingga batas tertentu dalam waktu tertentu, sebagaimana ditentukan dalam metode pengujian. Ini adalah proses yang tidak dapat diubah, menyebabkan perubahan struktur, hilangnya sifat dan, pada akhirnya, hancurnya residu tidak beracun dan tidak terlihat menjadi fragmen kecil untuk dilepaskan ke lingkungan. Semua biopolimer seperti polipeptida, selulosa, polisakarida, kitin/kitosan, dan karet alam dapat terurai secara hayati dalam kondisi atmosfer terbuka. Sebagian besar polimer yang diperoleh dari sistem biologis dan produk berbasis hayati seperti minyak nabati, lemak hewani, dan ekstrak produk tumbuhan dapat terurai secara hayati (Karak, 2012). Menurut standar internasional (ASTM 5336) biodegradasi plastik PLA dari Jepang dan PLA dari Inggris membutuhkan waktu selama 60 hari untuk bioplastik terdegradasi secara sempurna (100%) (Alam et al., 2018).

Uji biodegradasi bertujuan untuk mengetahui kemampuan suatu bioplastik dapat dengan mudah terurai di dalam tanah atau tidak. Perhitungan nilai uji biodegradasi dapat dilakukan menggunakan **Persamaan 2.4.**

$$\%W = \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100\% \quad (2.4)$$

Dengan %W adalah persen biodegradasi, W_i adalah massa bebas air awal sebelum dipendam dan W_f adalah massa bebas akhir (Nurhayati & Kusumawati, 2014).

B. Kajian Pustaka

Pati biji nangka merupakan salah satu sumber pati dengan kadar amilosa 24%-32% di dalamnya. Sementara itu, selulosa bisa didapatkan dari beberapa *fiber* seperti sabut. Dhani (2020) telah melakukan sintesis pati dari biji nangka yang menghasilkan rendemen sebesar 30,24% dan sintesis selulosa sabut kelapa yang menghasilkan rendemen sebesar 31,14%. Dengan demikian, kedua bahan tersebut dapat dijadikan sebagai bahan pembuatan bioplastik.

Situmorang (2019) telah melakukan sintesis bioplastik dari pati ubi talas dengan *plasticizer* gliserol. Dari penelitian tersebut diperoleh kuat tarik sebesar 2,270 MPa dengan persen elongasi sebesar 14,50%. Berdasarkan penelitian ini, kuat tarik yang dihasilkan sangat rendah sehingga diperlukan sebuah penguat atau *filler* untuk menaikkan kuat tariknya.

Pada penelitian Nurhaliza (2022) diketahui pembuatan bioplastik dapat diperoleh dari pati kentang dan gliserol dengan massa pati 8 g dan gliserol sebanyak 2,5 g. Dengan bahan tersebut menghasilkan kuat tarik sebesar 3,24 MPa dengan nilai persen elongasi sebesar 35,05%. Pada penelitian ini dapat menunjukkan bahwa semakin besar massa pati yang ditambahkan dapat menaikkan nilai kuat tarik namun menurunkan nilai persen elongasi. Penambahan gliserol sebagai *plasticizer* dalam pembuatan bioplastik dapat berpengaruh terhadap nilai persen elongasinya. Nilai kuat tarik dari bioplastik ini masih tergolong rendah sehingga diperlukan sebuah *filler* untuk menaikkan nilai kuat tariknya.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Nurwidiyani (2022) tentang pembuatan bioplastik dari pati biji duren dengan penguat selulosa sabut kelapa mampu menaikkan kuat tarik bioplastik hingga 7,28 MPa dengan penambahan selulosa sabut kelapa sebesar 4%. Dari penelitian ini terbukti bahwa selulosa sabut kelapa dapat digunakan sebagai penguat dalam bioplastik pati biji duren.

Pada penelitian Aeni (2017) dilakukan pembuatan bioplastik dari pati biji nangka dan selulosa kulit kacang tanah dengan *plasticizer* gliserol. Penambahan selulosa

kulit kacang tanah yang semakin banyak dapat meningkatkan persen biodegradasi dan mempercepat waktu degradasi. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa selulosa dapat digunakan sebagai penguat dalam bioplastik.

Berdasarkan penelitian terdahulu, penelitian ini memanfaatkan pati biji nangka dan selulosa dari serabut siwalan (*Borassus flabellifer* L) sebagai bahan baku pembuatan bioplastik, yang merupakan pendekatan baru dalam pengembangan material ramah lingkungan. Kebaruan dari penelitian ini terletak pada kombinasi dua limbah pertanian yang belum banyak digunakan secara sinergis dalam sintesis bioplastik yaitu biji nangka yang kaya akan pati non-pangan dan serabut siwalan yang mengandung selulosa tinggi hingga 89,2%. Penggunaan pati biji nangka menghindari kompetisi pangan, sementara selulosa serabut siwalan berfungsi sebagai penguat mekanik alami yang mampu membentuk ikatan hidrogen dengan pati, sehingga meningkatkan kekuatan tarik dan stabilitas bioplastik. Selain itu, penelitian ini juga mengkaji pengaruh penambahan gliserol sebagai *plasticizer* terhadap fleksibilitas dan daya serap air bioplastik. Dengan demikian, sintesis bioplastik dari bahan-bahan lokal ini tidak hanya berpotensi mengurangi

limbah plastik tetapi juga memberikan solusi pengelolaan limbah biomassa yang berkelanjutan di Indonesia.

C. Hipotesis

Jika selulosa ditambahkan ke dalam bioplastik berbahan dasar pati, akan mengakibatkan peningkatan kuat tarik bioplastik dan penurunan persen daya serap serta laju biodegradasinya. Maka selulosa dari serabut siwalan yang ditambahkan ke dalam bioplastik pati biji nnagka juga akan meningkatkan kuat tarik dan menurunkan daya serap serta laju biodegradasinya. Dengan demikian disimpulkan bahwa dapat berperan sebagai *filler* yang bisa membentuk ikatan hidrogen dengan pati dan gliserol. Selain itu, gliserol berperan sebagai *plasticizer* yang dapat meningkatkan persen elongasi bioplastik.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Oktober 2024 hingga April tahun 2025 di Laboratorium Kimia Kampus 2 UIN Walisongo Semarang. Karakterisasi FTIR dilakukan di Laboratorium Terpadu UIN Walisongo Semarang dan kekuatan mekanik dilakukan di Laboratorium Terpadu Universitas Diponegoro.

B. Alat dan Bahan

1. Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian yaitu peralatan gelas, *magnetic stirrer* (DLAB MS7-H550-S), oven (Memmert UN 30), ayakan 100 mesh, blender, baskom, pisau, cawan petri, *Universal Testing Machine* (CORES-DU_R-7.8 LHU), timbangan, gunting, loyang aluminium, kertas saring, gelas beaker, mortar, alu, cetakan bioplastik, dan FTIR (*Fourier Transform InfraRed*) Bruker ALPHA II Compact FT-IR *Spectrometer*.

2. Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini, yaitu biji nangka, serabut siwalan, gliserol (Merck), asam asetat

(CH₃COOH) p.a (Merck), natrium hidroksida (NaOH) p.a (Merck) 10%, akuades (H₂O), hidrogen peroksida (H₂O₂) p.a (Merck) 6%, gliserol (Merck), etanol (C₂H₅OH) p.a (Merck), tanah kompos, larutan iodin (I₂) p.a (Merck), phloroglucinol p.a (Merck).

C. Prosedur Kerja

Tahapan dalam penelitian adalah pembuatan pati biji nangka, penyiapan selulosa serabut siwalan, pembuatan bioplastik pati biji nangka dan serabut siwalan, karakterisasi (karakterisasi FTIR, uji kualitatif, karakterisasi sifat mekanik, karakterisasi daya serap air, dan karakterisasi biodegradasi).

1. Sintesis Pati Biji Nangka

Pada sintesis pati, biji nangka dibersihkan dan dikupas kulit arinya. Setelah itu, biji nangka dipotong kecil-kecil lalu dihaluskan menggunakan blender dengan perbandingan biji nangka:air yaitu 1:5 b/b. Setelah itu didapatkan bubur biji nangka lalu disaring. Filtrat didiamkan selama 12 jam untuk mendapatkan endapan pati biji nangka. Setelah itu, pati diambil dan dikeringkan dalam oven pada suhu 50°C selama 6 jam. Ditimbang berat dan dihitung persen rendemennya. Pati kemudian

dihaluskan menggunakan mortar dan disaring dengan ayakan berukuran 100 mesh. Setelah itu, pati yang dihasilkan dianalisis melalui karakterisasi FTIR serta dilakukan uji kualitatif (Indriyani, 2023).

2. Sintesis Selulosa Serabut Siwalan

Serabut siwalan dibersihkan kemudian dikeringkan di bawah sinar matahari. Setelah itu dipotong-potong dan dihaluskan sehingga berbentuk serbuk lalu disaring. Serbuk serabut siwalan ditimbang sebanyak 25 g. Dilanjutkan dengan tahap delignifikasi yaitu perendaman menggunakan 350 mL NaOH 10% pada suhu 70°C selama 1 jam kemudian disaring dan dicuci menggunakan akuades (Dhani, 2020). Selanjutnya dilakukan tahap *bleaching* yaitu perendaman menggunakan 125 mL H₂O₂ 6% 1 jam lalu disaring dan dicuci menggunakan akuades. Setelah itu dilakukan *bleaching* kembali selama 1 jam (Nurwidiyani et al., 2022). Proses *bleaching* dilakukan sebanyak dua kali bertujuan untuk mendapatkan warna selulosa yang berwarna putih dan untuk menghilangkan sisa lignin. Setelah itu, dioven pada suhu 70°C selama 24 jam lalu dihaluskan menggunakan blender. Selulosa yang diperoleh dikarakterisasi menggunakan FTIR dan dilakukan uji kualitatif (Asrori, 2021).

3. Pembuatan bioplastik

a. Bioplastik Pati Biji Nangka (BPN)

Pati biji nangka ditimbang berdasarkan variasi yang ditentukan yaitu 1; 2,5; 4; 6 g dan ditambahkan akuades hingga volume totalnya 80 mL lalu diaduk dengan *magnetic stirrer* selama 1 jam pada suhu 80 °C. Setelah itu, dituang ke cetakan dan dikeringkan di dalam oven pada suhu 50 °C hingga kering lalu dikarakterisasi FTIR dan sifat mekaniknya (Intandiana et al., 2019; Karulina, 2021).

b. Bioplastik Pati Biji Nangka-Selulosa Serabut Siwalan (BPN-S)

Pati biji nangka dan selulosa serabut siwalan ditimbang sesuai persen variasi pada **Tabel 3.1** dan ditambahkan akuades hingga volume total 80 mL. Setelah itu, dilakukan pengadukan menggunakan *magnetic stirrer* pada suhu 80 °C. Setelah itu, dituang ke cetakan berukuran 17,5 x 10 cm dan dikeringkan menggunakan oven pada suhu 50 °C. Setelah itu, dikarakterisasi FTIR, sifat mekanik, daya serap air, dan kemampuan biodegradasinya (Anggarini, 2013; Intandiana et al., 2019)

Tabel 3. 1 Variasi Pati biji nangka dan selulosa serabut siwalan dalam pembuatan bioplastik

Pati Biji Nangka (% b/b)	Selulosa (% b/b)	Total Massa
100%	0%	2,5 g
75%	25%	
50%	50%	
25%	75%	
0%	100%	

c. Bioplastik Pati Biji Nangka-Gliserol-Selulosa Serabut Siwalan (BPN-S-G)

Pati biji nangka ditimbang lalu ditambahkan selulosa serabut siwalan sesuai variasi dengan kuat tarik terbaik lalu ditambahkan gliserol dengan variasi 0,5; 1; dan 1,5 mL. Lalu ditambahkan akuades hingga volume totalnya 80 mL. Setelah itu diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dengan suhu 80 °C. Kemudian dimasukkan ke cetakan dan dikeringkan dalam oven pada suhu 50 °C. Setelah itu, dikarakterisasi FTIR, sifat mekanik, daya serap air, dan kemampuan biodegradasinya (Febriari, 2018).

4. Karakterisasi Bioplastik

Pengujian yang dilakukan untuk sampel meliputi :

a. Karakterisasi Gugus Fungsi FTIR

Karakterisasi FTIR dilakukan untuk mengidentifikasi gugus fungsi yang terdapat pada pati biji nangka, selulosa serabut siwalan, dan bioplastik. Pada karakterisasi pati dan selulosa, serbuk dihomogenkan terlebih dahulu dengan KBr menggunakan mortar agate lalu diuji menggunakan FTIR. Di dalam spektroskopi inframerah, radiasi IR dilewatkan melalui sampel. Beberapa dari radiasi infra merah diserap oleh sampel dan beberapa di antaranya dilewatkan atau diteruskan. Hasilnya spektrum mewakili molekul penyerapan dan transmisi, menciptakan *fingerprint* molekuler dari sampel.

Sementara itu, karakterisasi bioplastik dilakukan dengan memotong sampel ukuran 2x2 cm. Setelah itu, dilakukan pengukuran dan pengamatan spektrum (Ridwan, 2018).

b. Karakterisasi Kualitatif

Uji kualitatif pati dilakukan menggunakan larutan Iodin. Sampel padatan yang telah dihaluskan diletakkan di tabung reaksi. Kemudian diteteskan 2 tetes larutan iodin ke dalam sampel. Apabila sampel menunjukkan

perubahan warna menjadi biru keunguan, sampel positif mengandung amilum. Perubahan ini terjadi karena pati dapat membentuk kompleks dengan molekul iodin yang dapat masuk ke dalam spiralnya (Mustafidah et al., 2022)

Uji kualitatif selulosa serabut siwalan dilakukan dengan melarutkan selulosa dalam akuades lalu ditambahkan 3 tetes pereaksi iodin kemudian dikocok. Jika uji positif maka senyawa akan menjadi warna coklat (Y. P. I. Lestari et al., 2022).

Uji kualitatif lignin dilakukan dengan reaksi Wiesner (phloroglucinol-HCl) untuk mengetahui keberhasilan sintesis selulosa dan hilangnya kandungan lignin di dalamnya. Selulosa sebanyak 1 g dimasukkan ke dalam cawan petri lalu ditambahkan larutan phloroglucinol sebanyak 4 mL dan diaduk secara merata. Setelah itu, didiamkan selama 10 menit lalu dilihat dengan sistem pencahayaan menggunakan lampu led. Setelah itu, difoto dengan aplikasi *colorgrab* untuk menentukan warna merah. Larutan phloroglucinol diperoleh dengan cara melarutkan 10 g padatan phloroglucinol ke dalam 200 mL etanol secara homogen. Setelah itu, dicampurkan kembali ke dalam 800 mL HCl 2 N sampai merata (Rosani & Hernawan, 2024)

c. Karakterisasi Sifat Mekanik

Karakterisasi sifat mekanik pada bioplastik dilakukan dengan mengukur kuat tarik dan persen elongasinya. Pengukuran kuat tarik dan persen elongasi bioplastik dapat dilakukan dengan menggunakan alat yaitu *Universal Testing Machine*. Pengujian dapat dilakukan dengan memotong lembaran bioplastik berukuran 1 x 5 cm lalu dijepit dengan mesin dan ditunggu sampai bioplastik putus. Setelah itu, dilakukan perhitungan kuat tarik menggunakan **Rumus 2.1** dan perhitungan persen elongasi menggunakan **Rumus 2.2**.

d. Uji Daya Serap Air

Uji daya serap air dilakukan dengan memotong sampel bioplastik dengan ukuran 1x1 cm lalu ditimbang menggunakan neraca analitik. Setelah itu, sampel bioplastik yang telah ditimbang dimasukkan ke dalam *beaker glass* yang sudah berisi aquades lalu didiamkan selama 10 detik dalam suhu kamar. Setelah selesai, massa sampel bioplastik ditimbang kembali dan air yang diserap oleh sampel bioplastik dapat dihitung menggunakan **Rumus 2.3**.

e. Uji Biodegradasi

Uji biodegradasi bioplastik bertujuan untuk mengetahui kemampuan bioplastik untuk terurai di dalam tanah. Pengujian ini dilakukan dengan memotong bioplastik dengan ukuran 1,5 x 1,5 cm dan ditimbang. Selanjutnya, sampel bioplastik dikubur dalam tanah kompos, kemudian dilakukan pemantauan terhadap perubahan massa yang terjadi selama proses degradasi. Pengamatan dan penimbangan dilakukan sehari sekali sampai bioplastik terdegradasi sempurna. Setiap pengamatan, diambil lembaran bioplastik lalu dibersihkan dan ditimbang. Perhitungan persen biodegradasi bioplastik dengan menggunakan **Rumus 2.4** (Ridwan, 2018).

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian akan diuraikan dalam bab ini mengenai sintesis dan karakterisasi bioplastik berbahan pati biji nangka dan selulosa serabut siwalan. Bioplastik dikarakterisasi gugus fungsi dengan FTIR dan pengujian sifat mekanik yang meliputi uji kuat tarik, elongasi, daya serap air dan kemampuan biodegradasinya.

A. Sintesis pati biji nangka dan karakterisasinya

1. Sintesis Pati Biji Nangka

Sintesis pati biji nangka dilakukan dengan cara membersihkan biji nangka terlebih dahulu dan mengupas kulitnya. Setelah itu, dipotong kecil-kecil lalu dihaluskan menggunakan blender dengan perbandingan biji nangka : akuades adalah 1:5 b/b. Setelah itu, diambil filtratnya lalu disaring dan filtrat didiamkan selama 12 jam sampai pati biji nangka mengendap. Selanjutnya, endapan pati disaring dengan bantuan kertas saring, kemudian residu yang diperoleh dikeringkan dalam oven pada suhu 50°C selama enam jam. Setelah itu, pati yang telah kering, dihaluskan kembali dengan mortar dan alu lalu diayak menggunakan ayakan 100 mesh. Pati yang dihasilkan berwarna putih dengan tekstur yang halus pada **Gambar**

4.1. Rendemen yang dihasilkan yaitu 14%. Sedangkan hasil penelitian terdahulu pada **Tabel 2.4** yang menghasilkan rendemen sebesar 28,7%-40%. Adanya penurunan rendemen tersebut kemungkinan dipengaruhi oleh perbedaan jenis biji nangka yang digunakan serta tahapan dalam proses penyaringannya sehingga banyak pati yang terbuang.



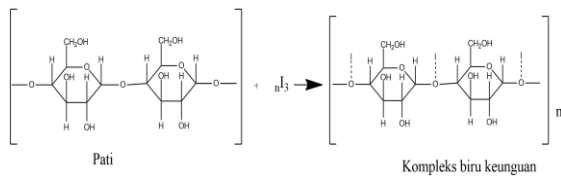
Gambar 4. 1 Pati biji nangka

2. Karakterisasi Pati Biji Nangka

a. Uji Kualitatif

Uji kualitatif pati biji nangka bisa dilakukan dengan uji amilum menggunakan iodin. Perubahan warna pada larutan terjadi karena dalam larutan pati terdapat unit-unit glukosa yang membentuk rantai heliks. Hal ini disebabkan oleh adanya ikatan dengan konfigurasi di tiap unit glukosa. Bentuk tersebut yang membuat pati bisa membentuk kompleks dengan molekul iodium dan masuk ke dalam spiralnya (Mustakin & Tahir, 2019). Pada pengujian iodin terhadap pati biji nangka menghasilkan warna berwarna biru keunguan. Hal ini membuktikan

bahwa pati biji nangka yang telah disintesis mengandung amilum. Warna biru keunguan pada larutan muncul akibat interaksi antara molekul iodin dengan struktur spiral dari pati, yang memungkinkan terjadinya ikatan di antara keduanya (Ma'rifah, 2022). Reaksi yang terjadi pada pengujian pati biji nangka dengan uji iodin disajikan pada **Gambar 4.2**.



(a)



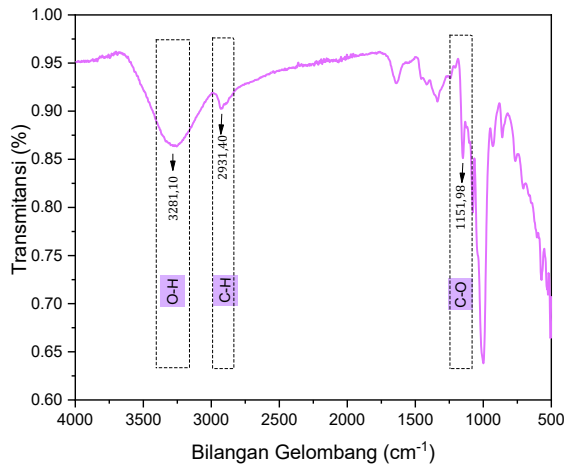
(b)

Gambar 4. 2 Reaksi uji iodin pada pati biji nangka (Nadhila, 2021) (a) pati sebelum ditetesi reagen (b) pati setelah ditetesi reagen

b. Analisis Gugus Fungsi dengan FTIR

FTIR digunakan sebagai metode karakterisasi guna mengetahui keberadaan gugus fungsi pada sampel pati.

Hasil dari pengujian FTIR dan interpretasinya dari pati biji nangka dapat dilihat pada **Gambar 4.3** dan **Tabel 4.1**.



Gambar 4. 3 Spektra FTIR pati biji nangka

Tabel 4. 1 Hasil Uji FTIR Pati Biji Nangka

Gugus fungsi	Bilangan gelombang (cm^{-1})
O-H	3281,10
C-H	2931,40
C-O	1151,98

Berdasarkan pada **Gambar 4.3** terlihat pada spektrum FTIR pati biji nangka untuk puncak serapan pada panjang gelombang 3200-3500 cm^{-1} menunjukkan keberadaan gugus O-H hidroksil (Pavia et al., 2000; Setiawan, 2015). Terdapat vibrasi gugus C-H yang muncul

pada daerah serapan $2885\text{-}3000\text{ cm}^{-1}$ (Deeyai et al., 2013; Pavia et al., 2000). Selain itu, muncul gugus -C-O pada daerah regangan $1300\text{-}1000\text{ cm}^{-1}$ (Pavia et al., 2000; Setiawan, 2015). Berdasarkan data spektrum FTIR hasil sintesis pati biji nangka pada **Tabel 4.1** dapat disimpulkan bahwa pati telah berhasil didapatkan.

B. Sintesis Selulosa Serabut Siwalan dan Karakterisasinya

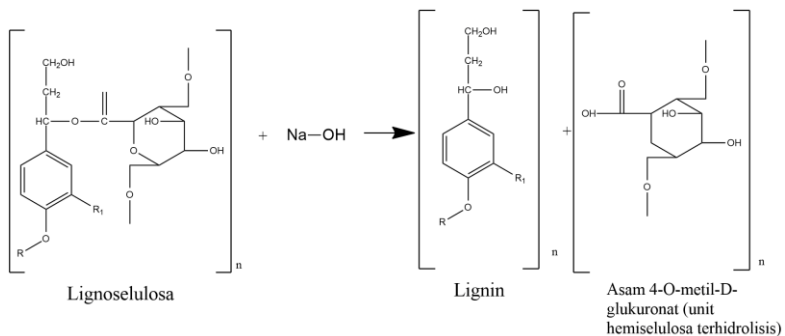
1. Sintesis Selulosa Serabut Siwalan

Sintesis selulosa diawali dengan memotong serabut siwalan tipis-tipis lalu mencucinya untuk menghilangkan pengotor dalam limbah serabut siwalan. Setelah itu, dilakukan tahap pengeringan dengan sinar matahari guna menghilangkan kadar airnya lalu serabut siwalan diblender untuk memperkecil ukuran serabut siwalan menjadi serbuk. Serbuk serabut siwalan disaring menggunakan ayakan berukuran 100 mesh guna memperoleh partikel dengan ukuran seragam. Dalam sintesis selulosa serabut siwalan, rendemen yang dihasilkan sebesar 11,52%. Rendemen jauh lebih rendah daripada yang terdapat dalam penelitian terdahulu pada **Tabel 2.5** dimana selulosa yang terkandung dalam serabut siwalan berkisar 51,42%-70%. Hal ini dikarenakan pada proses sintesis terutama pada saat penyaringan dan penghalusan maupun pengayakan banyak

selulosa yang terbangun. Selain itu, kandungan selulosa pada setiap serabut berbeda sehingga berpengaruh terhadap rendemen yang dihasilkan. Dalam proses sintesis selulosa untuk pembuatan bioplastik, lignin perlu dihilangkan karena sifat alaminya yang kaku, hidrofobik, dan tidak larut dalam air membuatnya tidak kompatibel dengan matriks polimer berbasis pati atau selulosa. Lignin merupakan senyawa fenolik kompleks yang menyelimuti serat selulosa dan bertugas memberikan kekakuan pada dinding sel tanaman. Namun, adanya lignin dalam bahan baku bioplastik dapat menghambat pembentukan ikatan hidrogen antara molekul selulosa dan matriks bioplastik, sehingga menurunkan kekuatan mekanik dan homogenitas film yang dihasilkan. Selain itu, lignin juga cenderung menyebabkan warna gelap dan permukaan kasar pada bioplastik (Syamani et al., 2020)

Sintesis selulosa dilakukan dengan melalui dua tahap yaitu tahap delignifikasi dan tahap *bleaching*. Penambahan larutan alkali NaOH 10% bertujuan untuk mengoptimalkan proses delignifikasi melalui pemutusan ikatan ester yang menghubungkan lignin dan selulosa. Ikatan ester lignin-selulosa bersifat lemah atau kurang stabil, sehingga mudah dirusak oleh asam atau alkali. Tahap delignifikasi dilakukan dengan perendaman serbuk selulosa serabut siwalan

dengan NaOH 10% selama 1 jam dengan suhu larutan yaitu 70 °C dengan *magnetic stirrer*. Tujuan digunakan NaOH 10% adalah sebagai pelarut untuk mengekstrak selulosa. NaOH yang bersifat basa akan menyerang dan merusak struktur lignoselulosa sehingga dapat memisahkan lignin dan selulosa (Asmoro et al., 2018; M. D. Lestari et al., 2018). Mekanisme tahap delignifikasi ditunjukkan pada **Gambar 4.4**.



Gambar 4. 4 Tahap delignifikasi selulosa (Barman et al., 2020)

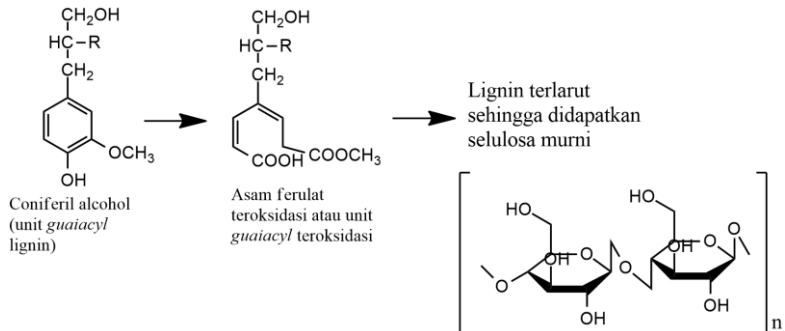
Ketika lignoselulosa direaksikan dengan larutan basa kuat seperti NaOH, terjadi reaksi hidrolisis basa yang menyerang ikatan ester antara lignin dan hemiselulosa. Mekanisme ini melibatkan nukleofilik dari ion hidroksida (OH^-) dari NaOH, yang menyerang atom karbon karbonil pada gugus ester. Serangan ini menyebabkan pemutusan ikatan ester, membebaskan lignin sebagai molekul terpisah

dan melepaskan hemiselulosa dalam bentuk asam 4-O-metil-D-glukuronat, yaitu bentuk terhidrolisis dari hemiselulosa (terutama xilan) yang umum ditemukan dalam biomassa tanaman keras.

Setelah reaksi, struktur lignin terlepas sebagai senyawa aromatik yang masih mengandung gugus metoksil dan hidroksil, namun kini sudah tidak lagi terikat pada gugus gula. Sementara itu, hemiselulosa muncul sebagai senyawa berbasis gula enam karbon dengan gugus karboksilat bebas ($-\text{COOH}$), cincin furanosa, dan gugus metil eter di posisi 4—karakteristik khas dari asam 4-O-metil-D-glukuronat. Terlepasnya lignin ditandai dengan larutan yang berubah menjadi berwarna hitam (Safaria et al., 2013).

Sementara itu, untuk tahap *bleaching* digunakan H_2O_2 6% dengan waktu perendaman selama 1 jam. Tahap *bleaching* dilakukan sebanyak dua kali untuk menghilangkan sisa lignin yang masih ada setelah proses alkalisasi. Proses *bleaching* lignoselulosa dengan hidrogen peroksida (H_2O_2) bertujuan untuk menghilangkan lignin yang memberikan warna gelap dan menghambat pemurnian selulosa. Lignin tersusun dari unit aromatik seperti *coniferil alcohol*, yang merupakan bagian dari unit *guaiacyl* lignin. Senyawa ini memiliki cincin aromatik yang

terhubung dengan gugus hidroksil ($-\text{OH}$), metoksil ($-\text{OCH}_3$), dan gugus samping berupa propil dengan gugus $-\text{CH}_2\text{OH}$ (Pinto et al., 2022)



Gambar 4. 5 Skema reaksi pada tahap *bleaching* (Pinto et al., 2022)

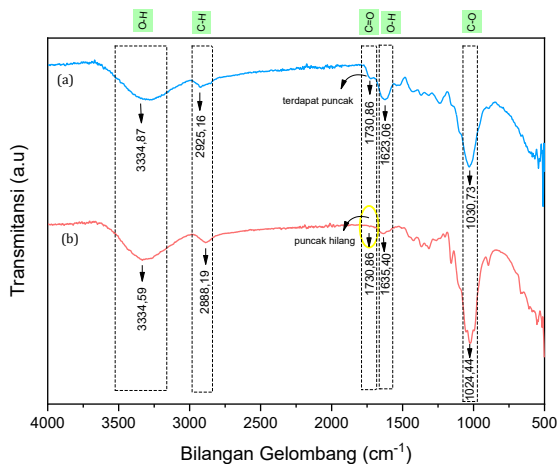
Pada **Gambar 4.5** merupakan skema reaksi pada tahap *bleaching*. Ketika H_2O_2 digunakan dalam kondisi basa (biasanya dengan penambahan NaOH), akan terbentuk spesies reaktif seperti anion perhidroksil (HOO^-). Spesies ini bersifat nukleofilik dan sangat reaktif terhadap gugus elektron tinggi seperti pada fenol. Selanjutnya, HOO^- akan menyerang gugus fenol pada struktur *coniferil alcohol*, menyebabkan oksidasi gugus fenol menjadi gugus karboksilat dan terbentuknya senyawa seperti asam ferulat teroksidasi. Reaksi ini juga dapat mengoksidasi gugus alkohol samping menjadi gugus asam atau ester, seperti yang terlihat dalam gambar ($-\text{COOH}$ dan $-\text{COOCH}_3$).

Senyawa hasil oksidasi ini bersifat lebih polar dan mudah larut dalam air. Lignin yang telah teroksidasi menjadi larut dan dapat dipisahkan dari struktur selulosa. Hal ini dapat diperoleh selulosa murni yang tidak lagi terikat secara kimia dengan lignin. Selulosa yang tersisa bersifat putih dan tidak berwarna (Pinto et al., 2022).

2. Karakterisasi Selulosa Serabut Siwalan

a. Analisis gugus fungsi dengan FTIR

Karakterisasi FTIR untuk menentukan gugus fungsi yang terdapat pada selulosa. Berdasarkan hasil dari pengujian FTIR dan interpretasinya dari serabut siwalan dan selulosa serabut siwalan disajikan dalam **Gambar 4.6** dan **Tabel 4.2**. Tujuan dilakukan karakterisasi FTIR adalah untuk mengetahui apakah selulosa serabut siwalan yang telah disintesis merupakan selulosa murni dan tidak terdapat kandungan lignin atau tidak di dalamnya. Hal ini dilakukan dengan membandingkan spektra FTIR serabut siwalan (terdapat kandungan lignin) dan selulosa serabut siwalan pada **Gambar 4.6**.



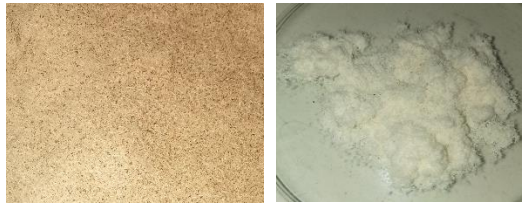
Gambar 4. 6 Spektrum FTIR (a) serabut siwalan (lignoselulosa) (b) selulosa serabut siwalan

Tabel 4. 2 Analisis gugus fungsi serabut siwalan dan selulosa serabut siwalan

Serabut siwalan	Selulosa serabut siwalan	Range (cm ⁻¹)	Gugus Fungsi
3334,87	3334,58	3400-3200	O-H <i>stretching vibration</i>
2925,16	2888,19	3000-2850	C-H <i>stretching</i>
1730,86	-	1750-1730	C=O
1623,06	1635,40	1650-1630	O-H (<i>absorbed water</i>)
1030,73	1024,44	1300-1000	C-O

Hasil analisa gugus fungsi pada spektrum FTIR serabut siwalan dan selulosa serabut siwalan dapat terlihat pada

Gambar 4.6 dan **Tabel 4.2**. Dapat terlihat bahwa puncak mulai muncul pada range $3400\text{-}3200\text{ cm}^{-1}$ pada kedua spektrum yang menunjukkan karakteristik vibrasi ulur gugus hidroksil (-OH) dalam polisakarida (Pavia et al., 2000). Gugus fungsi C-H alkana terdeteksi pada puncak serapan $2850\text{-}3000\text{ cm}^{-1}$ (Pavia et al., 2000). Peregangan C=O dari gugus ester asetil dan uronik dari ester hemiselulosa, ikatan ester karbonil dari gugus ferulat, dan lignin monomerik *p*-kumarat menunjukkan puncak serapan sekitar $1730\text{-}1750\text{ cm}^{-1}$ (Ching & Ng, 2014). Hal ini menandakan keberhasilan dalam sintesis selulosa dari serabut siwalan dengan hilangnya lignin dan hemiselulosa. Selulosa biasanya bersifat hidrofilik dan memiliki interaksi yang kuat dengan air. Hal ini dapat dilihat pada daerah serapan $1650\text{-}1630\text{ cm}^{-1}$ yang menunjukkan gugus O-H (Evans et al., 2019). Hal ini menunjukkan kesamaan struktural dan sifat interaksi air dari sampel selulosa yang diisolasi dalam penelitian ini. Pada daerah serapan $1300\text{-}1000$ menunjukkan adanya gugus C-O (Cichosz & Masek, 2020; Pavia et al., 2000). Serabut siwalan dan selulosa serabut siwalan hasil sintesis disajikan pada **Gambar 4.7**.



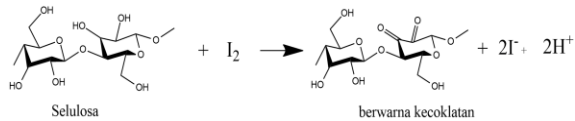
(a)

(b)

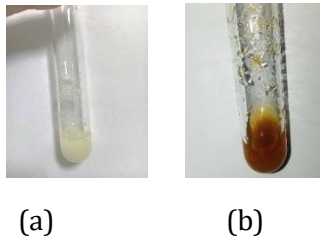
Gambar 4. 7 (a) Serabut siwalan (b) Selulosa serabut siwalan

b. Uji Kualitatif Selulosa

Uji kualitatif selulosa dilakukan dengan uji Iodin. Uji iodine bertujuan untuk mengidentifikasi jenis polisakarida. Dimana penambahan iodine pada suspensi selulosa akan menghasilkan senyawa kompleks yang berwarna coklat. Prinsip dari uji iodine didasarkan pada reaksi antara polisakarida dengan iodine yang menghasilkan pembentukan rantai poliiodida. Selulosa serabut siwalan yang sudah disintesis dilarutkan dalam akuades, selanjutnya ditetesi tiga tetes pereaksi iodine sambil dikocok perlahan. Berdasarkan penambahan pereaksi iodine dihasilkan larutan berwarna coklat sehingga reaksi yang ditunjukkan positif mengandung selulosa yang dapat dilihat pada **Gambar 4.8 dan Gambar 4.9**.



Gambar 4. 8 Mekanisme reaksi uji iodin pada selulosa



Gambar 4. 9 Reaksi uji iodin pada selulosa (a) sebelum pengujian (b) setelah dilakukan pengujian

Uji kualitatif berikutnya yaitu uji selulosa menggunakan reaksi wiesner (phloroglucinol-HCl). Reaksi wiesner (phloroglucinol-HCl) bertujuan untuk mengetahui kandungan lignin yang ada di dalam selulosa. Jika selulosa positif mengandung lignin maka akan berwarna merah. Pada pengujian yang dilakukan pada selulosa serabut siwalan menghasilkan warna putih. Hal ini menghasilkan reaksi negatif atau tidak mengandung lignin sehingga sintesis selulosa serabut siwalan bisa dikatakan berhasil (Rosani & Hernawan, 2024). Pada selulosa serabut siwalan yang telah diuji menggunakan uji phloroglucinol tidak berwarna merah atau negatif pada **Gambar 4.10** disebabkan karena selulosa merupakan polisakarida yang

tidak memiliki gugus aromatik (aldehida fenolik) yang dapat bereaksi dengan phloroglucinol. Sementara itu, pada lignin terdapat gugus aromatik yang dapat bereaksi dengan phloroglucinol membentuk senyawa kompleks berwarna merah tua.

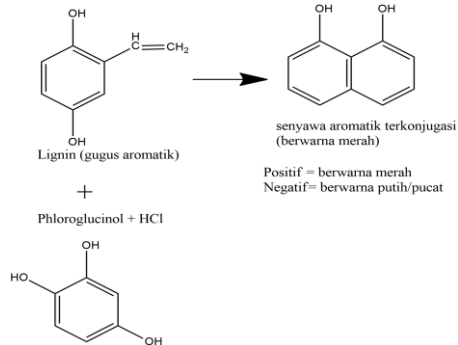


(a)



(b)

Gambar 4. 10 Uji phloroglucinol dengan aplikasi *colorgrab* (a) selulosa sebelum *bleaching* (b) selulosa setelah *bleaching*



Gambar 4. 11 Reaksi wiesner pada uji lignin

C. Sintesis Bioplastik

1. Bioplastik Pati Biji Nangka (BPN)

Pembuatan bioplastik pati biji nangka (BPN) dilakukan dengan memvariasikan pati biji nangka yaitu 1; 2,5; 4; dan 6 g.



(a)

(c)



(b)

(d)

Gambar 4. 12 bioplastik pati biji nangka dengan variasi massa (a) 1 g (b) 2,5 g (c) 4 g (d) 6 g

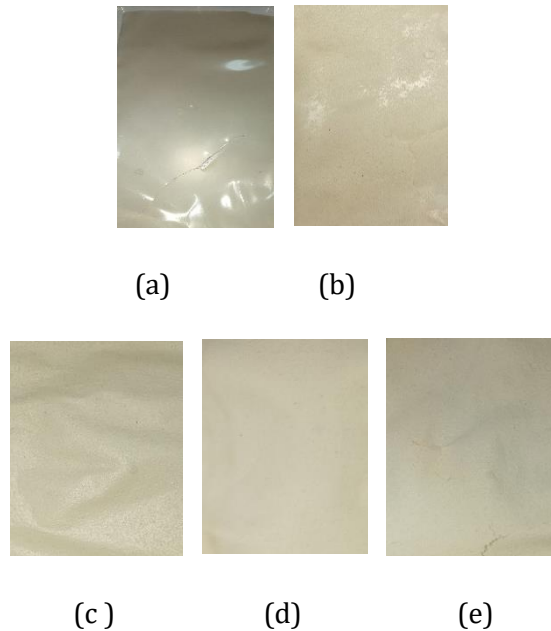
Sintesis bioplastik dilakukan dengan mencampurkan pati biji nangka dengan pelarut aquades lalu dipanaskan menggunakan stirrer D-Lab MS7-H550-S pada suhu 80 °C untuk membentuk proses gelatinisasi. Gelatinisasi pada bioplastik berbahan dasar pati dipengaruhi oleh kandungan amilosa dan amilopektin yang ada di dalamnya (Ojogbo et al., 2020). Proses ini menghasilkan larutan homogen yang kemudian dicetak dan dikeringkan untuk menghasilkan lembaran bioplastik. Bioplastik pati biji nangka yang dihasilkan ada pada **Gambar 4.12**. Dapat dilihat secara fisik semakin banyak massa pati yang digunakan, warna bioplastik semakin kecoklatan. Pada gambar (a) yaitu bioplastik pati biji nangka dengan massa 1 gram terlihat berwarna lebih bening dan rapuh sehingga mudah sobek. Pada gambar (b) bioplastik pati biji nangka dengan massa 2,5 gram terlihat berwarna sedikit kekuningan dan terlihat

sedikit rapuh. Pada gambar (c) dan (d) yaitu bioplastik pati biji nangka dengan massa 4 dan 6 gram berwarna lebih kecoklatan dan terlihat sangat rapuh sehingga banyak retakan. Pada **Gambar 4.12** dapat terlihat bahwa bioplastik pati biji nangka memiliki karakteristik yang rapuh sehingga diperlukan penambahan komponen lain untuk meningkatkan kekuatan mekaniknya. Bahan yang dapat digunakan yaitu selulosa. Bioplastik pati biji nangka ini dilakukan pengukuran kuat tarik dan elongasinya lalu ditentukan yang memiliki kuat tarik dan elongasi terbaik untuk digunakan dalam pembuatan bioplastik berikutnya.

2. Bioplastik Pati Biji Nangka-Selulosa Serabut Siwalan (BPN-S)

Pada pembuatan bioplastik ini, selulosa serabut siwalan berfungsi sebagai filler untuk memperbaiki kekuatan mekanik bioplastik pati biji nangka. Pada pembuatan bioplastik pati biji nangka-selulosa serabut siwalan dilakukan variasi untuk mengetahui pengaruh selulosa serabut siwalan terhadap bioplastik pati biji nangka dengan perbandingan pati biji nangka : selulosa serabut siwalan yaitu 100%:0%, 75%:25%, 50%:50%, 25%:75%, 0%:100%. Setelah itu, dilakukan pengujian kekuatan mekanik untuk mengetahui nilai kuat tarik dan elongasinya.

Bioplastik pati biji nangka-selulosa serabut siwalan menghasilkan bisa dilihat pada **Gambar 4.13**.



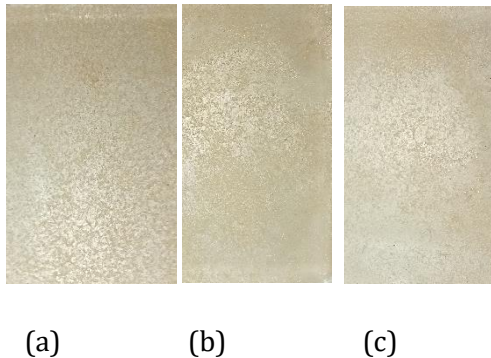
Gambar 4. 13 Bioplastik pati biji nangka : selulosa serabut siwalan (a)100%:0% (b) 75%:25% (c) 50%:50% (d) 25%:75% (e) 0%:100%

Pada **Gambar 4.13** dapat terlihat pada gambar (a) yaitu bioplastik dengan perbandingan pati:selulosa dengan konsentrasi 100%:0% berwarna bening transparan. Pada gambar (b) bioplastik pati biji nangka:selulosa serabut siwalan dengan perbandingan 75%:25% terlihat berwarna putih pucat. Pada gambar (c),

(d), (e) bioplastik berwarna putih pucat dengan bioplastik yang terlihat lebih rapuh seiring dengan penambahan selulosa.

3. Bioplastik pati biji nangka-selulosa serabut siwalan-gliserol (BPN-S-G)

Pembuatan bioplastik dilakukan dengan 2,5 g pati dan selulosa dengan variasi lalu ditambahkan gliserol. kemudian diaduk dengan stirer pada suhu 80 °C selama 1 jam. Proses ini bertujuan untuk membentuk proses gelatinisasi. Setelah itu, bioplastik dikeringkan pada oven pada suhu 50 °C selama 8 jam. Bioplastik yang dihasilkan terlihat lebih lentur, berwarna putih pucat dan bertekstur seperti pada **Gambar 4.14**.

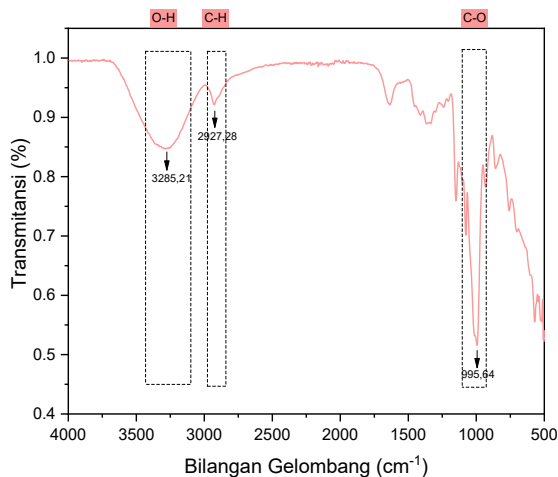


Gambar 4. 14 Bioplastik pati biji nangka-selulosa serabut siwalan-gliserol dengan variasi (a) 0,5 mL (b) 1 mL (c) 1,5 mL

4. Uji Karakterisasi Bioplastik

a. Karakterisasi gugus fungsi menggunakan FTIR

Pengujian sampel bioplastik menggunakan spektroskopi FTIR untuk mengetahui gugus fungsi apa saja yang terdapat dalam sampel bioplastik. Hasil dari sampel bioplastik pati biji nangka, bioplastik pati biji nangka-selulosa serabut siwalan, bioplastik pati biji nangka-selulosa serabut siwalan-gliserol. Hasil uji FTIR bioplastik pati biji nangka dapat dilihat pada **Gambar 4.15** dan **Tabel 4.3**.

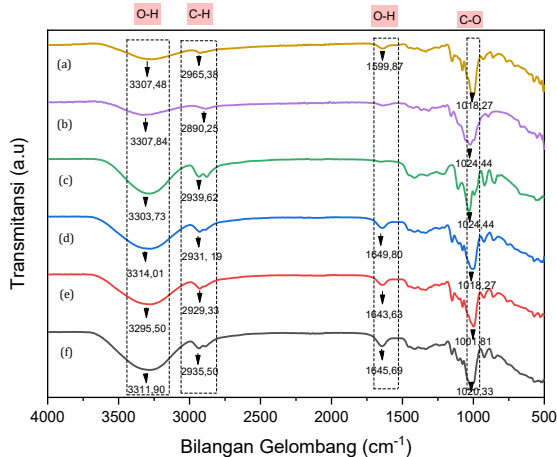


Gambar 4. 15 Spektra FTIR bioplastik pati biji nangka (BPN)

Tabel 4. 3 Hasil analisa FTIR bioplastik pati biji nangka

Gugus fungsi	Bilangan gelombang (cm^{-1})
O-H	3285,21
C-H	2927,28
C-O	995,64

Dalam spektra FTIR bioplastik pati biji nangka menunjukkan adanya gugus fungsi O-H pada panjang gelombang 3200-3400 cm^{-1} (Deeyai et al., 2013; Pavia et al., 2000). Pada daerah serapan 3000-2850 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus fungsi C-H (Pavia et al., 2000). Pada daerah serapan 1300-924 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus fungsi C-O (Deeyai et al., 2013; Pavia et al., 2000).



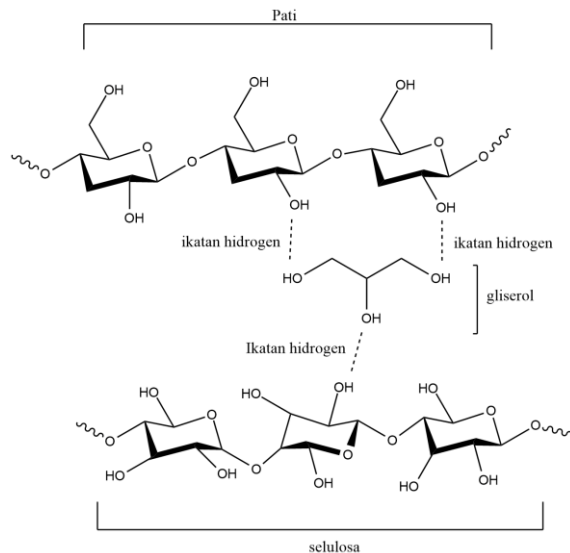
Gambar 4. 16 Spektrum FTIR (a) pati biji nangka (b) selulosa serabut siwalan (c) gliserol (d) BPN-S-G0,5 (e) BPN-S-G1 (f) BPN-S-G1,5

Tabel 4. 4 Hasil analisis gugus fungsi pati, selulosa, gliserol, BPN-S-G0,5, BPN-S-G1, BPN-S-G1,5

Gugus Fungsi	Bilangan Gelombang (cm^{-1})					
	Pati	Selulosa	Gliserol	BPN-S-G0,5	BPN-S-G1	BPN-S-G1,5
O-H	3307,48	3307,84	3303,73	3314,01	3295,50	3311,90
C-H	2965,38	2890,25	2939,62	2931,19	2929,33	2935,50
O-H	1599,87		-	1649,80	1643,63	1645,69
C-O	1018,27	1024,44	1024,44	1018,27	1001,81	1020,33

Semua spektrum sampel menunjukkan keberadaan empat puncak utama O-H, C-H, O-H (defleksi air) dan C-O. Puncak yang ditemukan antara $3100\text{--}3700\text{ cm}^{-1}$ merupakan serapan gugus hidroksil yang terikat hidrogen (O-H) karena peregangan vibrasi kompleks yang terjadi pada struktur pati (Muhammad et al., 2019). Diharapkan juga bahwa ada beberapa interaksi ikatan hidrogen gugus OH. Pelebaran gugus O-H yang diamati pada **Gambar 4.16** disebabkan oleh interaksi selulosa dengan gliserol dan pati (Nagy et al., 2020). Peregangan gugus C-H diperoleh pada $3000\text{--}2850\text{ cm}^{-1}$ (Pavia et al., 2000). Pita serapan pada $1700\text{--}1640\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan penyerapan air yang juga disebabkan oleh pembengkokan hidroksil pada molekul air (O-H) (Maulida et al., 2018). Pada puncak serapan $1300\text{--}1000$ mengindikasikan adanya gugus C-O (Muhammad et al., 2019).

Hasil analisis gugus fungsi menunjukkan adanya bahan baku yang digunakan dalam penelitian yaitu pati yang memiliki gugus fungsi O-H, C-H, dan selulosa dengan gugus fungsi O-H, C-H, dan C-O serta gliserol yang memiliki dominan gugus O-H di dalamnya (Igfirliyana, 2024). Pada **Gambar 4.16** menunjukkan adanya perbedaan intensitas penyerapan gugus O-H. Semakin tinggi konsentrasi gliserol yang digunakan pada BPN-S-G maka intensitas penyerapan gugus O-H semakin tajam dan luas. Hal ini dapat terjadi karena kuatnya ikatan hidrogen antara pati, selulosa dan gliserol (Rojtica, 2021).



Gambar 4. 17 Skema interaksi pati, gliserol dan selulosa

Pada **Gambar 4.17** merupakan skema interaksi antara pati, selulosa, dan gliserol. Adanya ikatan hidrogen intermolekuler antara gugus hidroksil (O-H) dari pati dengan gugus O-H dan karboksil (COOH) selulosa menyebabkan kekuatan mekanik bioplastik semakin meningkat. Adanya degradasi lignin pada selulosa akan meningkatkan interaksi antara pati dan selulosa sehingga dapat meningkatkan kuat tarik bioplastik yang hasilnya sesuai dengan penelitian ini pada **Tabel 4.6** dengan penambahan selulosa 25%. Ketika terjadi penambahan gliserol dapat menyebabkan penurunan kuat tarik pada bioplastik dan menyebabkan fleksibilitasnya meningkat. Hal ini karena keberadaan gliserol mengganggu interaksi antar polimer yang membuat renggangnya jarak antar polimer. Hal ini membuat gliserol menyisip diantara polimer yang mengakibatkan peningkatan fleksibilitas pada bioplastik (Igfirliyana, 2024).

b. Karakterisasi uji mekanik

Karakterisasi uji mekanik terdiri dari uji kuat tarik dan elongasi dari bioplastik. Uji kuat tarik merupakan pengukuran gaya yang diperlukan untuk mematahkan spesimen komposit dan sejauh mana memanjang hingga titik putusnya. Sementara itu, persen elongasi merupakan kemampuan bioplastik dalam memanjang sebelum putus

ketika diberi gaya tarik. Hasil uji kekuatan mekanik pada bioplastik pati biji nangka disajikan pada **Tabel 4.5**.

Tabel 4. 5 Hasil Uji Kekuatan Mekanik Bioplastik Pati Biji Nangka (BPN)

BPN	Kuat Tarik (MPa)	SNI 7188: 2014	Elongasi (%)	SNI 7188: 2014	<i>Modulus Young</i>
Pati 1 g	16,15	13,7 MPa	2,16	< 5%	7,48
Pati 2,5 g	4,29		2,16		1,97
Pati 4 g	8,73		0,83		10,51
Pati 6 g	2,12		0,87		2,43

Berdasarkan hasil data pada **Tabel 4.5** bioplastik pati biji nangka, maka massa pati biji nangka yang menghasilkan yang digunakan adalah bioplastik dengan massa pati biji nangka 2,5 g karena memiliki nilai *modulus young* paling rendah. Nilai *modulus young* mempengaruhi kekuatan bioplastik. Semakin rendah nilai *modulus young* maka bioplastik yang dihasilkan juga lebih elastis dan tidak kaku sehingga tidak rentan mengalami kerapuhan. Hal ini sesuai dengan pernyataan Umi (2023) yang melakukan sintesis bioplastik dari pati bahwa semakin banyak massa pati yang digunakan dalam pembuatan bioplastik maka akan semakin rapuh dan retak.

Bioplastik pati biji nangka mempunyai sifat yang rapuh dan mudah patah. Secara kimia, pati terdiri dari dua komponen utama amilosa dan amilopektin yang tersusun dalam rantai panjang dengan ikatan glikosidik. Meski rantai-rantai ini memiliki gugus hidroksil (-OH) yang bisa membentuk ikatan hidrogen, kekuatan ikatan tersebut masih tergolong lemah. Akibatnya, film bioplastik yang terbentuk cenderung longgar dan tidak cukup kuat untuk menahan tekanan atau tarikan, apalagi jika terpapar kelembapan yang dapat membuatnya mengembang lalu menyusut, hingga akhirnya retak. Berdasarkan hasil uji persen elongasi pada bioplastik pati biji nangka (BPN) menunjukkan bahwa semakin banyak massa pati yang digunakan menyebabkan nilai persen elongasi semakin menurun. Hal ini disebabkan oleh interaksi antar rantai amilosa yang lebih dominan (Radhiyatullah et al., 2015). Maka dari itu, dibutuhkan penambahan *filler* yaitu selulosa serabut siwalan. Selulosa memiliki struktur yang lebih kaku dan teratur, dengan ikatan β -1,4-glikosidik yang membentuk rantai panjang dan kuat. Banyaknya gugus -OH dalam selulosa memungkinkan terjadinya ikatan hidrogen yang lebih stabil dengan molekul pati, sehingga menghasilkan jaringan polimer yang lebih kompak. Berikut merupakan hasil uji kekuatan mekanik pada

bioplastik pati biji nangka-selulosa serabut siwalan (BPN-S) disajikan pada **Tabel 4.6**.

Tabel 4. 6 Hasil uji kekuatan mekanik bioplastik pati biji nangka-selulosa serabut siwalan (BPN-S)

BPN-S	Kuat Tarik (MPa)	SNI 7188: 2014	Elongasi (%)	SNI 7188: 2014	Modulus Young
100%:0%	4,29	13,7	2,16	< 5%	1,99
75%:25%	9,91	MPa	2,16		4,56
50%:50%	4,48		2,00		2,24
25%:75%	1,40		1,67		0,83
0%:100%	0,23		1,50		0,15

Berdasarkan data uji kuat tarik dan elongasi pada **Tabel 4.6**, selulosa serabut siwalan dengan persentase 25% mampu menaikkan kuat tarik pada bioplastik pati biji nangka 2,5 g yang awalnya mempunyai kuat tarik sebesar 4,29 MPa menjadi 9,91 MPa dan elongasi 2,167%. Namun dengan penambahan semakin banyak persentase selulosa serabut siwalan bisa menurunkan nilai kuat tarik bioplastik. Pada bioplastik pati biji nangka-selulosa serabut siwalan yang memiliki kuat tarik dan elongasi sesuai paling optimum adalah bioplastik dengan variasi BPN-S 75%:25%. Semakin banyak konsentrasi selulosa pada bioplastik pati biji nangka justru membuat nilai kuat tariknya semakin rendah. Hal ini berbeda dengan

penelitian yang dilakukan oleh Maladi (2019) yang menyatakan bahwa semakin tinggi konsentrasi selulosa bisa menaikkan nilai kuat tarik bioplastik. Hal ini disebabkan karena dispersi selulosa dalam bioplastik yang tidak merata seiring meningkatnya jumlah selulosa sehingga struktur bioplastik menjadi kurang elastis dan mudah putus (Nurwidiyani et al., 2022). Pada konsentrasi rendah, selulosa dapat terdispersi dengan baik dalam matriks pati sehingga berfungsi sebagai penguat yang bisa meningkatkan nilai kuat tarik. Namun, ketika konsentrasi selulosa ditingkatkan, partikel-partikel selulosa mulai berinteraksi dan membentuk aglomerat atau gumpalan kecil yang sulit tercampur secara homogen. Adanya aglomerat ini menyebabkan ketidakteraturan dalam struktur bioplastik yang menjadi titik lemah sehingga menyebabkan nilai kuat tarik mengalami penurunan karena struktur material tidak lagi padat dan seragam (Widhiantari et al., 2021).

Berdasarkan data persen elongasi pada bioplastik pati biji nangka-selulosa serabut siwalan (BPN-S) menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi selulosa yang digunakan maka semakin menurun pula nilai persen elongasinya. Selulosa adalah polisakarida linier yang terdiri dari rantai panjang glukosa dengan gugus hidroksil

(-OH) yang dapat membentuk ikatan hidrogen antar rantai. Ketika selulosa ditambahkan ke dalam bioplastik, maka dapat meningkatkan kekakuan material melalui pembentukan jaringan ikatan hidrogen yang padat (Putra et al., 2019). Semakin tinggi konsentrasi selulosa, maka selulosa cenderung membentuk ikatan hidrogen antar molekul selulosa sehingga dapat membentuk aglomerat yang mengganggu penyebaran dalam matriks dan mengurangi jumlah ikatan fleksibel antara rantai polimer lainnya. Penambahan selulosa dalam bioplastik tidak boleh terlalu tinggi karena akan menurunkan kekuatan mekaniknya (Nurhaliza et al., 2022). Maka dari itu, diperlukan gliserol untuk meningkatkan nilai persen elongasi bioplastik pati biji nangka-selulosa serabut siwalan (BPN-S). Pada **Tabel 4.7** disajikan data kuat tarik dan persen elongasi bioplastik pati biji nangka-selulosa serabut siwalan-gliserol (BPN-S-G)

Pada uji kekuatan mekanik bioplastik-selulosa serabut siwalan-gliserol (BPN-S-G) dilakukan penambahan gliserol tiga variasi yaitu 0,5; 1; 1,5 mL pada **Tabel 4.7**.

Tabel 4. 7 Hasil uji kekuatan mekanik bioplastik pati biji nangka-selulosa serabut siwalan-gliserol (BPN-S-G)

BPN-S-G	Kuat Tarik (MPa)	SNI 7188: 2014	Elongasi (%)	SNI 7188: 2014	Modulus Young
BPN-S-G 0,5	6,74	13,7 MPa	3,00	< 5%	2,25
BPN-S-G 1	2,82		16,50		0,17
BPN-S-G 1,5	0,91		17,50		0,05

Berdasarkan hasil uji kuat tarik bioplastik pati biji nangka-selulosa serabut siwalan-gliserol (BPN-S-G) pada **Tabel 4.7** menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi gliserol yang digunakan, maka nilai kuat tarik semakin menurun namun berkebalikan dengan persen elongasinya yang semakin meningkat. Berdasarkan data hasil pengujian sifat mekanik BPN-S-G, bioplastik yang memenuhi SNI 7188:2014 berdasarkan elongasinya adalah BPN-S-G0,5 dengan kuat tarik sebesar 6,74 MPa dan persen elongasi sebesar 3,00 %.

Dapat dilihat pada **Gambar 4.17** ketika gliserol ditambahkan, ia akan berfungsi sebagai *plasticizer* dengan menyisip di antara rantai-rantai polimer, Polimer pati terdiri dari rantai panjang glukosa yang saling terikat melalui ikatan hidrogen intermolekul yang memberikan

kestabilan dan kekuatan mekanik pada bioplastik. Namun, Ketika gliserol ditambahkan, gliserol akan menyisip di antara ikatan tersebut yang membuat jarak antar rantai polimer menjadi lebih besar dan gaya kohesi intermolekul menjadi lebih lemah. Hal ini membuat struktur yang sebelumnya kaku dan saling menahan menjadi renggang dan lentur sehingga bisa meningkatkan elongasi dalam bioplastik namun membuat nilai kuat tariknya semakin menurun (Rosli et al., 2015).

c. Uji Daya Serap

Uji daya serap air pada bioplastik merupakan salah satu metode penting yang digunakan untuk mengetahui sejauh mana bioplastik mampu menyerap air dalam kondisi tertentu. Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi sifat hidrofilik bioplastik serta kestabilannya terhadap paparan air atau kelembapan. Berikut dilakukan uji daya serap air pada bioplastik pati biji nangka-selulosa serabut siwalan (BPN-S) untuk mengetahui pengaruh selulosa serabut siwalan terhadap daya serap air bioplastik.

Tabel 4. 8 Hasil uji daya serap air bioplastik pati biji nangka-selulosa serabut siwalan (BPN-S)

Sampel	Daya Serap air (%)	(Sofia et al., 2017)
100%:0%	20,10	Maksimal 21,5% pada 25°C
75%:25%	20,00	
50%:50%	62,96	
25%:75%	70,37	
0%:100%	145,65	

Berdasarkan **Tabel 4.8** menunjukkan bahwa bioplastik dengan konsentrasi pati biji angka:selulosa serabut siwalan 75%:25% memiliki daya serap air lebih rendah daripada bioplastik pati biji nangka 100% tanpa penambahan selulosa serabut siwalan. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan selulosa serabut siwalan dengan kadar 25% dapat menurunkan persen daya serap air. Namun pada penambahan selulosa yang semakin banyak yaitu pada konsentrasi 50%,75%, dan 100% menunjukkan peningkatan nilai daya serap air. Penambahan serabut selulosa dalam jumlah tinggi seperti 50% dan 75% dapat menyebabkan dispersi yang tidak merata atau interaksi antarmolekul yang tidak optimal antara pati dan selulosa. Akibatnya, struktur film menjadi lebih longgar atau berpori, sehingga air lebih mudah masuk dan terserap. Selulosa serabut siwalan yang memiliki banyak gugus hidroksil (-OH) yang aktif dan tidak terlindungi sehingga masih bersifat cukup hidrofilik. Semakin tinggi jumlah selulosa, semakin

banyak pula gugus -OH yang dapat berinteraksi dengan air. Hal ini juga berlaku pada penambahan selulosa 100% dimana selulosa memiliki banyak gugus hidroksil (-OH) yang bersifat hidrofilik, sehingga cenderung menyerap air dengan mudah. Selain itu, struktur mikrofibril selulosa yang tidak terorganisir dengan baik dapat menciptakan pori-pori dalam matriks bioplastik, memungkinkan air meresap lebih cepat. Pernyataan ini sesuai dengan penelitian Sitorus (2023) yang menggunakan mikroselulosa dari tempurung kelapa sawit dalam bioplastik Dimana semakin banyak konsentrasi mikroselulosa dapat meningkatkan daya serap air.

Berikutnya dilakukan uji daya serap air pada bioplastik pati biji nangka-selulosa serabut siwalan-gliserol (BPN-S-G) untuk mengetahui pengaruh gliserol terhadap daya serap air bioplastik.

Tabel 4. 9 Hasil uji daya serap bioplastik pati biji nangka-selulosa serabut siwalan-gliserol (BPN-S-G)

Sampel	Daya Serap air (%)	(Sofia et al., 2017)
BPN-S-G 0,5 ml	20,57	Maksimal 21,5% pada 25°C
BPN-S-G 1 ml	15,84	
BPN-S-G 1,5 ml	14,64	

Berdasarkan **Tabel 4.9** menunjukkan bahwa semakin banyak konsentrasi gliserol menyebabkan penurunan persen daya serap air. Peran gliserol sebagai *plastisizer* tidak hanya meningkatkan fleksibilitas, tetapi juga memengaruhi struktur internal bioplastik. Pada konsentrasi tersebut, gliserol cenderung berikatan dengan gugus hidroksil (-OH) dari molekul pati maupun selulosa melalui ikatan hidrogen. Akibatnya, sebagian besar gliserol tidak lagi berada dalam kondisi bebas untuk menarik molekul air. Sebaliknya, gliserol justru membantu mempererat interaksi antar rantai polimer, sehingga membentuk jaringan film yang lebih rapat dan homogen. Struktur ini akan memperkecil celah mikroskopis dalam matriks, sehingga penetrasi air menjadi lebih terbatas. Efek ini diperkuat oleh dominasi pati dalam komposisi bioplastik dengan konsentrasi 75%, di mana interaksi antara gliserol dan pati lebih stabil. Hal ini menghasilkan bioplastik yang cenderung lebih padat dan kurang permeabel terhadap air. Oleh karena itu, meskipun gliserol dikenal bersifat higroskopis, pada rasio tertentu ia justru dapat menurunkan kemampuan bioplastik dalam menyerap air (Harahap et al., 2024).

d. Uji Biodegradasi

Uji biodegradasi bertujuan untuk mengetahui kemampuan suatu bioplastik dapat dengan mudah terurai di dalam tanah atau tidak. Pengujian ini dilakukan dengan memotong bioplastik dengan ukuran 1,5 x 1,5 cm dan ditimbang. Setelah itu, sampel bioplastik dipendam di dalam tanah kompos dan dilakukan pengamatan terhadap perubahan massa sampel. Hasil Uji biodegradasi pada BPN-S ditampilkan pada **Tabel 4.10**.

Tabel 4. 10 Hasil uji biodegradasi BPN-S

Sampel BPN-S	Lama terdegradasi (Hari)	SNI 7188.7:2022
(100%:0%)	55	Maksimal 90% selama 180 hari
(75%:25%)	45	
(50%:50%)	40	
(25%:75%)	30	
(0%:100%)	25	

Berdasarkan hasil uji biodegradasi BPN-S (Bioplastik pati biji nangka-selulosa serabut siwalan) pada **Tabel 4.10** menunjukkan bahwa semakin rendah konsentrasi selulosa yang digunakan, maka semakin cepat waktu degradasi bioplastik. Dapat dilihat bahwa bioplastik dengan 100% selulosa serabut siwalan (BPN-S 0%:100%) terdegradasi paling cepat yaitu selama 25 hari dengan persen biodegradasi 71,94% (**Lampiran 3**). Hal ini disebabkan

karena selulosa memiliki struktur rantai linier yang membentuk film dengan porositas tinggi, memungkinkan air, oksigen, dan mikroorganisme lebih mudah menembus permukaan dan menghancurkan ikatan β -1,4-glikosidik antar unit glukosa. Struktur terbuka ini mempercepat proses degradasi. Berdasarkan tabel terlihat bahwa semakin rendah konsentrasi selulosa menyebabkan proses degradasi semakin lama. Maka dapat disimpulkan bahwa selulosa serabut siwalan dapat mempercepat waktu degradasi bioplastik pati biji nangka (A. P. Dewi et al., 2023). Hal ini berbanding lurus dengan nilai daya serap air pada **Tabel 4.8** dimana penambahan selulosa yang semakin tinggi menyebabkan dispersi yang tidak merata pada bioplastik pati biji nangka sehingga film menjadi berpori. Hal ini membuat air maupun mikroorganisme dapat mudah masuk.

Tabel 4. 11 Hasil uji biodegradasi BPN-S-G

Sampel BPN-S-G	Lama terdegradasi (Hari)	SNI 7188.7:2022
BPN-S-G0,5	25	Maksimal 90% selama 180 hari
BPN-S-G-1	30	
BPN-S-G-1,5	35	

Berdasarkan hasil uji biodegradasi BNP-S-G pada **Tabel 4.11** menunjukkan bahwa semakin rendah konsentrasi gliserol yang digunakan maka bioplastik akan semakin

cepat untuk terdegradasi. Terbukti bahwa BPN-S-G0,5 yaitu penambahan gliserol sebanyak 0,5 ml menyebabkan bioplastik lebih cepat terdegradasi dibandingkan penambahan gliserol 1 dan 1,5 ml. Pada konsentrasi rendah, gliserol hanya membentuk interaksi terbatas dengan rantai polimer pati dan selulosa. Hal ini menyebabkan struktur film bioplastik menjadi lebih rapuh, tidak terlalu padat, dan mengandung banyak pori-pori mikro yang memperbesar luas permukaan untuk kontak dengan air dan mikroorganisme. Akibatnya, mikroba lebih mudah menembus dan mendegradasi matriks bioplastik karena akses terhadap substrat karbon menjadi lebih terbuka. Selain itu, kurangnya gliserol juga berarti lebih sedikit ikatan hidrogen antarmolekul, sehingga struktur bioplastik menjadi lebih lemah secara fisik dan lebih mudah hancur. Hal ini sama dengan penelitian Hidayati (2021) yang menggunakan gliserol dengan konsentrasi 0,5 juga memiliki waktu degradasi tercepat yaitu selama 14 hari.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Pati biji nangka memiliki sifat fisik berwarna putih berbentuk serbuk halus dengan karakterisasi FTIR menunjukkan adanya gugus O-H, C-H, C-O. Sedangkan selulosa serabut siwalan berwarna putih berbentuk serbuk berserat dengan karakterisasi FTIR menunjukkan adanya gugus O-H, C-H, O-H dan C-O.
2. Selulosa serabut siwalan dapat meningkatkan kuat tarik bioplastik pati biji nangka (BPN) yang awalnya 4,292 MPa menjadi 9,91 MPa dengan konsentrasi pati:selulosa yaitu BPN-S (75%:25%). Namun penambahan selulosa serabut siwalan dalam konsentrasi yang terlalu tinggi dapat menurunkan nilai kuat tarik. Sementara itu, seiring dengan meningkatnya konsentrasi selulosa yang digunakan dapat menurunkan nilai elongasi. Bioplastik dengan komposisi pati biji nangka-selulosa serabut siwalan dengan sifat mekanik terbaik adalah BPN-S 75% pati dan 25% selulosa dengan kuat tarik sebesar 9,91 MPa dan nilai persen elongasi 2,16%, dengan nilai daya serap air sebesar 20% dan terdegradasi selama 45 hari.

3. Penambahan gliserol dapat menurunkan nilai kuat tarik bioplastik namun dapat meningkatkan nilai persen elongasi. Bioplastik dengan sifat mekanik terbaik adalah BPN-S-G1 dengan nilai kuat tarik 6,74 MPa dan nilai persen elongasi 3,00 %. Nilai daya serap yang dihasilkan adalah 20,57% dengan masa degradasi selama 25 hari. Berdasarkan data, nilai elongasi dan waktu terdegradasi sudah memenuhi SNI 7188.7:2014 dan SNI 7188.7:2022, namun belum memenuhi berdasarkan nilai kuat tarik sehingga diperlukan adanya penambahan komposit lain atau penambahan variasi pada selulosa dan gliserol.

B. Saran

1. Disarankan untuk melakukan varian komposisi yang lebih banyak pada penambahan selulosa serabut siwalan untuk mengetahui komposisi terbaik dalam sintesis bioplastik
2. Disarankan mengeksplorasi penambahan *plasticizer* atau penguat dari bahan lain guna melihat perbedaan dari kombinasi yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

- A.J, A. N., Harsojuwono, B. A., & Arnata, I. W. (2021). Pengaruh Jenis dan Konsentrasi Bahan Pemlastis terhadap Bioplastik Glukomanan. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 9(1), 75.
- Aeni, N., & Asngad, A. (2017). Pembuatan Film Bioplastik Dari Biji Nangka Dan Kulit Kacang Tanah Dengan Penambahan Gliserol. *Seminar Nasional Pendidikan Biologi Dan Saintek II*, 359–363.
- 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.
- Alam, M. N., Halid, T., & Illing, I. (2018). Efek Penambahan Kitosan Terhadap Karakteristik Fisika Kimia Bioplastik Pati Batang Kelapa Sawit. *Indonesian Journal of Fundamental Sciences*, 4(1), 39.
- Aldana, D. L. M., Tovar-Gómez, B., De Oca, M. M. M., Sáyago-Ayerdi, S. G., Gutierrez-Meraz, F., & Bello-Pérez, L. A. (2011). Isolation and characterization of Mexican jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* L) seeds starch in two mature stages. *Starch/Staerke*, 63(6), 364–372.
- Anggarini, F. (2013). *Aplikasi Plasticizer Gliserol Pada Pembuatan Plastik Biodegradable dari Biji Nangka*.
- Apriyanto, A., Compart, J., & Fettke, J. (2022). A review of starch, a unique biopolymer – Structure, metabolism and in planta modifications. *Plant Science*, 318(February), 111223.
- Aqshal, F. D. (2023). *Karakterisasi Material Bioplastik Berbasis Carboxymetyhl Cellulose (Cmc) Jerami Padi (Issue Cmc)*.
- Ardiansyah, R. (2011). Pemanfaatan Pati Umbi Garut untuk

- Pembuatan Plastik Biodegradable. *Fakultas Teknik. Universitas Indonesia. Skripsi*, 1–118.
- Arum, S., Kusumastuti, L., & Kusumastuti, E. (2014). Pembuatan Dan Karakterisasi Bioplastik Limbah Biji Mangga Dengan Penambahan Selulosa Dan Gliserol. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 3(2), 157–162.
- Asmoro, N. W., . A., & . I. (2018). Rendemen Selulosa Hasil Ekstraksi Batang Tanaman Jagung (*Zea mays*) Menggunakan Variasi Lama Blanching dan Konsentrasi NaOH. *Pro Food*, 4(1), 283–288.
- Asrori, K. (2021). *Perbandingan Isolasi dari arakteristik Selulosa Hasil Limbah Siwalan (Borassus flabellifer L.) Dan Kelapa (Cocos nucifera L.)*. 10, 6.
- Azwar, E., & Simbolon, S. O. (2020). Karakterisasi Plastik Pengemas Makanan Dari Tepung Maizena Dan Batang Pisang Food Wrapping Plastic Characterization of Maizena Flour and Banana Stem. *Jurnal Kelitbangan*, 8(1), 17–28.
- Bajpai, P. (2018). Paper and Its Properties. *Biermann's Handbook of Pulp and Paper*, 35–63.
- Barman, D. N., Haque, M. A., Hossain, M. M., Paul, S. K., & Yun, H. D. (2020). Deconstruction of Pine Wood (*Pinus sylvestris*) Recalcitrant Structure Using Alkali Treatment for Enhancing Enzymatic Saccharification Evaluated by Congo Red. *Waste and Biomass Valorization*, 11(5), 1755–1764.
- Basrah, M., Nur, J., Sains, F., & Teknologi, D. A. N. (2017). *Dalam Pembuatan Plastik Biodegradable*.
- Belyadi, H., Fathi, E., & Belyadi, F. (2019). Rock mechanical properties and in situ stresses. *Hydraulic Fracturing in Unconventional Reservoirs*, 215–231.

- Boopathi, L., Sampath, P. S., & Mysamy, K. (2012). Investigation of physical, chemical and mechanical properties of raw and alkali treated Borassus fruit fiber. *Composites Part B: Engineering*, 43(8), 3044–3052.
- Brown, F. E. (1933). Molecular and atomic weights. *Journal of Chemical Education*, 308–309.
- Chai, T. T., Xiao, J., Mohana Dass, S., Teoh, J. Y., Ee, K. Y., Ng, W. J., & Wong, F. C. (2021). Identification of antioxidant peptides derived from tropical jackfruit seed and investigation of the stability profiles. *Food Chemistry*, 340(August 2020), 127876.
- Ching, Y. C., & Ng, T. S. (2014). Effect of preparation conditions on cellulose from oil palm empty fruit bunch fiber. *BioResources*, 9(4), 6373–6385.
- Cichosz, S., & Masek, A. (2020). Drying of the natural fibers as a solvent-free way to improve the cellulose-filled polymer composite performance. *Polymers*, 12(2).
- Davidson, R. S., Choudhury, H., Origgi, S., Castellan, A., Trichet, V., & Capretti, G. (1995). The reaction of phloroglucinol in the presence of acid with lignin-containing materials. *Journal of Photochemistry and Photobiology, A: Chemistry*, 91(1), 87–93.
- Deeyai, P., Suphantharika, M., Wongsagonsup, R., & Dangtip, S. (2013). Characterization of modified tapioca starch in atmospheric argon plasma under diverse humidity by FTIR spectroscopy. *Chinese Physics Letters*, 30(1).
- Dewati, R. (2010). Kinetika Reaksi Pembuatan Asam Oksalat dari Sabut Siwalan dengan Oksidator H₂O₂. *Jurnal Penelitian Ilmu Teknik*, 10(1), 29–37.
- Dewi, A. P., Mardhiyana, A., Manfaati, R., & Leoanggraini, U. (2023). The Effect of Additional Chitosan and Cellulose on

- The Performance of Bioplastic from Manihot Glaziovii Starch. *Fluida*, 16(1), 36–42.
- Dewi, G., Harsoyuono, B. A., & Arnata, I. W. (2015). Pengaruh Campuran Bahan Komposit Dan Konsentrasi Gliserol Terhadap Karakteristik Bioplastik Dari Pati Kulit Singkong Dan Kitosan. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 3(3), 41–50.
- Dhani, H. rahmat. (2020). *Potensi Bioplastik Berbasis Pati Biji Nangka dengan Selulosa Sabut Kelapa sebagai Material Pengisi*.
- Evans, S. K., Wesley, O. N., Nathan, O., & Moloto, M. J. (2019). Chemically purified cellulose and its nanocrystals from sugarcane baggase: isolation and characterization. *Heliyon*, 5(10), e02635.
- Fairus, S., Haryono, Miranthi, A., & Aprianto, A. (2010). Pengaruh Konsentrasi HCl dan Waktu Hidrolisis terhadap Perolehan Glukosa yang DIhasilkan dari Pati Biji Nangka. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan” Pengembangan Teknologi Kimia Untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia*, D02-1-D02-6.
- Fallis, A. . (2013). Uji Kualitatif Karbohidrat. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Febriari, F. (2018). Studi Karakteristik Sifat Mekanik Bioplastik Berbahan Pati - Selulosa KulitSiwalan (Borassus flabellifer) Mechanical Properties Study of Bioplastic MadeofCassava Starch - Siwalan Coir Fiber (Borassusflabellifer). In *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem* (Vol. 6, Issue 2).
- Ginting, M. H., Tarigan, F. R., & Singgih, A. M. (2015). Effect of Gelatinization Temperature and Chitosan on Mechanical Properties of Bioplastics from Avocado Seed Starch (Persea americana mill) with Plasticizer Glycerol. *The*

International Journal Of Engineering And Science (IJES) ,
4(12), 36–43. www.theijes.com

- Graupner, N., Narkpiban, K., Poonsawat, T., Tooptompong, P., & Müssig, J. (2019). Toddy palm (*Borassus Flabellifer*) fruit fibre bundles as reinforcement in polylactide (PLA) composites: An overview about fibre and composite characteristics. *Journal of Renewable Materials*, 7(8), 693–711.
- Harahap, Y. A., Chandra, A., Fitri, K., & Fajarwati, Y. E. (2024). *Analisis Kelarutan Bioplastik dari Pati Kulit Singkong dengan*. 6, 1–10.
- Harini, N., Marianty, R., & Wahyudi, V. A. (2019). *Analisa pangan*. Zifatama Jawa.
- Harzau, H., & Estiasih, T. (2013). Karakteristik Cookies Umbi Inferior Uwi Putih (Kajian Proporsi Tepung Uwi: Pati Jagung dan Penambahan Margarin). *Jurnal Pangan Dan Agroindustri*, 1(1), 138–147.
- Helen, M. (2014). New developments. *Hydrocarbon Processing*, NOVEMBER 2014, 251–274.
- Hidayat Fahrul, D. (2023). *Pengaruh Penambahan Gliserol dan CMC (Carboxyl Methyl Cellulose) Terhadap Karakteristik Biodegradable Film Berbasis Selulosa Kulit Buah Pinang (Areca catechu L.)*. 31–41.
- Hidayati, S., Zulferiyenni, Maulidia, U., Satyajaya, W., & Hadi, S. (2021). Effect of glycerol concentration and carboxy methyl cellulose on biodegradable film characteristics of seaweed waste. *Heliyon*, 7(8), e07799. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07799>
- Hikmah, N. (2022). Aplikasi Edible Film Pati Kulit Pisang Kepok (*Musa Babisiana C.*) Dengan Penambahan Ekstrak Lidah Buaya (*Aloe Vera L.*) Pada Mentimun (*Cucumis Sativus L.*).

- In *Skripsi FST UIN Walisongo Semarang* (Issue July). UIN Walisongo Semarang.
- Igfirliyana, N. R. (2024). *Sintesis dan Karakterisasi Bioplastik Berbahan Selulosa Limbah Batang Jagung (Zea mays)-Sorbitol-Kitosan*. UIN Walisongo Semarang.
- Illing, I., & Satriawan, M. (2018). Uji Ketahanan Air Bioplastik Dari Limbah Ampas Sagu Dengan Penambahan Variasi Konsentrasi Gelatin. *Prosiding Seminar Nasional Universitas Cokroaminoto Palopo*, 03(1), 182–189.
- Indriyani, S. (2023). *Sintesis dan Karakterisasi Bioplastik dari Pati Biji Nangka (Artocarpus heteropyllus) dengan Penguat CMC (Carboxy Methyl Cellulose) Synthesis and Characterization of Bioplastics from Jackfruit (Artocarpus heterophyllus) Seed Starch with Carboxy Meth.* 23–32.
- Intandiana, S., Dawam, A. H., Denny, Y. R., & Firman, R. (2019). *Pengaruh karakteristik bioplastik pati singkong dan selulosa mikrokristalin terhadap sifat mekanik dan hidrofobisitas.* 4(2), 185–194.
- Kalsum, U., Juniar, H., & Khirnanda, I. (2020). Pengaruh Sorbitol Dan Carboxymethyl Pada Bioplastik Dari Ampas Tebu Dan Ampas Tahu. *Jurnal Distilasi*, 5(1), 21.
- Karak, N. (2012). *Biodegradable polymers.* 32–34.
- Kartikasari, S. N., Sari, P., & Subagio, A. (2016). Karakterisasi Sifat Kimia, Profil Amilografi (Rva) Dan Morfologi Granula (Sem) Pati Singkong Termodifikasi Secara Biologi. *Jurnal Agroteknologi*, 10(01), 12–24.
- Karulina, G. (2021). *Sintesis dan Karakterisasi Bioplastik Pati (Bonggol Pisang Kepok)-Kitosan dengan Variasi Sorbitol* (Vol. 4, Issue 1). UIN Walisongo.
- Kristianingrum, S. (2016). Gambar 22. Model ikatan kimia.

Handout Spektroskopi Infra Merah., 1(1), 1–15.

- Kumoro, A. C., Alhanif, M., & Wardhani, D. H. (2020). A Critical Review on Tropical Fruits Seeds as Prospective Sources of Nutritional and Bioactive Compounds for Functional Foods Development: A Case of Indonesian Exotic Fruits. *International Journal of Food Science, 2020*(2017).
- Laila Khasun, U. H. (2023). *Pengaruh Penambahan Ekstrak Rumput Laut Tambak (Gracilaria sp.) terhadap Karakteristik Bioplastik Berbasis Kitosan-Pati Buah Lindur (Bruguiera Gymnorrizha).* 1–23.
- Lestari, M. D., Sudarmin, & Harjono. (2018). Ekstraksi Selulosa dari Limbah Pengolahan Agar Menggunakan Larutan NaOH sebagai Prekursor Bioetanol. *Indonesian Journal of Chemical Science, 7*(3), 236–241.
- Lestari, Y. P. I., Falya, Y., Chasanah, U., Kusumo, D. W., & Bethasari, M. (2022). Isolasi α -Selulosa, Pembuatan dan Karakterisasi Mikrokristalin Selulosa (MCC) dari Limbah Kulit Jeruk Baby (Citrus Sinensis). *Original Article MFF, 26*(3), 119–123.
- Ma'rifah, U. (2022). Edible Film Pati Beras Patah (Oryza Sativa) Dan Ekstrak Kunyit Putih (Curcuma Longa Linn) Padad Cabai Merah Besar (Capsicum Annuum L. Var. Taro). In *Skripsi.*
- Maheswari, C. U., Reddy, K. O., Muzenda, E., Shukla, M., & Rajulu, A. V. (2013). A Comparative Study of Modified and Unmodified High-Density Polyethylene/Borassus Fiber Composites. *International Journal of Polymer Analysis and Characterization, 18*(6), 439–450.
- Maladi, I. (2019). Pembuatan Bioplastik Berbahan Dasar Pati Kulit Singkong (Manihot utilissima) dengan Penguat Selulosa Jerami Padi, Polivinil Alkohol dan Bio-Compatible Zink Oksida. In *Universitas Islam Negeri Syarif*

Hidayatullah.

- Marathe, Y. N., Arun Torris, A. T., Ramesh, C., & Badiger, M. V. (2019). Borassus powder-reinforced poly(lactic acid) composites with improved crystallization and mechanical properties. *Journal of Applied Polymer Science*, 136(18), 1–11.
- Maulida, L., Harahap, M. B., Alfarodo, Manullang, A., & Ginting, M. H. S. (2018). Utilization of jackfruit seeds (*Artocarpus heterophyllus*) in the preparing of bioplastics by plasticizer ethylene glycol and chitosan filler. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 13(1), 240–244.
- Muhammad, A., Roslan, A., Sanusi, S. N. A., Shahimi, M. Q., & Nazari, N. Z. (2019). Mechanical properties of bioplastic form cellulose nanocrystal (CNC) mangosteen peel using glycerol as plasticizer. *Journal of Physics: Conference Series*, 1349(1).
- Mukprasirt, A., & Sajjaanantakul, K. (2004). Physico-chemical properties of flour and starch from jackfruit seeds (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) compared with modified starches. *International Journal of Food Science and Technology*, 39(3), 271–276.
- Mustafidah, R., Asyari, R. P., Velayati, J. M., & Sayekti, T. (2022). Pemanfaatan Limbah Kulit Jeruk sebagai Fortifikan Guna Memperkaya Nilai Gizi pada Cokelat. *Jurnal Tadris IPA Indonesia*, 2(2), 121–130.
- Mustakin, F., & Tahir, M. M. (2019). Analysis Of Glicogen Content On Heart, Muscle, And Animal Brain. *Canrea Journal: Food Technology, Nutritions, and Culinary Journal*, 2(2), 75–80.
- Nadhila, H. (2021). Identifikasi Jenis Dan Kadar Selulosa Pada Kulit Buah Pinang (*Areca Catechu* L.) Asal Aceh Utara.

Skripsi, 1–52.

- Nagala, S., Rapaka, G., & Tamanam, R. R. (2015). A Comparative study of the Antimicrobial activities of five varieties of essential oils from the seeds of *Artocarpus*. *IOSR Journal of Pharmacy and Biological Sciences Ver. 1*, 10(6), 2319–7676. www.iosrjournals.org
- Nagy, S., Fekete, E., Móczó, J., Koczka, K., & Csiszár, E. (2020). Heat-induced changes in cellulose nanocrystal/amino-aldehyde biocomposite systems. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 142(6), 2371–2383.
- Nevoralová, M., Koutný, M., Ujčić, A., Horák, P., Kredatusová, J., Šerá, J., Růžek, L., Růžková, M., Krejčíková, S., Šlouf, M., & Kruliš, Z. (2019). Controlled biodegradability of functionalized thermoplastic starch based materials. *Polymer Degradation and Stability*, 170.
- Nisah, K. (2018). Pembuatan Plastik Biodegradable Dari Polimer Alam. *Elkawanie*, 4(2).
- Noor, F. (2014). Physicochemical Properties of Flour and Extraction of Starch from Jackfruit Seed. *International Journal of Nutrition and Food Sciences*, 3(4), 347.
- Nurhaliza, R., Ramli, S., Syahiddin, & Abrar, M. (2022). Pengaruh Massa Pati Terhadap Tensil Strength, Elongasi dan Daya Serap Terhadap Air pada Pembuatan Bioplastik dari Pati Sagu dan Gliserol. *Jurnal Inovasi Ramah Lingkungan (JIRL)*, 3(1), 17–21.
- Nurhayati, N., & Kusumawati, R. (2014). Sintesis Selulosa Asetat dari Limbah Pengolahan Agar. *Jurnal Pascapanen Dan Bioteknologi Kelautan Dan Perikanan*, 9(2), 97.
- 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.

- Obi Reddy, K., Uma Maheswari, C., Shukla, M., Song, J. I., & Varada Rajulu, A. (2013). Tensile and structural characterization of alkali treated Borassus fruit fine fibers. *Composites Part B: Engineering*, 44(1), 433–438.
- Ojogbo, E., Ogunsona, E. O., & Mekonnen, T. H. (2020). Chemical and physical modifications of starch for renewable polymeric materials. *Materials Today Sustainability*, 7–8, 100028.
- Pakartiko, B. (2019). Sifat Fisik Dan Mekanik Plastik Biodegradable Dari Pati Singkong Dengan Variasi Penambahan Ampas Tebu Dan Gliserol. In *Digital Repository Universitas Jember*.
- Pangestu, A. (2020). *Pemanfaatan Kulit Pisang Kepok dan Rumput Gajah sebagai Bahan Baku Pembuatan Bioplastik* (Vol. 53, Issue 1). UIN Raden Intan Lampung.
- Pavia, D. L., Lampman, G. M., Kriz, G. S., & Vyvyan, J. R. (2000). Chapter 6 Furans and benzo[b]furans. In *Tetrahedron Organic Chemistry Series* (Vol. 20, Issue C).
- Pinto, E., Aggrey, W. N., Boakye, P., Amenuvor, G., Sokama-Neuyam, Y. A., Fokuo, M. K., Karimaie, H., Sarkodie, K., Adenutsi, C. D., Erzuah, S., & Rockson, M. A. D. (2022). Cellulose processing from biomass and its derivatization into carboxymethylcellulose: A review. *Scientific African*, 15, e01078.
- Princi, E., Vicini, S., Proietti, N., & Capitani, D. (2005). Grafting polymerization on cellulose based textiles: A ¹³C solid state NMR characterization. *European Polymer Journal*, 41(6), 1196–1203.
- Pujawati, D., Hartiati, A., & Suwariani, N. P. (2021). Karakteristik Komposit Bioplastik Pati Ubi Talas-

- Karagenan pada Variasi Suhu dan Waktu Gelatinisasi. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 9(3), 277.
- Purtnavita, S. (2018). Pembuatan Plastik Biodegradable dari Pati Aren Dengan Penambahan Aloe Vera. *Inovasi Teknik Kimia*, 3(2), 31–35.
- Putra, A. D., Amri, I., & Irdoni. (2019). Sintesis Bioplastik Berbahan Dasar Pati Jagung dengan Penambahan Filler Selulosa Serat Daun Nanas (*Ananas cosmosus*). *Jom Fteknik*, 6(1), 1–8.
- Radhiyatullah, A., Indriani, N., & Ginting, M. H. S. (2015). Pengaruh Berat Pati Dan Volume Plasticizer Gliserol Terhadap Karakteristik Film Bioplastik Pati Kentang. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 4(3), 35–39.
- Rahmawati, W., Kusumastuti, Y. A., & Aryanti, N. (2012). Karakterisasi pati talas (*Colocasia Esculenta* (L.) Schott) sebagai alternatif sumber pati industri di indonesia. *Jurnal Teknologi Kimia Dan Industri*, 1(1), 348–351.
- Rengsutthi, K., & Charoenrein, S. (2011). Physico-chemical properties of jackfruit seed starch (*Artocarpus heterophyllus*) and its application as a thickener and stabilizer in chilli sauce. *Lwt*, 44(5), 1309–1313.
- Ridwan, M. (2018). *Sintesis dan uji Kualitas Plastik Biodegradable dari pati singkong Menggunakan Variasi Penguat Logam Seng Oksida (ZnO) dan Plasticizer Gliserol*. UIN Alauddin Makassar.
- Riswandha, D. (2018). *Daya Serap Air*. June, 24–28.
- Rojtica, M. A. (2021). *Sintesis dan Karakterisasi Bioplastik Berbasis Selulosa Asetat Limbah Tebu – Kitosan – Gliserol*. 10, 6.
- Rosani, U., & Hernawan, I. (2024). Density and Lignin Test of

- Pollard Fraction. *Jurnal Nutrisi Ternak Tropis Dan Ilmu Pakan*, 6(2), 57–63.
- Rosli, N., Ambak, K., Daniel, B. D., Prasetijo, J., Tun, U., Onn, H., & Pahat, B. (2015). *Pengaruh Penambahan Zat Pemlastik Gliserol Terhadap Sifat Mekanik pada Pembuatan Bioplastik dari Kitosan - Umbi Porang (Amorphophallus Muelleri Blume)*. 1(1), 1–6.
- Saabome Samuel Muobom. (2020). Title: A Review on Plasticizers and Eco-Friendly Bioplasticizers: Biomass Sources and Market. *International Journal of Engineering Research And*, V9(05), 1138–1144.
- Saba, N., Jawaid, M., & Sultan, M. T. H. (2018). An overview of mechanical and physical testing of composite materials. In *Mechanical and Physical Testing of Biocomposites, Fibre-Reinforced Composites and Hybrid Composites*. Elsevier Ltd.
- Safaria, S., Idiawati, N., & Zaharah, T. A. (2013). *Efektivitas Campuran Enzim Selulosa dari Aspergillus niger dan Trichoderma reesei dalam Menghidrolisis Substrat Sabut Kelapa*. 3(1), 443–444.
- Saiful, Helwati, H., Saleha, S., & Iqbalsyah, T. M. (2019). Development of bioplastic from wheat Janeng starch for food packaging. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 523(1).
- Sancayaningsih, R. P., Santosa, S. H. M. B., & Utami, A. V. (2016). Natural Sustainability Of Toddy Palm (*Borassus flabellifer* L.) In Linamnutu, Timor Tengah Selatan, Nusa Tenggara Timur. *Jurnal Manusia Dan Lingkungan*, 23(1), 76.
- Santana, R. F., Bonomo, R. C. F., Gandolfi, O. R. R., Rodrigues, L. B., Santos, L. S., dos Santos Pires, A. C., de Oliveira, C. P., da Costa Ilhéu Fontan, R., & Veloso, C. M. (2018). Characterization of starch-based bioplastics from

- jackfruit seed plasticized with glycerol. *Journal of Food Science and Technology*, 55(1), 278–286.
- Saxena, A., Raju, S. P., & Bawa, A. S. (2011). Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.). *Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits: Cocona to Mango, December 2020*, 275–298.
- Setiawan, D. (2015). *Karakterisasi tepung Biji Nangka (Artocarpus heterophyllus Lamk.) Hasil Fermentasi Oleh Lactobacillus plantarum*. Universitas Jember.
- Sinaga, R. F., Ginting, G. M., Ginting, M. H. S. and, & Hasibuan, R. (2014). Pengaruh Penambahan Gliserol terhadap Sifat Kekuatan Tarik Dan Pemanjangan Saat Putus Bioplastik Dari Pati Umbi Talas. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 3(2), 19–24.
- Sirajuddin, S., Mulyadi, M., Dirawan, G. D., Amir, F., & Pertiwi, N. (2016). Conservation Status of Lontar Palm Trees (*Borassus flabellifer* Linn) In Jeneponto District, South Sulawesi, Indonesia. *Journal of Tropical Crop Science*, 3(1), 28–33.
- Sitorus, B., Novianti, I., Adhitiyawarman, & Antonius. (2023). Peningkatan Biodegradabilitas dan Penyerapan Air Akibat Penambahan Mikroselulosa Hasil Isolasi Tandan Kosong Kelapa Sawit dalam Bioplastik. *JST (Jurnal Sains Dan Teknologi)*, 12(2), 335–343.
- Situmorang, F. U., Hartiati, A., & Harsojuwono, B. A. (2019). The Effect of the Concentration of Taro Tuber Starch (*Colocasia esculenta*) and Plasticizer Type on The Characteristics of Bioplastics. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 7(3), 457–467.
- Sofia, A., Prasetya, A. T., & Kusumastuti, E. (2017). Komparasi Bioplastik Kulit Labu Kuning-Kitosan dengan Plasticizer dari Berbagai Variasi Sumber Gliserol. *Indonesian Journal*

of Chemical Science, 6(2), 111–115.

- Suryadevara, V., Lankapalli, S. R., Danda, L. H., Pendyala, V., & Katta, V. (2017). Studies on jackfruit seed starch as a novel natural superdisintegrant for the design and evaluation of irbesartan fast dissolving tablets. *Integrative Medicine Research*, 6(3), 280–291.
- Syahidah, Lestari, A. S. R. D., Arif, A., Taskirawati, I., Makkarennu, Fardhatillah, Zhafira, R., Pratama, M. R. A., Sulaeha, S., Anita, S. H., Ghazali, M., Sari, F. P., Martino, A. D., & Fatriasari, W. (2025). Lignin from the sugar palm's fiber (*Arenga pinnata merr.*) as a potential active compound in packaging. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 11(February), 101133.
- Syamani, F. A., Nurjayanti, Pramasari, D. J., Kusumaningrum, W. B., Kusumah, S. S., Masruchin, N., Ermawati, R., Supeni, G., & Cahyaningtyas, A. A. (2020). Characteristics of Bioplastic Made from Cassava Starch Filled with Fibers from Oil Palm Trunk at Various Amount. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 439(1).
- Telis, V. R. N. (2012). An introduction to biopolymer applications in food engineering. *Biopolymer Engineering in Food Processing*, 1–15.
- Tulyathan, V., Tananuwong, K., Songjinda, P., & Jaiboon, N. (2002). Some Physicochemical Properties of Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam) Seed Flour and Starch. *ScienceAsia*, 28(1), 37–41.
- Ummah, N. (2013). *Uji Ketahanan Biodegradable Plastik Berbasis Tepung Biji Durian (Durio Zibethinus Murr) Terhadap Air dan Pengukuran Densitasnya*.
- Widhiantari, I. A., Hidayat, A. F., Muttalib, S. A., Khalil, F. I., & Puspitasari, I. (2021). Sifat Mekanik Bioplastik Berbasis Kombinasi Pati Biji Nangka Dan Tongkol Jagung. *Jurnal*

Ilmiah Rekayasa Pertanian Dan Biosistem, 9(1), 76–83.

Widowati, S. (2010). Karakteristik Mutu Gizi Dan Diversifikasi Pangan Berbasis Sorgum (. *Pangan*, 19(4), 373–382.

Yalcin, D. (2021). Tensile Testing Concepts & Definitions. *ResearchGate*, May, 1–12.

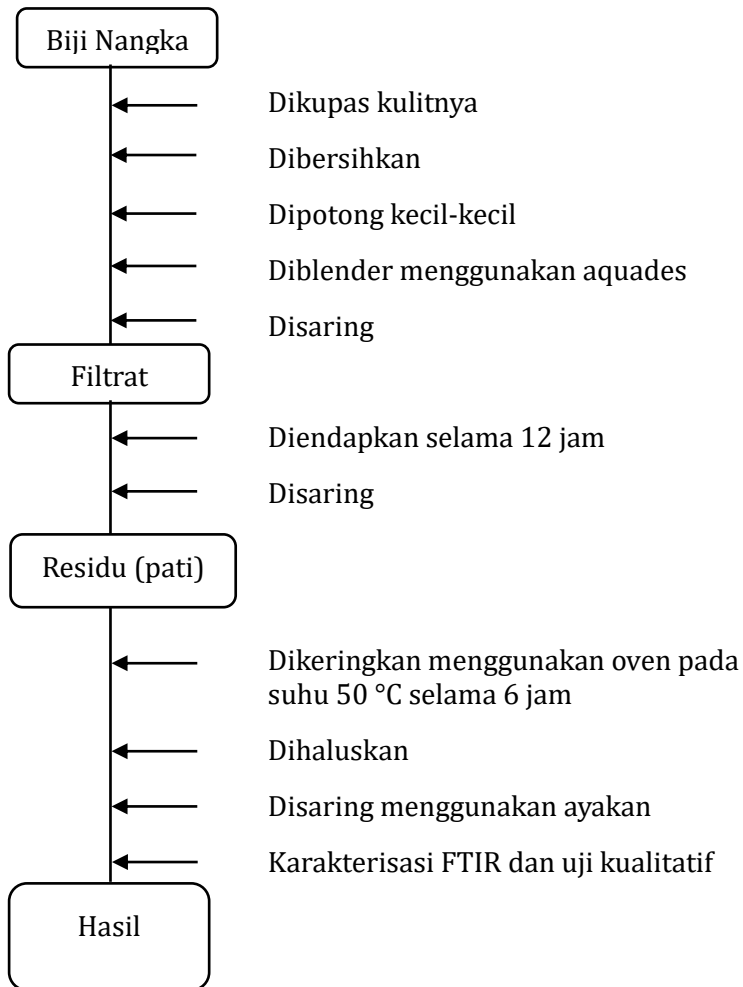
Zhang, Y., Li, B., Xu, F., He, S., Zhang, Y., Sun, L., Zhu, K., Li, S., Wu, G., & Tan, L. (2021). Jackfruit starch: Composition, structure, functional properties, modifications and applications. *Trends in Food Science and Technology*, 107(March), 268–283.

Zhang, Y., Rempel, C., & Liu, Q. (2014). Thermoplastic Starch Processing and Characteristics-A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 54(10), 1353–1370.

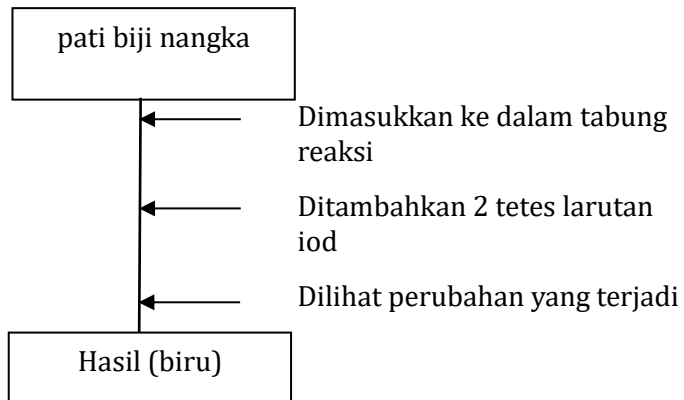
LAMPIRAN

Lampiran 1 Skema Cara Kerja

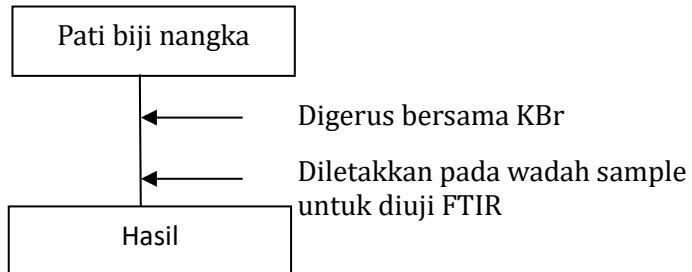
Bagian 1 : Preparasi dan Karakterisasi Pati Biji Nangka



a. Uji amilum pada pati biji nangka

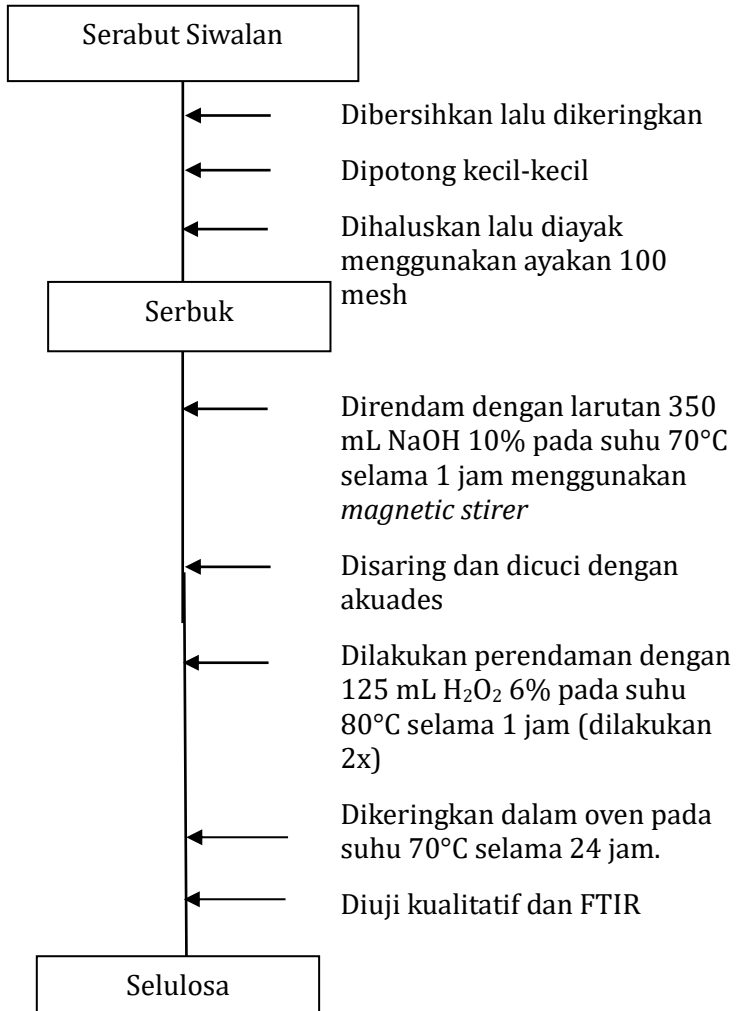


b. Uji FTIR pada pati biji nangka

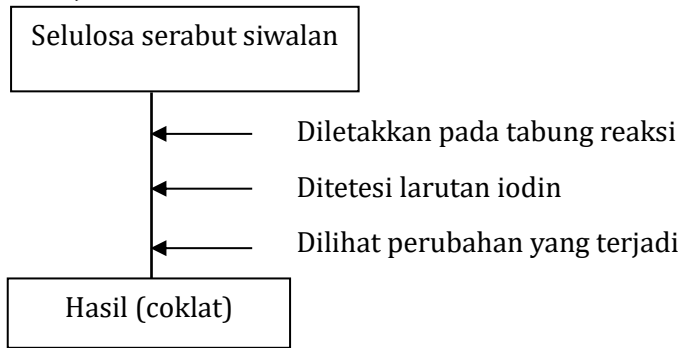


Bagian 2 : Sintesis selulosa serabut siwalan

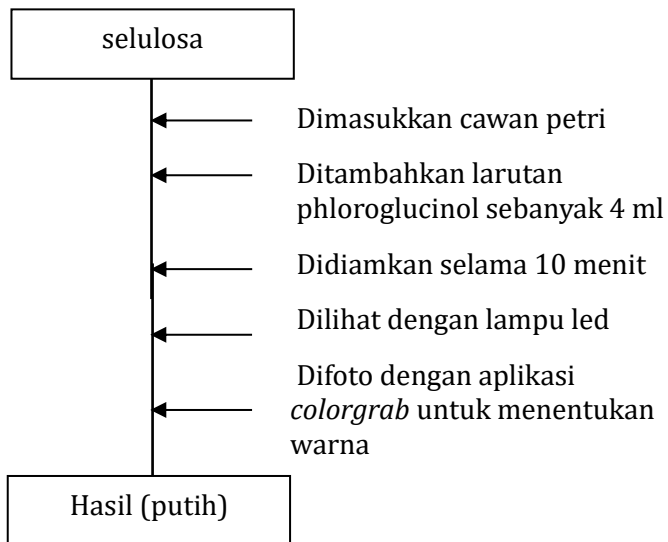
1. Sintesis Selulosa Serabut Siwalan



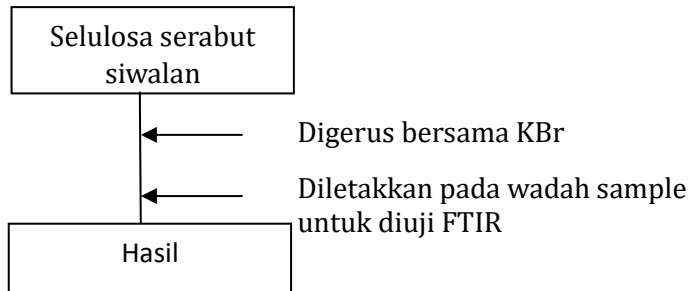
a. Uji iodin selulosa



b. Uji (HCl-Phloroglucinol)

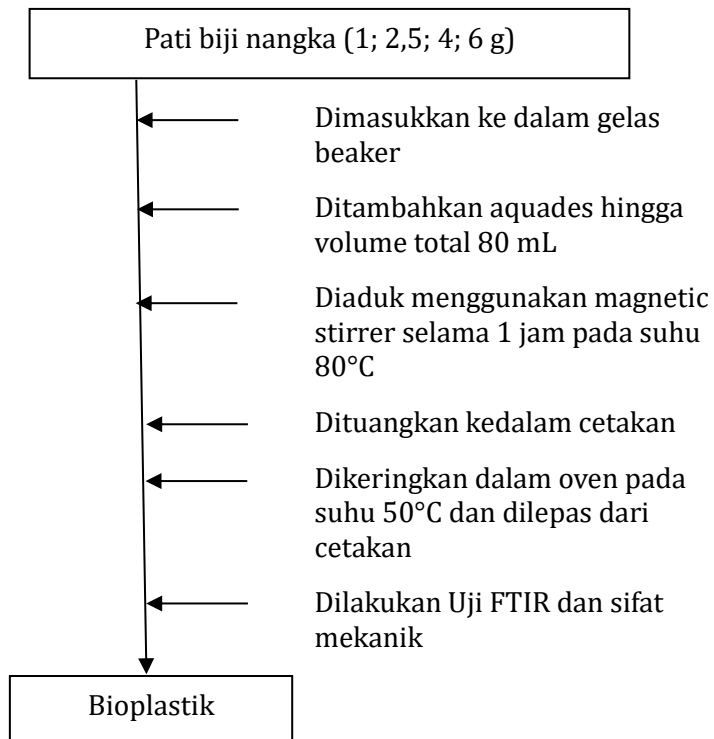


c. Karakterisasi FTIR

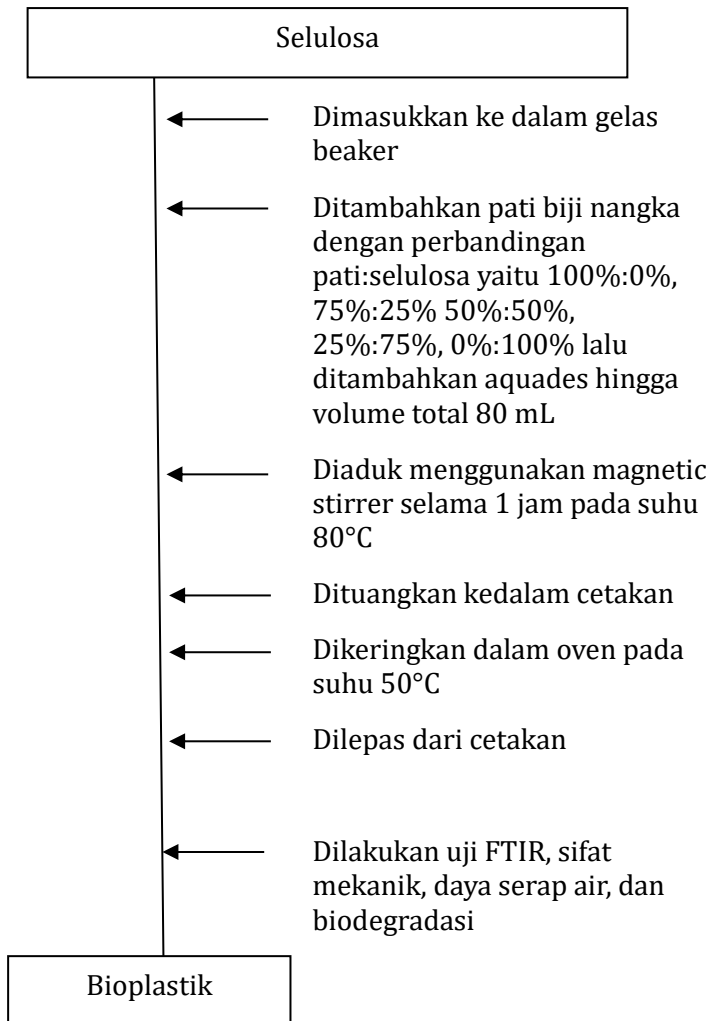


Bagian 3 : Pembuatan bioplastik dan karakterisasi

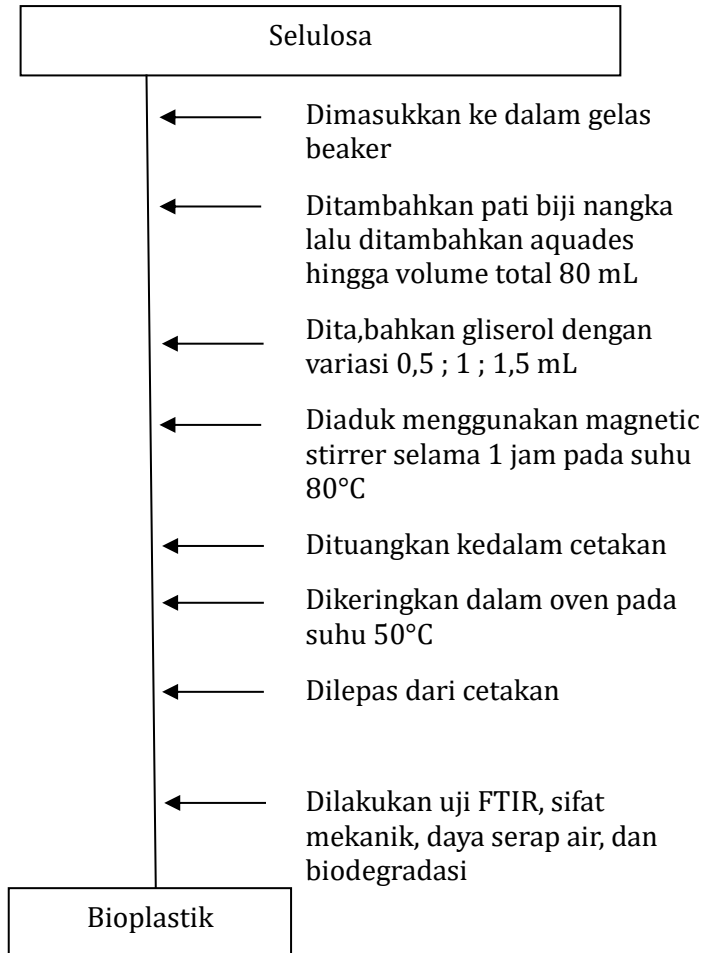
a. Pembuatan Bioplastik pati biji nangka (BPN)



b. Pembuatan Bioplastik pati biji nangka-selulosa serabut siwalan (BPN-S)

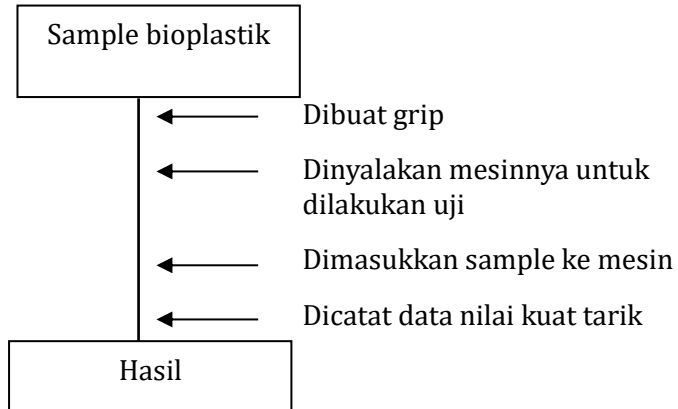


c. Pembuatan Bioplastik pati biji nangka-selulosa serabut siwalan-gliserol (BPN-S-G)

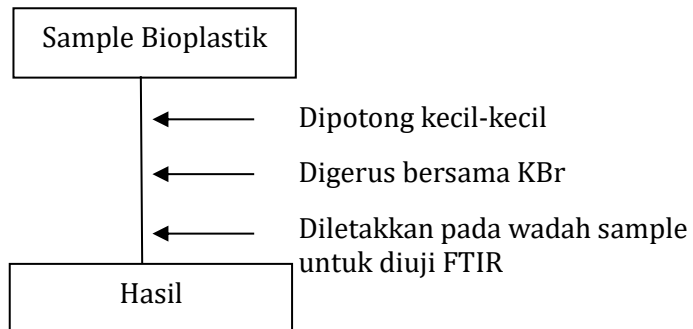


Bagian 4 : Karakterisasi Bioplastik

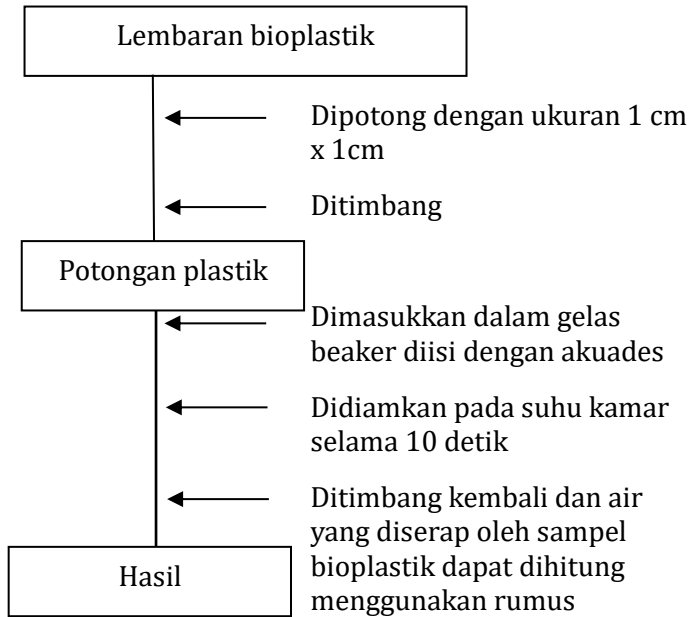
a. Kekuatan Mekanik



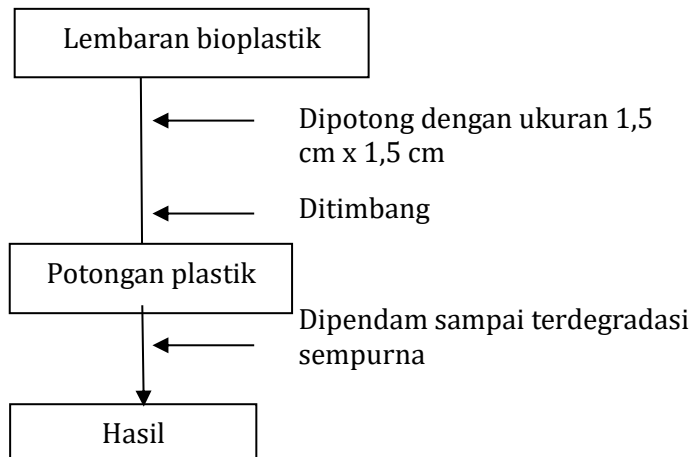
b. Uji FTIR pada bioplastik



c. Uji Daya Serap Air



d. Uji Biodegradasi



Lampiran 3 : Analisis Data

a. Rendemen Pati Biji Nangka

Massa awal : 1 kg

Massa akhir : 140 g

Rendemen pati biji nangka :

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{massa akhir total}}{\text{massa awal}} \times 100\% \\
 &= \frac{140 \text{ g}}{1000 \text{ g}} \times 100\% \\
 &= 14\%
 \end{aligned}$$

b. Rendemen Selulosa Serabut Siwalan

Massa awal : 25 g

Massa akhir : 2,88 g

Rendemen selulosa serabut siwalan

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{massa akhir total}}{\text{massa awal}} \times 100\% \\
 &= \frac{2,88 \text{ g}}{25 \text{ g}} \times 100\% \\
 &= 11,52\%
 \end{aligned}$$

c. Uji Daya Serap Air

No.	Sampel	W ₀ (g)	W (g)	% daya serap
1.	Pati 100%	0,0189	0,0227	20,10%
2.	Pati 75% Selulosa 25%	0,0095	0,0114	20,00%
3.	Pati 50% selulosa 50%	0,0081	0,0132	62,96%
4.	Pati 50% selulosa 50%	0,0108	0,0184	70,37%
5.	Selulosa 100%	0,0138	0,0339	145,65%

Perhitungan Daya serap air

BPN-S-G 100%:0%

$$\begin{aligned}
 \text{Daya Serap Air (\%)} &= \frac{W - W_0}{W_0} \times 100\% \\
 &= \frac{0,0227 - 0,0189}{0,0189} \times 100\% \\
 &= 20,10\%
 \end{aligned}$$

BPN-S-G 75%:25%

$$\begin{aligned}
 \text{Daya Serap Air (\%)} &= \frac{W - W_0}{W_0} \times 100\% \\
 &= \frac{0,0114 - 0,0095}{0,0095} \times 100\% \\
 &= 20\%
 \end{aligned}$$

BPN-S-G 50%:50%

$$\begin{aligned}
 \text{Daya Serap Air (\%)} &= \frac{W - W_0}{W_0} \times 100\% \\
 &= \frac{0,0132 - 0,0081}{0,0081} \times 100\%
 \end{aligned}$$

$$= 62,69\%$$

BPN-S-G 25%:75%

$$\begin{aligned}\text{Daya Serap Air (\%)} &= \frac{W-W_o}{W_o} \times 100\% \\ &= \frac{0,0184-0,0108}{0,0108} \times 100\% \\ &= 89,10\%\end{aligned}$$

BPN-S-G 0%:100%

$$\begin{aligned}\text{Daya Serap Air (\%)} &= \frac{W-W_o}{W_o} \times 100\% \\ &= \frac{0,0339-0,0138}{0,0138} \times 100\% \\ &= 145,65\%\end{aligned}$$

Sampel	Wo	W	%
P75S25G0,5	0,0243	0,0293	20,57%
P75S25G1	0,0284	0,0329	15,78%
P75S25G1,5	0,0355	0,0407	14,64%

Perhitungan :

BPN-S-G0,5

$$\begin{aligned}\text{Daya Serap Air (\%)} &= \frac{W-W_o}{W_o} \times 100\% \\ &= \frac{0,0293-0,0243}{0,0243} \times 100\% \\ &= 20,57\%\end{aligned}$$

BPN-S-G1

$$\begin{aligned}\text{Daya Serap Air (\%)} &= \frac{W-W_o}{W_o} \times 100\% \\ &= \frac{0,0329-0,0285}{0,0285} \times 100\% \\ &= 15,78\%\end{aligned}$$

BPN-S-G1,5

$$\begin{aligned}\text{Daya Serap Air (\%)} &= \frac{W-W_o}{W_o} \times 100\% \\ &= \frac{0,0407-0,0355}{0,0355} \times 100\% \\ &= 14,64\%\end{aligned}$$

d. Uji Biodegradasi
1. Biodegradasi Bioplastik BPN-S

Waktu (Hari)	Pengurangan Massa Sampel				
	P100	P75S25	P50S50	P25S75	S100
1	0,0456	0,0261	0,0230	0,0160	0,0253
5	0,0448 (1,75%)	0,0206 (21,07%)	0,0194 (13,04%)	0,0120 (25%)	0,0142 (43,87%)
10	0,0434 (4,82%)	0,0200 (23,37%)	0,0189 (17,83%)	0,0117 (26,88%)	0,0123 (51,38%)
15	0,0417 (8,55%)	0,0189 (27,59%)	0,0182 (20,87%)	0,0111 (30,63%)	0,0106 (58,10%)
20	0,0401 (12,06%)	0,0183 (29,89%)	0,0176 (23,48%)	0,0106 (33,75%)	0,0071 (71,94%)
25	0,0365 (19,96%)	0,0159 (39,08%)	0,0160 (38,61%)	0,0055 (65,63%)	100%
30	0,0325 (28,72%)	0,0121 (53,64%)	0,0109 (52,61%)	100%	
35	0,0279 (38,82%)	0,0087 (66,67%)	0,0070 (69,57%)		
40	0,0216 (52,63%)	0,0051 (80,46%)	100%		
45	0,0134 (70,61%)	100%			
50	0,0054 (88,16%)				
55	100%				

Perhitungan Biodegradasi BPN-S

- a. Hari ke-5
BPN-S (100%:0%)

$$\begin{aligned}
 \%W &= \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100\% \\
 &= \frac{0,0456 - 0,0448}{0,0456} \times 100\% = 1,75\%
 \end{aligned}$$

$$= 1,75\%$$

BPN-S (75%:25%)

$$\begin{aligned}\%W &= \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100\% \\ &= \frac{0,0261 - 0,0206}{0,0261} \times 100\% = 21,07\%\end{aligned}$$

BPN-S (50%:50%)

$$\begin{aligned}\%W &= \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100\% \\ &= \frac{0,0230 - 0,0200}{0,230} \times 100\% = 13,04\%\end{aligned}$$

BPN-S (25%:75%)

$$\begin{aligned}\%W &= \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100\% \\ &= \frac{0,0160 - 0,120}{0,0160} \times 100\% = 25\%\end{aligned}$$

BPN-S (0%:100%)

$$\begin{aligned}\%W &= \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100\% \\ &= \frac{0,0253 - 0,0142}{0,0253} \times 100\% = 43,87\%\end{aligned}$$

b. Hari ke-10

BPN-S (100%:0%)

$$\begin{aligned}\%W &= \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100\% \\ &= \frac{0,0456 - 0,0434}{0,0456} \times 100\% = 4,82\%\end{aligned}$$

BPN-S (75%:25%)

$$\begin{aligned}\%W &= \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100\% \\ &= \frac{0,0261 - 0,0200}{0,0261} \times 100\% = 23,37\%\end{aligned}$$

BPN-S (50%:50%)

$$\begin{aligned}\%W &= \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100\% \\ &= \frac{0,0230 - 0,0189}{0,230} \times 100\% = 17,83\%\end{aligned}$$

BPN-S (25%:75%)

$$\begin{aligned}\%W &= \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100\% \\ &= \frac{0,0160 - 0,0117}{0,0160} \times 100\% = 26,88\%\end{aligned}$$

BPN-S (0%:100%)

$$\begin{aligned}\%W &= \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100\% \\ &= \frac{0,0253 - 0,0123}{0,0253} \times 100\% = 51,38\%\end{aligned}$$

c. Hari ke-15

BPN-S (100%:0%)

$$\begin{aligned}\%W &= \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100\% \\ &= \frac{0,0456 - 0,0417}{0,0456} \times 100\% = 8,55\%\end{aligned}$$

BPN-S (75%:25%)

$$\begin{aligned}\%W &= \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100\% \\ &= \frac{0,0261 - 0,0189}{0,0261} \times 100\% = 27,59\%\end{aligned}$$

BPN-S (50%:50%)

$$\%W = \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100\%$$

$$= \frac{0,0230 - 0,0182}{0,230} \times 100\% = 20,87\%$$

BPN-S (25%:75%)

$$\%W = \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100\%$$

$$= \frac{0,0160 - 0,0111}{0,0160} \times 100\% = 30,63\%$$

BPN-S (0%:100%)

$$\%W = \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100\%$$

$$= \frac{0,0253 - 0,0106}{0,0253} \times 100\% = 58,10\%$$

d. Hari ke-20

BPN-S (100%:0%)

$$\%W = \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100\%$$

$$= \frac{0,0456 - 0,0401}{0,0456} \times 100\% = 12,06\%$$

BPN-S (75%:25%)

$$\%W = \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100\%$$

$$= \frac{0,0261 - 0,0183}{0,0261} \times 100\% = 29,89\%$$

BPN-S (50%:50%)

$$\%W = \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100\%$$

$$= \frac{0,0230 - 0,0176}{0,230} \times 100\% = 23,48\%$$

BPN-S (25%:75%)

$$\%W = \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100\%$$

$$= \frac{0,0160 - 0,0106}{0,0160} \times 100\% = 33,75\%$$

BPN-S (0%:100%)

$$\begin{aligned}\%W &= \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100\% \\ &= \frac{0,0253 - 0,0071}{0,0253} \times 100\% = 71,94\%\end{aligned}$$

e. Hari ke-25

BPN-S (100%:0%)

$$\begin{aligned}\%W &= \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100\% \\ &= \frac{0,0456 - 0,0365}{0,0456} \times 100\% = 19,96\%\end{aligned}$$

BPN-S (75%:25%)

$$\begin{aligned}\%W &= \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100\% \\ &= \frac{0,0261 - 0,0159}{0,0261} \times 100\% = 39,08\%\end{aligned}$$

BPN-S (50%:50%)

$$\begin{aligned}\%W &= \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100\% \\ &= \frac{0,0230 - 0,0160}{0,230} \times 100\% = 38,61\%\end{aligned}$$

BPN-S (25%:75%)

$$\begin{aligned}\%W &= \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100\% \\ &= \frac{0,0160 - 0,0055}{0,0160} \times 100\% = 65,63\%\end{aligned}$$

BPN-S (0%:100%)

$$\%W = \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100\% = 100\%$$

f. Hari ke-30

BPN-S (100%:0%)

$$\begin{aligned}\%W &= \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100\% \\ &= \frac{0,0456 - 0,0325}{0,0456} \times 100\% = 28,72\%\end{aligned}$$

BPN-S (75%:25%)

$$\begin{aligned}\%W &= \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100\% \\ &= \frac{0,0261 - 0,0121}{0,0261} \times 100\% = 53,64\%\end{aligned}$$

BPN-S (50%:50%)

$$\begin{aligned}\%W &= \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100\% \\ &= \frac{0,0230 - 0,0109}{0,230} \times 100\% = 52,61\%\end{aligned}$$

BPN-S (25%:75%)

$$\%W = \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100\% = 100\%$$

g. Hari ke-35

BPN-S (100%:0%)

$$\begin{aligned}\%W &= \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100\% \\ &= \frac{0,0456 - 0,0279}{0,0456} \times 100\% = 38,82\%\end{aligned}$$

BPN-S (75%:25%)

$$\begin{aligned}\%W &= \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100\% \\ &= \frac{0,0261 - 0,0087}{0,0261} \times 100\% = 66,67\%\end{aligned}$$

BPN-S (50%:50%)

$$\begin{aligned}\%W &= \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100\% \\ &= \frac{0,0230 - 0,0070}{0,230} \times 100\% = 69,57\%\end{aligned}$$

h. Hari ke-40

BPN-S (100%:0%)

$$\begin{aligned}\%W &= \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100\% \\ &= \frac{0,0456 - 0,0216}{0,0456} \times 100\% = 52,63\%\end{aligned}$$

BPN-S (75%:25%)

$$\begin{aligned}\%W &= \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100\% \\ &= \frac{0,0261 - 0,0051}{0,0261} \times 100\% = 80,46\%\end{aligned}$$

BPN-S (50%:50%)

$$\%W = \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100\% = 100\%$$

i. Hari ke-45

BPN-S (100%:0%)

$$\begin{aligned}\%W &= \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100\% \\ &= \frac{0,0456 - 0,0134}{0,0456} \times 100\% = 70,61\%\end{aligned}$$

BPN-S (75%:25%)

$$\%W = \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100\% = 100\%$$

j. Hari ke-50

BPN-S (100%:0%)

$$\begin{aligned}\%W &= \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100\% \\ &= \frac{0,0456 - 0,0054}{0,0456} \times 100\% = 88,16\%\end{aligned}$$

BPN-S (75%:25%)

$$\begin{aligned}\%W &= \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100\% \\ &= \frac{0,0261 - 0,0200}{0,0261} \times 100\% = 23,37\%\end{aligned}$$

k. Hari ke-55

BPN-S (100%:0%)

$$\%W = \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100\% = 100\%$$

2. Biodegradasi BPN-S-G

Waktu (Hari)	Pengurangan Massa Sampel		
	BPN-S- G0,5	BPN-S-G1	BPN-S- G1,5
0	0,0193	0,0372	0,0431
5	0,0179 (7,25%)	0,0309 (16,40%)	0,0375 (11,14%)
10	0,0160 (17,09%)	0,0207 (44,35%)	0,0242 (43,85%)
15	0,0107 (44,56%)	0,0125 (66,40%)	0,0157 (66,57%)
20	0,0084 (56,48%)	0,0095 (74,46%)	0,0143 (66,82%)
25	100%	0,0062 (83,33%)	0,0113 (73,78%)
30		100%	0,0060 (83,89%)
35			100%

Perhitungan Biodegradasi BPN-S

- a. Hari ke-5
BPN-S-G0,5

$$\%W = \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100\%$$

$$= \frac{0,0193 - 0,0179}{0,0193} \times 100\% = 7,25\%$$

BPN-S-G1

$$\%W = \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100\%$$

$$= \frac{0,0372 - 0,0311}{0,0372} \times 100\% = 16,40\%$$

BPN-S-G1,5

$$\begin{aligned}\%W &= \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100\% \\ &= \frac{0,0431 - 0,0383}{0,431} \times 100\% = 11,14\%\end{aligned}$$

b. Hari ke-10

BPN-S-G0,5

$$\begin{aligned}\%W &= \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100\% \\ &= \frac{0,0193 - 0,0160}{0,0193} \times 100\% = 17,09\%\end{aligned}$$

BPN-S-G1

$$\begin{aligned}\%W &= \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100\% \\ &= \frac{0,0372 - 0,0207}{0,0372} \times 100\% = 44,35\%\end{aligned}$$

BPN-S-G1,5

$$\begin{aligned}\%W &= \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100\% \\ &= \frac{0,0431 - 0,0242}{0,431} \times 100\% = 43,85\%\end{aligned}$$

c. Hari ke-15

BPN-S-G0,5

$$\begin{aligned}\%W &= \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100\% \\ &= \frac{0,0193 - 0,0107}{0,0193} \times 100\% = 44,56\%\end{aligned}$$

BPN-S-G1

$$\begin{aligned}\%W &= \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100\% \\ &= \frac{0,0372 - 0,0125}{0,0372} \times 100\% = 66,40\%\end{aligned}$$

BPN-S-G1,5

$$\begin{aligned}\%W &= \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100\% \\ &= \frac{0,0431 - 0,0157}{0,431} \times 100\% = 66,57\%\end{aligned}$$

d. Hari ke-20

BPN-S-G0,5

$$\begin{aligned}\%W &= \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100\% \\ &= \frac{0,0193 - 0,0084}{0,0193} \times 100\% = 56,48\%\end{aligned}$$

BPN-S-G1

$$\begin{aligned}\%W &= \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100\% \\ &= \frac{0,0372 - 0,0095}{0,0372} \times 100\% = 74,46\%\end{aligned}$$

BPN-S-G1,5

$$\begin{aligned}\%W &= \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100\% \\ &= \frac{0,0431 - 0,0}{0,431} \times 100\% = 66,82\%\end{aligned}$$

e. Hari ke-25

BPN-S-G0,5

$$\%W = \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100\% = 100\%$$

BPN-S-G1

$$\begin{aligned}\%W &= \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100\% \\ &= \frac{0,0372 - 0,0062}{0,0372} \times 100\% = 83,33\%\end{aligned}$$

BPN-S-G1,5

$$\begin{aligned}\%W &= \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100\% \\ &= \frac{0,0431 - 0,0113}{0,431} \times 100\% = 73,78\%\end{aligned}$$

f. Hari ke-30

BPN-S-G0,5

$$\%W = \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100\% = -$$

BPN-S-G1

$$\%W = \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100\% = 100\%$$

BPN-S-G1,5

$$\%W = \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100\%$$

$$= \frac{0,0431 - 0,0050}{0,431} \times 100\% = 88,39\%$$

g. Hari ke-35

BPN-S-G0,5

$$\%W = \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100\% = -$$

BPN-S-G1

$$\%W = \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100\% = -$$

BPN-S-G1,5

$$\%W = \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100\% = 100\%$$

Lampiran 4 : Dokumentasi

	
Biji nangka yang telah dikupas dan dibersihkan	Biji nangka yang telah dipotong kecil -kecil
	
Biji nangka diblender dengan akuades	Pengendapan pati biji nangka
	
Penyaringan pati biji Nangka yang telah diendapkan	Pengovenan pati biji nangka

	
Penghalusan pati biji nangka	Pengayakan pati biji nangka

	
Pati biji nangka sebelum uji amilum	Pati biji nangka setelah uji amilum

	
Serabut siwalan	Pengeringan serabut siwalan yang telah dipotong tipis

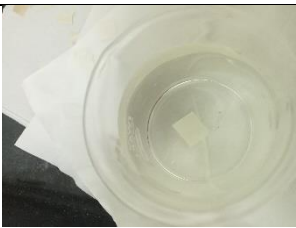
	
Serabut siwalan yang telah dikeringkan	Serabut siwalan yang telah diblender

	
Perendaman serabut siwalan dengan NaOH 10%	Penyaringan dan pembilasan dengan aquades

	
Proses bleaching pertama dengan H_2O_2	Proses bleaching kedua dengan H_2O_2

	
Pengovenan selulosa serabut siwalan	Selulosa serabut siwalan yang sudah dihaluskan dan diayak

	
Pembuatan bioplastik	Pencetakan dan pengovenan bioplastik

	
Uji daya serap air pada bioplastik	Uji biodegradasi pada bioplastik

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

A. Identitas Diri

Nama Lengkap : Hanik Sya'adah

Tempat, Tgl Lahir : Rembang, 19 Maret 2003

Jenis Kelamin : Perempuan

Agama : Islam

Peerjaan : Mahasiswa

Alamat : Desa Sekarsari RT.02/RW.01,
Kec. Sumber, Kab. Rembang,
Jawa Tengah

Telepon/HP : 085737001191

Email :

louremorie200801@gmail.com

hanikhansya19@gmail.com

B. Riwayat Pendidikan

1. TK Satria 01

2. SDN 02 Sekarsari

3. SMP N 1 Kaliori

4. SMA N 2 Rembang