

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI BIOPLASTIK BERBAHAN
PATI BIJI NANGKA (*Artocarpus heterophyllus*) – CaCO_3
– SORBITOL**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
Gelar Sarjana Sains (S.Si) dalam Ilmu Kimia**



WINDA SULISTİYANI

2108036057

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

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI BIOPLASTIK BERBAHAN PATI
BIJI NANGKA (*Artocarpus heterophyllus*) – CaCO_3 –
SORBITOL**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
Gelar Sarjana Sains (S.Si) dalam Ilmu Kimia**

**WINDA SULISTİYANI
2108036057**

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

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertandatangan dibawah ini:

Nama : Winda Sulistiyani

Nim : 2108036057

Jurusan : Kimia

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul:

SINTESIS DAN KARAKTERISASI BIOPLASTIK BERBAHAN PATI BIJI NANGKA (*Artocarpus heterophyllus*) – CaCO_3 – SORBITOL

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

Semarang, 20 Juni 2025
Pembuat pernyataan,



Winda Sulistiyani
NIM 2108036057



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl. Prof. Dr.Hamka, Ngaliyan, Semarang
Telp.024-7601295 Fax.7615387

PENGESAHAN

Naskah skripsi berikut ini:

Judul : Sintesis Dan Karakterisasi Bioplastik Berbahan Pati Biji
Nangka (*Artocarpus Heterophyllus*) – CaCO_3 – Sorbitol
Nama : Winda Sulistiyani
NIM : 2108036057
Jurusan : Kimia

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

Semarang, 27 Juni 2025

DEWAN PENGUJI

Ketua Sidang,

Dr. Mulyatun, M. Si.

NIP. 198305042011012008

Sekretaris Sidang,

Mutista Hafshah, M. Si.

NIP. 199401022019032015

Penguji I,

Dr. Malikhatul Hidayah, ST, M.Pd.

NIP. 198304152009122006

Penguji II,

Kholidah, M. Sc.

NIP. 198508112019032008

Pembimbing,

Dr. Mulyatun, M. Si.

NIP. 198305042011012008

NOTA DINAS

Semarang, 20 Juni 2025

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

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

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

Judul : Sintesis dan Karakterisasi Bioplastik
Berbahan Pati Biji Nangka (*Artocarpus Heterophyllus*) – CaCO_3 – Sorbitol

Nama : Winda Sulistiyani

NIM : 2108036057

Jurusan : Kimia

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

Wa'alaikumussalam warahmatullahi wabarakatuh

Dosen Pembimbing



Dr. Mulyatun, M. Si.
NIP. 198305042011012008

ABSTRAK

Sintesis dan Karakterisasi Bioplastik Berbahan Pati Biji Nangka (*Artocarpus Heterophyllus*)-CaCO₃- Sorbitol

Winda Sulistiyani
NIM. 2108036057

Sampah plastik yang sulit terurai merupakan masalah lingkungan global yang serius, menyebabkan pencemaran tanah, air, dan dampak negatif bagi kesehatan manusia. Bioplastik berbahan dasar pati muncul sebagai solusi karena kemampuannya untuk terdegradasi secara alami. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan bioplastik dengan penambahan *filler* CaCO₃ dan *plasticizer* sorbitol, serta untuk mengevaluasi karakteristik pati biji nangka dan kualitas bioplastik yang dihasilkan. Penelitian ini diawali dengan proses ekstraksi pati dari biji nangka, yang kemudian digunakan sebagai bahan dasar pembuatan bioplastik. Formulasi bioplastik dikembangkan dengan penambahan filler CaCO₃ dalam variasi konsentrasi 2%, 4%, 6%, dan 8% untuk menentukan komposisi optimum. Bioplastik pati biji nangka dengan penambahan CaCO₃ 4% menunjukkan komposisi yang paling optimal, selanjutnya variasi sorbitol 20%, 30%, dan 40% ditambahkan ke dalam bioplastik tersebut. Analisis menggunakan FTIR menunjukkan adanya gugus fungsi O-H, C-H, dan C-O yang merupakan karakteristik pati, serta gugus karbonat (CO₃²⁻) yang berasal dari CaCO₃. Hasil terbaik diperoleh pada penambahan sorbitol 30%, dengan nilai kuat tarik sebesar 9,91 MPa, elongasi 22%, daya serap air 21%, dan terdegradasi sempurna pada hari ke-10.

Kata kunci : *bioplastik, pati, biji nangka, CaCO₃, sorbitol*

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim, Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala limpahan nikmat, rahmat, dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **Sintesis dan Karakterisasi Bioplastik Berbasis Pati Biji Nangka (*Artocarpus heterophyllus*) - CaCO_3 - Sorbitol** di Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang. Shalawat serta salam tak lupa penulis haturkan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah menerangi kehidupan umat manusia dari masa kegelapan menuju zaman yang diberkahi oleh Allah SWT.

Penyusunan tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan dan meraih gelar Sarjana pada Program Studi Kimia. Proses penulisan skripsi ini dilakukan di Laboratorium Kimia UIN Walisongo Semarang serta melalui beberapa analisis tambahan yang dilakukan di berbagai perguruan tinggi lainnya. Penulis menyadari sepenuhnya bahwa karya ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan saran dan masukan yang konstruktif demi perbaikan di masa mendatang.

Terselesaikannya skripsi ini tentu tidak lepas dari peran dan bantuan banyak pihak yang telah memberikan dukungan, arahan, serta motivasi selama proses penulisan. Dengan penuh hormat dan rasa syukur, penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak, khususnya kepada:

1. Prof. Dr. Nizar, M.Ag., selaku Rektor Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.
2. Prof. Dr. H. Musahadi, M.Ag., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang.
3. Dr. Mulyatun, M. Si., Ketua Jurusan Kimia Universitas Islam Walisogo Semarang.
4. Zidni Azizati, M.Sc., selaku Dosen Pembimbing I, yang telah dengan sabar membimbing penulis selama proses penyusunan skripsi ini. Arahan dan masukan yang diberikan sangat berarti dalam membantu penulis memahami setiap tahapan penelitian, hingga akhirnya skripsi ini dapat terselesaikan.
5. Dr. Mulyatun, M. Si., selaku Dosen Pembimbing II, atas segala bantuan, saran, dan bimbingan yang diberikan sepanjang proses penulisan skripsi ini. Kehadiran Ibu sebagai pembimbing sangat

membantu penulis dalam melihat berbagai sudut pandang dan menyempurnakan isi skripsi ini menjadi lebih baik.

6. Almarhumah Dyah Fitasari, M.Si. selaku Dosen Wali, yang telah mendampingi dan membimbing penulis sejak awal perkuliahan. Nasihat, perhatian, dan arahan yang diberikan selama ini sangat membantu penulis dalam menjalani proses akademik dengan lebih terarah dan penuh semangat.
7. Seluruh dosen, staf, dan civitas akademika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang yang telah berperan dalam memberikan ilmu, wawasan, serta pemahaman yang sangat berharga.
8. Kepada Ayah tercinta, Bapak Tadi, atas segala doa, pengorbanan, dan dukungan yang tak pernah putus sejak awal perjalanan ini dimulai. Sosok yang selalu menjadi sumber semangat, kekuatan, dan keteladanan bagi penulis. Dalam setiap langkah, penulis merasakan betapa besar cinta dan pengorbanan yang diberikan meskipun sering kali tanpa kata, namun selalu terasa melalui kerja keras, keikhlasan, dan keteguhan hati Ayah dalam mengusahakan yang terbaik untuk keluarga. Tanpa

dukungan moril maupun materiil dari Ayah, perjalanan ini tentu tidak akan semudah ini untuk dilalui. Semoga skripsi ini menjadi salah satu wujud kecil dari rasa hormat dan terima kasih yang tak terucap setiap hari. Doa yang tak pernah putus dan kasih yang tak pernah menuntut balasan. Semoga Allah SWT senantiasa membalas segala kebaikan dan ketulusan hati dengan limpahan rahmat dan keberkahan.

9. Dengan penuh cinta dan rasa hormat, terima kasih yang tak terhingga kepada Ibu tercinta, Ibu Tri Mardiyanti atas segala doa, cinta, dan pengorbanan yang tidak pernah mengenal lelah. Setiap langkah dalam perjalanan ini tak lepas dari ridha yang engkau panjatkan. Sosok yang mengajarkan arti sabar tanpa mengeluh dan ikhlas tanpa pamrih. Dalam setiap keberhasilan yang penulis raih, ada peluh dan doa yang engkau titipkan kepada langit. Semoga Allah SWT senantiasa menjaga, melindungi, dan membalas segala kebaikanmu dengan surga tertinggi. Doa penulis, semoga kelak dapat membahagiakanmu di dunia dan menjadi anak yang mempersembahkan kebaikan di akhirat.

10. Kepada kakak tercinta, Riski Adi Prasetya yang telah menjadi sosok pendukung, penyemangat, sekaligus tempat berbagi dalam setiap tahap perjalanan ini. Di balik selesainya skripsi ini, ada perhatian, dukungan moril, dan bantuan nyata yang telah diberikan dengan penuh ketulusan. Semoga segala kebaikan dan kasih sayang yang telah diberikan dibalas oleh Allah SWT dengan kebahagiaan, kesehatan, dan keberkahan hidup yang berlimpah.
11. Kepada sahabat terbaik sejak masa putih abu-abu hingga detik ini, Fanny Damayanti yang telah setia berjalan bersama selama masa perkuliahan. Terima kasih atas kebersamaan yang tak ternilai, atas segala tawa, tangis, perjuangan, dan pelukan yang menguatkan di saat-saat sulit. Semoga persaudaraan ini selalu terjaga dalam kebaikan, tumbuh bersama dalam cinta karena Allah SWT dan suatu hari nanti bisa dikenang sebagai bagian dari kisah indah perjalanan hidup kita.
12. Kepada teman-teman terbaik selama masa perkuliahan dan proses penyusunan skripsi, yaitu Yuni, Diah Febri, Nova, dan May. Terima kasih atas semangat, tawa, keluhan, dan kebersamaan yang

selalu menguatkan di tengah masa-masa sulit. Kalian bukan hanya teman diskusi dan belajar, tetapi juga teman berbagi cerita dan semangat. Kehadiran kalian membuat perjalanan ini jauh lebih ringan dan bermakna. Semoga kebersamaan ini menjadi kenangan indah yang terus hidup di hati.

13. Kepada sahabat-sahabat dari masa SMA yang hingga kini masih setia memberi dukungan dan semangat, yaitu Lidy, Damba, dan Delta. Meski jarak dan waktu telah memisahkan kita dari ruang kelas yang sama, namun semangat dan perhatian kalian tidak pernah pudar. Terima kasih telah menjadi bagian dari perjalanan ini, memberi energi positif yang begitu berarti di tengah proses yang penuh tantangan.
14. Tak lupa, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada diri sendiri atas segala usaha, ketekunan yang telah dijalani selama proses panjang ini. Terima kasih telah setia pada tujuan, terus belajar, dan terus percaya bahwa proses ini layak diperjuangkan. Semoga pencapaian ini menjadi pengingat bahwa tidak ada usaha yang sia-sia ketika dikerjakan dengan sungguh-sungguh, dan bahwa

diri ini layak untuk bangga, bersyukur, dan terus tumbuh menjadi pribadi yang lebih baik ke depannya dengan tetap bersandar pada kasih dan pertolongan Allah SWT.

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada seluruh pihak yang telah memberikan bantuan, dukungan baik secara moral maupun spiritual. Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih memiliki banyak kekurangan. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun sangat penulis harapkan demi perbaikan di masa mendatang. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat, terutama bagi penulis pribadi dan juga bagi para pembaca secara umum. Aamiin.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN....	Error! Bookmark not defined.
NOTA DINAS.....	v
ABSTRAK.....	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL.....	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB I	1
PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	10
C. Tujuan	11
D. Manfaat.....	11
BAB II.....	13
TINJAUAN PUSTAKA.....	13
A. Landasan Teori.....	13
1. Biji nangka nangka (<i>Artocarpus heterophyllus</i>).....	13
2. Kalsium Karbonat.....	18

3. Sorbitol.....	19
4. Bioplastik.....	21
5. Karakterisasi.....	26
B. Kajian Riset Relevan	33
C. Hipotesis.....	38
BAB III.....	40
METODE PENELITIAN.....	40
A. Alat dan Bahan.....	40
1. Alat.....	40
2. Bahan	40
B. Cara Kerja.....	40
1. Ekstraksi Pati.....	40
2. Uji Kualitatif Pati Biji Nangka.....	41
3. Sintesis Bioplastik Pati Biji Nangka (BN)-CaCO ₃ 42	
4. Sintesis Bioplastik Pati Biji Nangka (BN)-CaCO ₃ - Sorbitol.....	43
5. Pengujian Bioplastik.....	44
BAB IV	47
HASIL DAN PEMBAHASAN	47
A. Sintesis dan Pengujian Karakteristik Pati Biji Nangka.....	47
B. Analisis Kualitatif Pati dari Biji Nangka	51
C. Sintesis Bioplastik Pati Biji Nangka (BN)-CaCO₃ 53	

1. Analisis Karakteristik Bioplastik.....	55
D. Sintesis Bioplastik Pati BN-CaCO₃-Sorbitol.....	71
1. Analisis Karakteristik Bioplastik.....	72
BAB V	91
KESIMPULAN	91
A. Kesimpulan.....	91
B. Saran.....	93
DAFTAR PUSTAKA.....	95
LAMPIRAN	104
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	126

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Biji Nangka	14
Gambar 2. 2	Struktur molekul amilosa dan amilopektin, dua polimer utama penyusun pati	17
Gambar 2. 3	Struktur Kalsium Karbonat	19
Gambar 2. 4	Struktur Sorbitol	20
Gambar 2. 5	Sistem Peralatan Spektroskopi FTIR.....	27
Gambar 2. 6	Sistem Alat UTM.....	29
Gambar 4. 1	Pati Biji Nangka	49
Gambar 4. 2	Hasil FTIR Pati Biji Nangka.....	50
Gambar 4. 3	Uji Kualitatif Pati	52
Gambar 4. 4	Hasil Sintesis Bioplastik (a) Pati BN-CaCO ₃ 2% (b) Pati BN-CaCO ₃ 4% (c) Pati BN-CaCO ₃ 6% (d) Pati BN-CaCO ₃ 8%	54
Gambar 4. 5	Hasil FT-IR Bioplastik Bioplastik Pati BN dengan CaCO ₃ 4% optimum	69
Gambar 4. 6	Hasil FT-IR Pati BN-CaCO ₃ -Sorbitol 20%, 30%, dan 40%	88

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Komposisi Kimia Biji Nangka Basah Tiap 100 g	15
Tabel 2. 2 Kriteria Bioplastik SNI 7188.7;2016	25
Tabel 4. 1 Hasil uji FTIR Tepung Pati Biji Nangka	50
Tabel 4. 2 Hasil Uji Kuat Tarik Bioplastik Pati BN-CaCO ₃	56
Tabel 4. 3 Hasil Uji Daya Serap Bioplastik Pati BN-CaCO ₃	60
Tabel 4. 4 Hasil Uji Biodegradasi Bioplastik Pati BN-CaCO ₃	64
Tabel 4. 5 Hasil Serapan Bioplastik Pati BN dengan CaCO ₃ 4% optimum	69
Tabel 4. 6 Hasil Uji kekuatan mekanik bioplastik pati BN-CaCO ₃ -Sorbitol	73
Tabel 4. 7 Uji Daya Serap Air Bioplastik Pati BN-CaCO ₃ -Sorbitol	80
Tabel 4. 8 Uji biodegradasi bioplastik Pati BN-CaCO ₃ -Sorbitol	83
Tabel 4. 9 Hasil Serapan Bioplastik Pati BN-CaCO ₃ -Sorbitol 20%, 30%, dan 40%	89

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Skema Prosedur Kerja	104
Lampiran 2 Hasil Uji Kekuatan Mekanik.....	108
Lampiran 3 Hasil Uji Daya Serap.....	109
Lampiran 4 Hasil uji biodegradasi	112
Lampiran 5 Data FTIR	121
Lampiran 6 Dokumentasi.....	123

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Plastik telah menjadi bagian tak terpisahkan dari kehidupan manusia karena keunggulannya yang praktis, ringan, tahan lama, dan harganya yang ekonomis. Plastik dimanfaatkan sebagai wadah, bahan pengemasan, serta pembungkus produk, dibalik kelebihanannya plastik juga berpotensi menimbulkan masalah serius bagi manusia. Ketahanannya yang tinggi membuat plastik sulit terurai (Rosmi et al., 2020).

Berdasarkan data dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) jumlah total sampah nasional di tahun 2023 mencapai 19,32 juta ton dimana persentase sampah plastik mencapai 18,81% dari jumlah total sampah. Pada tahun 2022 jumlah total sampah nasional mencapai 37,66 juta ton dengan persentase sampah plastik mencapai 18,12%, meskipun mengalami penurunan timbunan sampah pada tahun 2023 namun persentase sampah plastik tetap menduduki urutan kedua dari komposisi sampah berdasarkan jenisnya. Berkaitan dengan hasil audit

sampah yang dilakukan oleh *Ecological Observation and Wetlands Conservation* (ECOTON) pada periode 2022-2023, kantong plastik tanpa merek masih menjadi jenis sampah plastik yang paling dominan, mencapai 52%. Indonesia seringkali menjadi sorotan sebagai negara penghasil sampah plastik terbesar kedua di dunia dan mendapat kritikan terkait penanganan sampah yang dianggap buruk (Mauliddiyah, 2021).

Industri plastik diakui sebagai salah satu sektor yang sangat strategis karena menghasilkan bahan polimer yang memiliki beragam aplikasi termasuk di industri pengemasan atau lebih dikenal sebagai plastik (Beevi et al., 2020). Plastik menjadi produk yang mendominasi kehidupan sehari-hari dan digunakan secara luas di seluruh dunia untuk keperluan yang bervariasi, namun bahan utama yang digunakan untuk memproduksi plastik berasal dari sumber yang tidak dapat diperbarui. Minyak bumi menjadi bahan utama pembuatan plastik yang dapat menyebabkan masalah seperti akumulasi sampah, pencemaran, dan dampak negatif terhadap lingkungan (Nur et al., 2020).

Plastik memiliki sifat *non-biodegradable*, yaitu tidak mudah terurai oleh mikroorganisme. Karakteristik ini menjadikan plastik sebagai salah satu kontributor utama limbah yang berdampak buruk terhadap lingkungan. Dibutuhkan waktu selama 500-1.000 tahun untuk menguraikannya. Penggunaan plastik yang berlebihan menyebabkan pencemaran lingkungan yang nantinya pasti akan berbahaya bagi kesehatan manusia. Pemerintah dan beberapa organisasi yang ada di Indonesia telah mengambil beberapa tindakan untuk mengurangi penggunaan plastik. Beberapa langkah yang diambil adalah dengan mengenakan biaya tambahan untuk setiap penggunaan plastik, gerakan diet plastik atau *say no to plastic*, dan masih banyak lainnya, namun tindakan ini belum banyak membantu dalam mengurangi jumlah limbah plastik.

Manusia memiliki tugas penting untuk menjaga dan melestarikan alam serta berperan dalam membentuk masyarakat yang islami dan taat kepada Allah SWT. Dalam peran ini, manusia diberi amanah oleh Allah SWT sebagai khalifah di bumi, yang berarti mereka bertanggung jawab untuk memakmurkan dan

merawat alam semesta. Tugas ini sejalan dengan firman Allah dalam QS. Al-A'raf ayat 56 :

وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا وَادْعُوهُ خَوْفًا وَطَمَعًا إِنَّ رَحْمَتَ اللَّهِ قَرِيبٌ مِّنَ الْمُحْسِنِينَ

Artinya: *"Janganlah kamu berbuat kerusakan di bumi setelah diatur dengan baik. Berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut dan penuh harap. Sesungguhnya rahmat Allah sangat dekat dengan orang-orang yang berbuat baik."*

Ayat ini mengingatkan bahwa alam diciptakan dalam keadaan yang baik, dan manusia dilarang membuat kerusakan padanya. Manusia sebagai khalifah dipanggil untuk memelihara lingkungan, menjaga keseimbangan alam, dan mengembangkan kebaikan di dalamnya. Amanah ini tidak hanya sekadar kewajiban menjaga alam, tetapi juga menjadi bagian dari ibadah dan penghambaan kepada Allah SWT.

Dalam Tafsir Al-Misbah dijelaskan bahwa tindakan merusak termasuk bentuk pelanggaran terhadap batas-batas yang telah ditetapkan. Allah SWT menciptakan alam semesta dalam kondisi seimbang dan baik guna mencukupi kebutuhan

seluruh makhluk-Nya. Manusia diperintahkan untuk menjaga serta memperbaiki tatanan tersebut. Para nabi pun diutus oleh Allah SWT untuk memulihkan kehidupan yang telah mengalami kekacauan. Tindakan merusak lingkungan yang telah tertata dianggap lebih parah dibandingkan kerusakan yang terjadi sejak awal. Bahkan, merusak sesuatu yang masih berada dalam keadaan baik pun merupakan perbuatan yang dilarang (Shihab, 2011).

Kesadaran akan pentingnya menjaga lingkungan muncul dari rasa tanggung jawab yang didasari oleh nilai bahwa alam perlu dilestarikan. Nilai tanggung jawab ini memiliki pengaruh yang lebih besar terhadap tindakan seseorang dalam menjaga lingkungan dibandingkan hanya sebatas persetujuan atau dukungan secara lisan. Orang yang merasa bertanggung jawab menunjukkan keteguhan hati yang mendorong mereka untuk berperilaku positif dalam menjaga lingkungan (Shihab, 2011).

Bioplastik menjadi solusi dalam permasalahan lingkungan yang terjadi. Bioplastik adalah bahan kemasan yang dapat diuraikan oleh mikroba di tanah. Bioplastik merupakan jenis biopolimer alami yang

bersifat ramah lingkungan dan berpotensi menggantikan plastik konvensional. Berbagai biomaterial yang dapat diperbarui, seperti pati, lignin, kitosan, protein, dan selulosa, dapat dimanfaatkan dalam pembuatannya. Di antara bahan-bahan tersebut, pati menjadi salah satu yang paling banyak menarik perhatian peneliti karena keunggulannya, seperti ketersediaannya yang melimpah, harga yang relatif murah, serta kemampuannya untuk terurai secara alami tanpa meninggalkan zat berbahaya. Bioplastik dapat menjadi alternatif yang efektif untuk mengurangi dampak negatif sampah plastik konvensional. Hal ini memungkinkan karena bahan dasarnya berasal dari sumber alami yang ramah lingkungan dan mudah terurai di tanah, seperti pati, selulosa, dan lemak (Farida, 2024).

Pada penelitian ini, pati biji nangka digunakan untuk pembuatan bioplastik. Nangka (*Artocarpus heterophyllus*) adalah tanaman Moraceae yang tersebar luas di seluruh Asia, termasuk Indonesia. Indonesia menghasilkan banyak buah nangka, dengan produksi total 656.583 ton per tahun. Biji nangka mengandung karbohidrat sebesar 36,7 gram per 100

gram, di mana 94,5% dari karbohidrat tersebut adalah pati. Kandungan pati biji nangka ini jauh lebih tinggi dibandingkan kulit singkong, yang hanya memiliki kadar pati antara 15-20%, serta biji durian yang mengandung pati sekitar 18,46%. Dengan tingginya kandungan pati, biji nangka memiliki potensi yang besar sebagai bahan dasar untuk pembuatan bioplastik. Namun, bioplastik yang terbuat dari pati memiliki beberapa kelemahan, seperti kurang tahan terhadap air dan sifat mekanik yang rendah dibandingkan plastik konvensional. Untuk meningkatkan kinerja dan kualitas bioplastik yang berasal dari pati, penambahan aditif, *plasticizer*, dan bahan lainnya bisa dilakukan (Dermawan et al., 2020).

Penambahan bahan pengisi seperti kalsium karbonat (CaCO_3) diperlukan untuk meningkatkan sifat film bioplastik, terutama dalam hal kekuatan. Penambahan *filler* juga berperan dalam menekan biaya produksi, terutama apabila harga *filler* tersebut lebih rendah dibandingkan dengan harga polimer utama yang digunakan. Penambahan bahan pengisi dapat meningkatkan sifat mekanik pada bioplastik, memperkuat material, dan mengurangi kelarutan.

Penambahan kalsium karbonat (CaCO_3) dalam formulasi bioplastik terbukti dapat memperbaiki karakteristik mekanik dan termalnya, sehingga meningkatkan kualitas material tersebut. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Hasanah & Haryanto (2017), CaCO_3 mampu memperkuat struktur bioplastik dengan meningkatkan kekakuan dan kuat tarik untuk mengatasi kelemahan bioplastik. Selain itu, penelitian oleh Hardiansyah & Udjiana (2023) menunjukkan bahwa penambahan CaCO_3 dapat meningkatkan kekuatan plastik yang membuat plastik lebih kuat dan tidak mudah rusak. Kalsium karbonat dipilih karena harganya yang relatif lebih murah dibandingkan dengan bahan pengisi lainnya (Hasanah & Haryanto, 2017). Namun penggunaan Kalsium karbonat dalam pembuatan bioplastik juga dapat membuat material menjadi terlalu kaku dan rapuh.

Bioplastik berbahan dasar pati- CaCO_3 masih memiliki beberapa kekurangan yang perlu diatasi. Salah satunya adalah rendahnya nilai elastisitas, yang menyebabkan bioplastik menjadi kurang fleksibel. Oleh karena itu, diperlukan penambahan *plasticizer* untuk meningkatkan sifat fleksibilitasnya (Khasun,

2023). Dalam hal ini peran plasticizer dengan membantu mengurangi kekakuan dengan memberikan elastisitas tambahan, sehingga bioplastik lebih mudah dibentuk dan tidak mudah patah. Selain itu, *plasticizer* juga membantu mengurangi kerapuhan, menjadikan bioplastik lebih tahan lama dan fungsional dalam aplikasi sehari-hari. *Plasticizer* membantu bioplastik untuk menyerap lebih banyak kelembapan bahan lain seperti pelarut, sehingga bioplastik menjadi lebih mudah diproses dan lebih tahan dalam kondisi tertentu. Beberapa jenis *plasticizer* yang umum digunakan dalam pembuatan bioplastik adalah sorbitol dan gliserol (Syahputra et al., 2022). Dalam penelitian ini, sorbitol digunakan sebagai bahan *plasticizer* dalam proses pembuatan bioplastik. Menurut Isnaini (2019) sorbitol sebagai *plasticizer* diketahui menghasilkan nilai kuat tarik dan fleksibilitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan gliserol. Selain itu Azizaturrohman (2019) membandingkan kinerja *plasticizer* gliserol dan sorbitol dalam sintesis bioplastik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sorbitol memberikan nilai kuat tarik, elongasi, dan daya serap yang lebih unggul

dibandingkan gliserol. Selain itu, sifat sorbitol yang tidak mudah menguap membuat volumenya tetap stabil selama proses pencampuran yang melibatkan pemanasan. Sri et al. (2015) telah melakukan penelitian mengenai sintesis plastik *biodegradable* dengan penambahan *plasticizer* sorbitol. Hasil studi tersebut menunjukkan bahwa penggunaan sorbitol mampu meningkatkan nilai kuat tarik dan elongasi pada bioplastik yang dihasilkan .

Berdasarkan hal tersebut, diketahui bahwa penelitian mengenai sintesis bioplastik berbahan dasar pati sudah cukup banyak dilakukan. Namun, hingga saat ini belum ditemukan studi yang mengkombinasikan pati biji nangka dengan kalsium karbonat (CaCO_3) dan sorbitol dalam pembuatan bioplastik, termasuk pengujian sifat biodegradabilitasnya. Oleh karena itu, penelitian ini menawarkan inovasi dengan mengintegrasikan ketiga bahan tersebut dalam proses pembuatan bioplastik.

B. Rumusan Masalah

Dalam penelitian ini ada beberapa rumusan masalah yang akan diselesaikan antara lain:

1. Bagaimana karakteristik pati biji nangka?

2. Bagaimana karakteristik bioplastik berbahan pati biji nangka- CaCO_3 dan bioplastik pati biji nangka- CaCO_3 -Sorbitol yang dihasilkan?
3. Bagaimana aktivitas biodegradasi bioplastik berbahan pati biji nangka- CaCO_3 dan bioplastik pati biji nangka- CaCO_3 -Sorbitol yang dihasilkan?

C. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Untuk mengetahui karakteristik pati biji nangka dengan uji kualitatif iod dan instrumen FTIR.
2. Untuk mengetahui karakteristik bioplastik berbahan pati biji nangka- CaCO_3 dan bioplastik pati biji nangka- CaCO_3 -Sorbitol yang dihasilkan.
3. Untuk mengetahui aktivitas biodegradasi bioplastik berbahan pati biji nangka- CaCO_3 dan bioplastik pati biji nangka- CaCO_3 -Sorbitol yang dihasilkan.

D. Manfaat

Manfaat dari penelitian ini yaitu:

1. Plastik *biodegradable* dapat dikembangkan dari bahan terbarukan yang mudah diakses, memiliki ketahanan yang baik, bersifat kuat, serta ramah

lingkungan, salah satunya adalah pati yang berasal dari biji nangka (*Artocarpus heterophyllus*).

2. Penelitian ini berpotensi memberikan kontribusi dalam mengurangi pencemaran limbah plastik di lingkungan, sehingga mendukung terciptanya kondisi lingkungan yang lebih bersih dan sehat. Selain itu, diharapkan dapat menjadi alternatif untuk menekan penggunaan plastik konvensional yang bersifat toksik dan tidak dapat terdegradasi secara alami.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Landasan Teori

1. Biji nangka nangka (*Artocarpus heterophyllus*)

Buah nangka dengan nama latin *Artocarpus heterophyllus* adalah buah yang tumbuh di daerah tropis. Buah nangka banyak digunakan dalam pembuatan makanan di Indonesia karena mengandung banyak gizi, seperti karbohidrat, lemak, protein, kalsium, fosfor, zat besi, vitamin A, B, dan C (Tyas & Sari, 2012). Nangka adalah buah ganda dengan 8–15 persen dari berat buah adalah biji, menurut struktur tumbuh-tumbuhan.

Kedudukan taksonomi tanaman nangka menurut (Anggriana et al., 2017), adalah sebagai berikut :

Kingdom	: <i>Plantae</i>
Divisi	: <i>Spermatophyta</i>
Sub-divisi	: <i>Angiospermae</i>
Kelas	: <i>Dicotyledonae</i>
Ordo	: <i>Morales</i>
Famili	: <i>Moraceae</i>
Genus	: <i>Artocarpus</i>
Spesies	: <i>Artocarpus heterophyllus</i> Lamk.

Biji nangka memiliki bentuk oval dengan panjang sekitar 2–3 cm dan diameter berkisar antara 1–1,5 cm. Struktur biji ini terdiri dari tiga lapisan pelindung. Lapisan terluar berwarna kuning, bertekstur agak lunak, dan umumnya terlepas saat biji dipisahkan dari daging buah. Lapisan kedua bersifat liat dan berwarna putih setelah mengalami pengeringan. Sementara itu, lapisan terdalam berupa kulit ari yang berwarna coklat dan menempel erat pada bagian dalam biji. Secara kuantitatif, biji nangka menyumbang sekitar 5% dari total berat buah. Menurut (Mukprasirt & Sajjaanantakul, 2004) pati dan protein sangat kaya dalam kotiledon nangka. Bentuk fisik biji nangka dapat dilihat pada Gambar 2.1 dan Komposisi kimia biji nangka basah dapat dilihat pada Tabel 2.1.



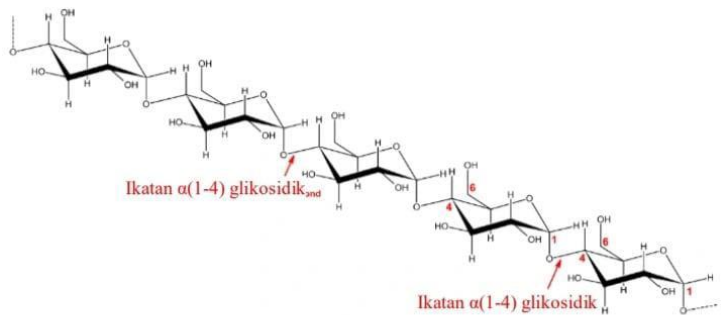
Gambar 2. 1 Biji Nangka

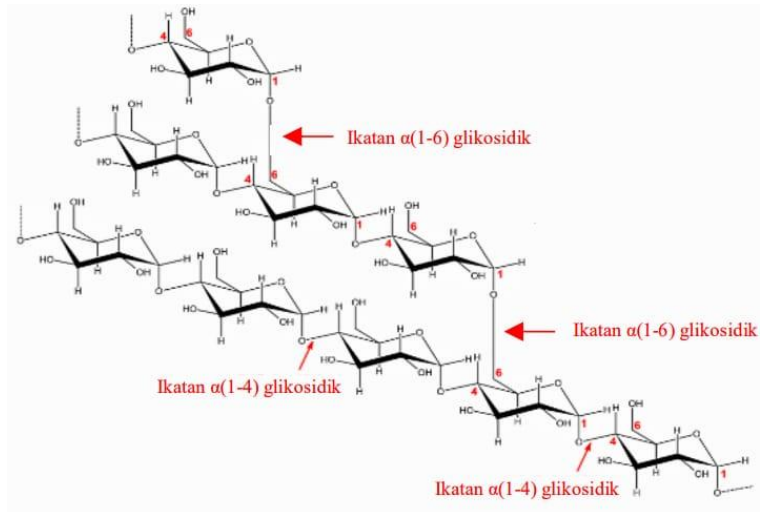
Tabel 2. 1 Komposisi Kimia Biji Nangka Basah
Tiap 100 g

Komposisi Kimia	Nilai Gizi
Kalori	165,000 Kal
Air	58,000 g
Protein	4,2 g
Lemak	0,1 g
Hidrat arang	36,7 g
Kalsium	0,33 g
Fosfor	200,0 mg
Besi	0,01 g
Vitamin A	0 SI
Vitamin B1	0,20 mg
Vitamin C	0,10 mg

Tumbuhan menghasilkan pati sebagai bahan utama untuk menyimpan glukosa yang berlebihan sebagai hasil fotosintesis. Pati terdiri dari dua jenis polisakarida, yaitu amilosa dan amilopektin, yang dapat dipisahkan berdasarkan perbedaan kelarutannya. Amilosa, yang menyusun 20-50% dari pati alami, terbentuk dari unit-unit glukosa yang terhubung melalui ikatan α -1,4, dengan massa molekul yang bervariasi tergantung pada sumbernya. Sementara itu, amilopektin adalah polimer yang sangat bercabang, dengan rantai bercabang yang memiliki ikatan glukosa α -1,6, di samping ikatan α -1,4 (Sari et al., 2022).

Pati memiliki sifat tidak mereduksi dan memberikan warna biru-hitam ketika bereaksi dengan iod. Secara luas, pati digunakan dalam industri kertas dan sebagai perekat untuk kertas. Dalam industri makanan, pati dimanfaatkan baik sebagai komponen bahan makanan maupun melalui proses hidrolisis untuk diubah menjadi glukosa. Selain itu, pati juga digunakan dalam industri tekstil dan dapat diproses lebih lanjut untuk menghasilkan alkohol. Struktur pati bisa dilihat pada gambar 2.2.





Gambar 2. 2 Struktur molekul amilosa dan amilopektin, dua polimer utama penyusun pati (Rozali, 2024)

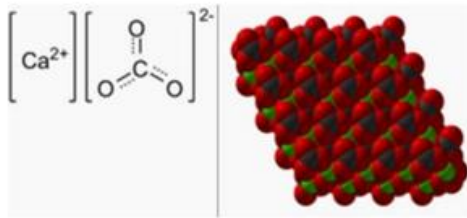
Dalam industri pangan, pati biji nangka digunakan sebagai bahan pengisi, pengental, dan pembentuk gel serta penyalut selama proses enkapsulasi (Aliyatunnaim et al., 2022). Biji nangka sangat berpotensi sebagai sumber pati karena kandungan patinya yang tinggi, sekitar 40% hingga 50%. Pengolahan biji nangka menjadi pati adalah cara untuk mengurangi limbah. Selanjutnya pati biji nangka dapat diolah menjadi produk olahan yang sangat menguntungkan (Nuryati et al., 2019).

2. Kalsium Karbonat

Kalsium karbonat (CaCO_3) adalah mineral yang melimpah dengan jumlah mencapai sekitar 5% dari total komposisi kerak bumi. Senyawa ini banyak ditemukan di batuan di seluruh dunia, terutama dalam bentuk batu kapur yang melimpah. Berat jenis batu kapur murni dengan struktur kristal kalsit berkisar antara 2,6-2,8 gram per sentimeter kubik. Selain itu, kalsium karbonat juga menjadi komponen utama cangkang organisme laut, arang bola, siput, mutiara, dan kulit telur (Ahn et al., 2002).

Kalsium karbonat (CaCO_3) merupakan salah satu mineral anorganik paling sederhana yang tidak mengandung unsur silikon, dan berperan sebagai sumber utama dalam produksi senyawa kalsium secara komersial. Untuk keperluan industri, endapan halus kalsium karbonat dapat diperoleh melalui sintesis kimia, sementara secara fisik umumnya hanya menghasilkan batuan kapur (gamping). Secara umum, proses sintesis kimia kalsium karbonat dilakukan dengan menginjeksikan gas karbon dioksida (CO_2) ke

dalam larutan kalsium hidroksida ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), dengan mempertimbangkan parameter-parameter penting seperti suhu, waktu reaksi, konsentrasi larutan, serta laju pengadukan (Risnoyatiningsih, 2011). Kalsium karbonat (CaCO_3) dapat ditemukan dalam tiga bentuk kristal utama, yaitu kalsit dengan struktur rombohedral, aragonit dengan sistem kristal ortorombik, dan vaterit yang memiliki struktur heksagonal (Lailiyah et al., 2012). Struktur kalsium karbonat dapat dilihat pada gambar 2.3.

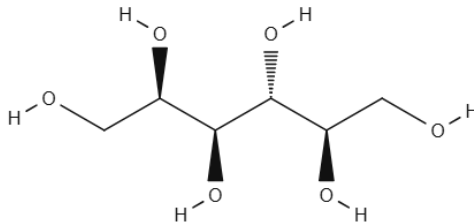


Gambar 2. 3 Struktur Kalsium Karbonat
(Sujiono, 2013)

3. Sorbitol

Sorbitol merupakan salah satu jenis gula alkohol yang termasuk dalam golongan karbohidrat dan umum digunakan sebagai pemanis buatan yang dapat dikonsumsi. Senyawa ini juga dikenal dengan nama lain seperti hexitol atau glusitol. Selain

berfungsi sebagai pemanis dalam produk makanan, sorbitol juga berperan sebagai plasticizer, yaitu senyawa organik yang ditambahkan ke dalam polimer untuk meningkatkan kelenturan dan daya renggangnya. Sorbitol dapat disintesis melalui proses reduksi glukosa, di mana gugus aldehida pada glukosa direduksi menjadi gugus hidroksil. (Putra et al, 2017). Rumus kimia sorbitol adalah $C_6H_{14}O_6$. Struktur sorbitol bisa dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2. 4 Struktur Sorbitol

Sifat hidrofilik sorbitol dan konsentrasinya dapat mempengaruhi karakteristik film bioplastik, sehingga sorbitol dan gliserol menjadi *plasticizer* yang paling umum digunakan. Sifat film yang terpengaruh termasuk kekuatan tarik, di mana peningkatan konsentrasi *plasticizer* dapat

mengurangi tekanan dan meningkatkan tegangan pada lapisan film (Tongdeesoontorn et al., 2011). Plasticizer berfungsi untuk mengurangi kekakuan pada struktur polimer, sehingga material yang dihasilkan menjadi lebih elastis dan fleksibel. Penambahan *plasticizer* juga bertujuan untuk mengatasi sifat rapuh dan kecenderungan material mudah patah (Putra et al., 2017). Seperti halnya gliserol, sorbitol merupakan *plasticizer* yang cocok digunakan dalam pembuatan film berbasis pati karena kemampuannya dalam meningkatkan fleksibilitas. Sorbitol menunjukkan nilai kuat tarik yang lebih tinggi dibandingkan dengan plasticizer lain seperti gliserol. Selain itu, hasil uji elongasi memperlihatkan bahwa bioplastik yang diformulasikan dengan sorbitol memiliki performa mekanik yang lebih baik dibandingkan dengan yang menggunakan gliserol.

4. Bioplastik

Bioplastik merupakan jenis biopolimer yang mampu terdegradasi secara alami melalui aktivitas mikroorganisme seperti bakteri, jamur, alga, atau melalui proses hidrolisis dalam media berair.

Berbeda dari plastik konvensional, bioplastik diproduksi dari sumber daya terbarukan seperti pati, minyak nabati, maupun mikroorganisme, namun tetap dapat digunakan untuk aplikasi yang serupa. Bioplastik memiliki kemampuan terurai dalam waktu relatif singkat serta dapat didaur ulang, sehingga menjadikannya sebagai alternatif material yang lebih ramah lingkungan (Albar et al., 2021).

Bioplastik berbasis pati merupakan alternatif material ramah lingkungan yang terus dikembangkan untuk menggantikan plastik konvensional berbahan dasar minyak bumi. Pati yang diperoleh dari sumber daya terbarukan seperti jagung, singkong, kentang, dan kulit pisang, berfungsi sebagai biopolimer utama karena sifatnya yang biodegradable serta ketersediaannya yang melimpah. Salah satu keunggulan bioplastik berbasis pati adalah kemampuan degradasinya oleh mikroorganisme di alam yang menjadikannya lebih berkelanjutan dan berpotensi mengurangi pencemaran lingkungan. Meskipun demikian, bioplastik jenis ini memiliki keterbatasan, terutama

dalam hal kekuatan mekanik yang rendah serta sifat hidrofilik yang tinggi, yang membuatnya mudah menyerap air dan tidak tahan terhadap kelembapan maupun panas (Dhani, 2020).

Untuk mengatasi kelemahan bioplastik berbasis pati, seperti rendahnya kekuatan mekanik dan tingginya sifat hidrofilik, penambahan *filler* dan *plasticizer* menjadi strategi penting dalam modifikasi formulasi. *Filler* berperan dalam memperkuat struktur bioplastik dengan meningkatkan kekuatan tarik, kekakuan, serta mengurangi daya serap air, sehingga ketahanannya terhadap kelembapan dapat ditingkatkan. Beberapa jenis *filler* yang umum digunakan antara lain selulosa, kaolin, dan kalsium silikat. Namun, penambahan filler yang berlebihan justru dapat membuat bioplastik menjadi terlalu kaku, kurang fleksibel, dan rentan mengalami ketidakhomogenan apabila proses pencampurannya tidak merata (Huwaidi & Supriyo, 2022).

Selain penggunaan *filler*, penambahan *plasticizer* seperti sorbitol atau gliserol juga

berperan penting dalam meningkatkan kualitas bioplastik berbasis pati. *Plasticizer* berfungsi untuk memperbaiki elastisitas, fleksibilitas, dan kemampuan elongasi bioplastik, sehingga material menjadi lebih lentur, tidak mudah retak, serta lebih mudah dibentuk dalam proses pencetakan maupun pembuatan film. Penambahan *plasticizer* juga membantu mengurangi kekakuan dan kerapuhan yang umum terjadi pada bioplastik tanpa modifikasi. Kombinasi antara pati, *filler*, dan *plasticizer* telah terbukti mampu meningkatkan sifat mekanik dan fisik bioplastik, seperti kekuatan tarik, daya lentur, serta ketahanan terhadap kelembapan, sekaligus tetap mempertahankan sifat biodegradablenya (Huwaidi & Supriyo, 2022).

Menurut Albar et al., (2021) bioplastik yang memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI) adalah bioplastik yang memiliki sifat-sifat fisis dan mekanis yang menyerupai karakteristik plastik konvensional. Informasi detail mengenai standar tersebut disajikan pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Kriteria Bioplastik SNI 7188.7;2016

No.	Kriteria	Nilai
1.	Kuat tarik (Mpa)	24.4-30.2 Mpa
2.	Elongasi (%)	21-220%
3.	Daya serap air (%)	21,5%
4.	Biodegradasi (hari)	60% (7hari/seminggu)

Plastik *biodegradable* merupakan jenis plastik ramah lingkungan yang dapat terurai secara alami oleh aktivitas mikroorganisme di dalam tanah tanpa menimbulkan dampak merugikan terhadap lingkungan. Penggunaan plastik jenis ini terbukti mampu meningkatkan kualitas tanah, karena proses dekomposisi oleh mikroorganisme menghasilkan senyawa seperti H_2O dan CO_2 , yang pada akhirnya memperkaya kandungan unsur hara dalam tanah (Khodijah & Tobing, 2023). Plastik *biodegradable* umumnya disusun dari bahan baku terbarukan yang mudah diperoleh dan relatif ekonomis. Bahan-bahan tersebut mampu menghasilkan produk dengan sifat yang sebanding, atau bahkan lebih unggul dibandingkan plastik sintetis. Tujuan utama dari pengembangan ini adalah untuk menggali potensi berbagai sumber

biopolimer sebagai upaya mitigasi terhadap permasalahan lingkungan yang ditimbulkan oleh peningkatan limbah plastik sintetis (Radtra & Udjiana, 2023).

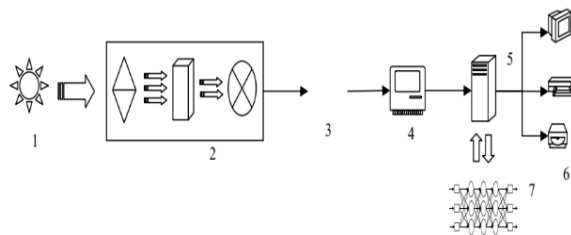
5. Karakterisasi

Karakterisasi dilakukan untuk memperoleh data spesifik terkait sifat-sifat material yang akan digunakan dalam analisis struktur plastik biodegradable. Untuk mengidentifikasi karakteristik bioplastik yang dihasilkan, dilakukan analisis menggunakan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR), yang berfungsi untuk mengidentifikasi gugus fungsi yang terdapat dalam struktur plastik biodegradabel. Selain itu, pengujian sifat mekanik seperti kuat tarik dan elongasi, serta uji biodegradasi dan daya serap air, turut dilakukan guna mengevaluasi kualitas dari bioplastik yang disintesis.

a) FTIR (*Fourier Transform-Infra red*)

FTIR (*Fourier Transform Infrared*) adalah alat yang digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi pada produk yang dihasilkan, sehingga dapat diketahui komponen-komponen

yang terkandung di dalamnya. Prinsip kerja FTIR melibatkan penyinaran sampel dengan sinar inframerah pada panjang gelombang tertentu. Sinar tersebut akan menyebabkan vibrasi pada gugus fungsi sesuai panjang gelombang tertentu (Ramadhani, 2023). Sistem peralatan spektroskopi FTIR dapat dilihat pada gambar 2.5.



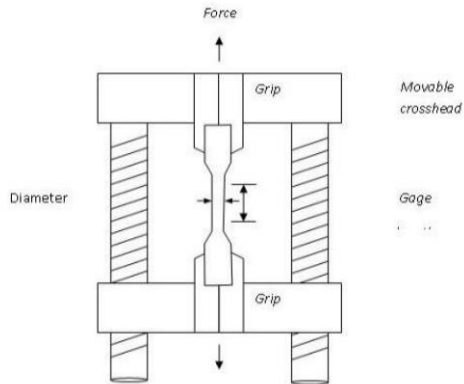
Gambar 2. 5 Sistem Peralatan Spektroskopi FTIR
(Ramadhani, 2023)

Pada analisis FTIR, perubahan polarisabilitas terjadi sebagai akibat dari vibrasi yang terjadi pada ikatan kimia. Jenis vibrasi yang mampu menyerap radiasi inframerah diklasifikasikan menjadi dua, yaitu vibrasi linier (longitudinal) dan vibrasi bengkok (sudut). Variasi dalam struktur geometris maupun bentuk kristal dari suatu senyawa dapat memengaruhi intensitas serapan inframerah

yang terdeteksi dalam spektrum (Ramadhani, 2023). Pada uji gugus fungsi, sampel bahan dilarutkan dalam KBr dan kemudian dianalisis menggunakan alat FTIR. Hasil pengujian biopolimer dengan instrumen ini akan menghasilkan grafik spektrum yang menggambarkan nilai bilangan gelombang serta persentase transmitansi (Permata, 2023).

b) Uji Mekanik (*Tensile Strength*)

Kekuatan tarik merupakan ukuran seberapa besar tegangan yang mampu ditahan oleh suatu material ketika dikenai gaya tarik atau regangan hingga titik patahnya tercapai.. Hal ini menggambarkan kemampuan bahan untuk menahan beban tanpa mengalami kerusakan. Kerusakan terjadi akibat tekanan berlebihan atau perubahan bentuk struktur bahan (Permata, 2023). Gambar 2.6 menunjukkan sistem alat UTM (*Universal Testing Machine*).



Gambar 2. 6 Sistem Alat UTM
(Setiawan, 2019)

Universal Testing Machine (UTM) merupakan perangkat uji mekanik yang digunakan untuk mengukur respons material terhadap gaya yang diberikan. Pengujian menggunakan UTM diawali dengan menempatkan sampel pada bagian bawah pelat atas (*top plate*), kemudian dikencangkan menggunakan *handwheel*. Selanjutnya, alat akan menarik sampel hingga terjadi kegagalan (putus), dan data hasil uji akan menunjukkan nilai maksimum kekuatan material berdasarkan parameter yang terukur (Setiawan, 2019).

Dalam penelitian ini, UTM dimanfaatkan untuk mengukur sifat mekanik bioplastik, khususnya elongasi dan kuat tarik. Pengujian elongasi dilakukan dengan memberikan gaya beban secara bertahap pada sampel film bioplastik hingga mengalami peregangan maksimum. Nilai elongasi menggambarkan tingkat fleksibilitas material dan dihitung berdasarkan rasio antara pertambahan panjang terhadap panjang awal sampel (Anshar, 2020).

Nilai kuat tarik yang diperoleh dari pengukuran ditentukan dengan menggunakan Persamaan 2.1.

$$\sigma = \frac{F_{maks}}{A_0} \quad (2.1)$$

Kuat tarik dilambangkan dengan σ (N.m^{-2}), tegangan maksimum dilambangkan dengan F_{maks} (N), dan luas penampang mula - mula dilambangkan dengan A_0 (m^2) (Nur et al., 2020). Sementara itu, nilai elongasi yang diperoleh dari pengukuran dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.2.

$$\% \text{ Elongasi} = \frac{l-l_0}{l_0} \times 100\% \quad (2.2)$$

Dalam pengujian, panjang akhir bioplastik setelah mengalami tarikan dilambangkan dengan L (cm), sedangkan panjang awal sebelum dilakukan pengujian dinyatakan sebagai L_0 (cm).

c) Uji Daya Serap Air

Sifat ketahanan biopolimer terhadap air dapat diuji melalui uji pembengkakan, yaitu pengukuran perubahan ukuran bioplastik setelah menyerap air. Gel yang mengembang terbentuk akibat proses difusi molekul pelarut ke dalam polimer. Bioplastik dengan persentase daya serap air yang rendah menunjukkan ketahanan yang baik terhadap air, yang berarti sifat bioplastik yang dihasilkan semakin baik (Permata, 2023). Pengujian daya serap air dilakukan dengan merendam sampel dalam air pada suhu ruang selama jangka waktu tertentu. Parameter yang diamati mencakup massa sampel sebelum dan sesudah perendaman (Ramadhani, 2023). Persentase daya serap air

kemudian dihitung menggunakan Persamaan 2.3.

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

Nilai A merepresentasikan persentase air yang diserap oleh bioplastik. Sementara itu, W menunjukkan massa bioplastik setelah proses perendaman (g), dan W_0 merupakan massa awal bioplastik sebelum direndam (g).

d) Uji Biodegradabilitas

Pengujian biodegradasi bertujuan untuk mengevaluasi kemampuan produk dalam terurai secara alami. Terdapat dua metode yang umum digunakan, yaitu metode soil burial dan metode peletakan langsung di atas permukaan tanah. Pada metode soil burial, sampel film dikubur dalam tanah pada kedalaman serta durasi waktu tertentu. Sementara itu, metode peletakan di atas tanah dilakukan dengan memperhatikan kondisi lingkungan yang terkendali, seperti menghindari paparan langsung terhadap sinar matahari, air, dan angin (Ramadhani, 2023). Untuk mengetahui laju degradasi bioplastik, diperlukan pengujian

biodegradasi, di mana nilai degradasi ditentukan menggunakan Persamaan 2.4.

$$\%Terdegradasi = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\% \quad (2.4)$$

Nilai W_1 mengacu pada massa kering awal sampel sebelum diletakkan dalam media uji (g), sedangkan W_2 merupakan massa kering akhir setelah proses pengujian selesai (g) (Nur, 2014).

B. Kajian Riset Relevan

Ermawati & Haryanto, (2020) menyatakan bahwa bioplastik dapat dibuat dengan memanfaatkan biji nangka. Biji nangka memiliki kandungan pati yang cukup tinggi, yakni sekitar 70,22%, terdiri atas 16,39% amilosa dan 53,85% amilopektin, sehingga berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam pembuatan bioplastik. Dalam penggunaannya, diperlukan penambahan bahan aditif seperti kitosan sebagai *filler* dan gliserol sebagai *plasticizer*. Penambahan kitosan diketahui mampu meningkatkan kekuatan mekanik bioplastik dan mengurangi risiko sobekan. Sementara itu, penambahan *plasticizer* bertujuan untuk

meningkatkan elastisitas, mengurangi kekakuan, serta meningkatkan fleksibilitas material bioplastik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pati biji nangka memiliki potensi yang besar sebagai bahan dasar plastik *biodegradable*. Nilai kuat tarik tertinggi diperoleh pada formulasi dengan penambahan 1 gram kitosan dan 15% gliserol (berdasarkan berat pati). Persentase elongasi terbaik, yaitu sebesar 3,121%, dicapai pada kombinasi 1 gram kitosan dan 55% gliserol. Adapun waktu degradasi tercepat terjadi dalam kurun waktu 4 hari pada formulasi dengan 1 gram kitosan dan 55% gliserol, serta 1,5 gram kitosan dengan konsentrasi gliserol yang sama.

Penelitian yang dilakukan Indriani et al., (2023) bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh penambahan *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC) terhadap karakteristik bioplastik berbasis pati biji nangka. Hasil menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi CMC berkontribusi terhadap peningkatan laju biodegradasi dan kekuatan tarik bioplastik. Biodegradasi meningkat dari sekitar 32,66% menjadi 74,69%, sedangkan kuat tarik

mengalami peningkatan dari 0,76 menjadi 2,45 N/mm². Di sisi lain, penambahan CMC menyebabkan penurunan pada ketahanan terhadap air dan panas, masing-masing dari 93,91% menjadi 15,26%, dan dari 93°C menjadi 58,33°C. Spektrum FTIR mengonfirmasi keberadaan gugus-gugus fungsi utama seperti gugus hidroksil (O-H) pada bilangan gelombang 3286 cm⁻¹, gugus metil/methilena (C-H) pada 2924 cm⁻¹, gugus C-O pada 999 cm⁻¹, serta vibrasi aromatik dan ikatan rangkap C=C dalam rentang 700–1600 cm⁻¹.

Soraya, (2020) mengkaji potensi pemanfaatan limbah biji durian sebagai bahan baku dalam produksi plastik *biodegradable*. Studi ini juga meneliti pengaruh penambahan kalsium karbonat (CaCO₃) sebagai material pengisi (*filler*) pada beberapa tingkat konsentrasi, yaitu 0%, 1,2%, 2,4%, dan 3,6%, terhadap sifat fisik dan mekanik bioplastik yang dihasilkan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan CaCO₃ sebesar 1,2% mampu meningkatkan kuat tarik bioplastik secara signifikan, dengan nilai maksimum

mencapai sekitar 7,1 MPa. Peningkatan ini mencerminkan peningkatan kekuatan struktural dan kekakuan material. Selain itu, keberadaan CaCO_3 juga berpengaruh terhadap karakteristik termal dan daya tahan terhadap air dari bioplastik yang dihasilkan. Secara keseluruhan, penelitian ini membuktikan bahwa limbah biji durian dapat dimanfaatkan secara efisien sebagai sumber pati dalam pembuatan bioplastik ramah lingkungan, dan bahwa penggunaan CaCO_3 dalam konsentrasi optimal mampu meningkatkan sifat mekanik bioplastik secara signifikan, sehingga berpotensi sebagai alternatif terhadap plastik konvensional.

Haryati et al., (2017) menyatakan bahwa limbah biji durian, yang jumlahnya melimpah namun belum dimanfaatkan secara optimal, memiliki kandungan karbohidrat cukup tinggi, terutama pati sekitar 43,6%. Penambahan gliserol sebagai *plasticizer* menghasilkan bioplastik yang lebih fleksibel dan memiliki tekstur lebih halus. Penambahan kalsium karbonat digunakan untuk memperbaiki kekurangan sifat mekanik film bioplastik. Namun demikian, pengujian terhadap

ketahanan air belum dilakukan, dan hasil kuat tarik bioplastik yang dihasilkan belum memenuhi standar kategori *moderate properties*. Meskipun begitu, persen elongasi telah mencapai standar moderate, yaitu berkisar antara 10–20%. Bioplastik yang dihasilkan dari penelitian ini mampu terdegradasi di dalam tanah dalam kurun waktu 14 hari.

Azizaturrohmah, (2019) menunjukkan bahwa penggunaan sorbitol sebagai *plasticizer* mampu meningkatkan elongasi, kuat tarik, dan daya serap air dari bioplastik dibandingkan dengan penggunaan gliserol. Selain itu, kemampuan degradasi bioplastik juga meningkat. Akan tetapi, daya serap air yang tinggi dapat menjadi kelemahan karena mempercepat pertumbuhan mikroorganisme, sehingga kurang sesuai untuk aplikasi sebagai bahan kemasan. Dalam penelitiannya, Azizaturrohmah memanfaatkan selulosa asetat dari ampas tebu dengan penambahan kitosan dan sorbitol untuk mensintesis plastik biodegradable yang memiliki

kekuatan mekanik tinggi sekaligus kemampuan degradasi yang optimal.

Studi mengenai pemanfaatan pati biji nangka sebagai bahan utama masih jarang dikembangkan, meskipun biji nangka memiliki kandungan pati yang tinggi dan berpotensi menjadi bahan baku yang ramah lingkungan. Kalsium karbonat (CaCO_3) diketahui mampu meningkatkan kekuatan mekanik bioplastik, sedangkan sorbitol berperan dalam meningkatkan kelenturan material. Namun demikian, kajian yang meneliti efek kombinasi CaCO_3 dan sorbitol pada bioplastik berbasis pati biji nangka belum dilakukan, sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengisi kekosongan ini mengenai pengaruh kedua bahan tambahan tersebut terhadap sifat mekanik, fisik, dan biodegradasi bioplastik,

C. Hipotesis

Pati memiliki gugus hidroksil ($-\text{OH}$) yang dapat berinteraksi melalui ikatan hidrogen atau elektrostatik. Gugus ini berperan penting dalam kemampuan pati untuk menyerap air dan berinteraksi dengan CaCO_3 melalui gugus karbonat

(CO_3^{2-}) pada CaCO_3 sehingga meningkatkan kekuatan tarik dan kekakuan. Gugus hidroksil (-OH) pada sorbitol berinteraksi dengan gugus pada pati melalui ikatan hidrogen, meningkatkan fleksibilitas dan elastisitas bioplastik. Penambahan CaCO_3 dan sorbitol pada bioplastik berbahan dasar pati diharapkan mampu meningkatkan sifat mekanik bioplastik.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Alat dan Bahan

1. Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi batang pengaduk, spatula, termometer, pipet tetes, kaca arloji, gelas beaker *Pyrex* 50 mL, gelas ukur, tabung reaksi, blender, neraca analitik, wadah plastik, pisau, ayakan berukuran 100 mesh, kain saring, cetakan bioplastik berukuran $17,5 \times 10$ cm, *magnetic stirrer (Dlab MS7-H550-S)*, oven (*Memmert*), *Universal Testing Machine (UTM)* (*Brookfield CT 3 4500*), spektrofotometer FTIR (*PerkinElmer Spectrum IR Versi 10.6.1. 10.6.1*).

2. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini di antara lain adalah biji buah nangka (*Artocarpus heterophyllus*), akuades, CaCO_3 (Merck, p.a), iodine (Merck, p.a), dan sorbitol.

B. Cara Kerja

1. Ekstraksi Pati

Sebanyak 500 gram biji buah nangka dipotong kecil, direndam dalam air, lalu

dibersihkan untuk menghilangkan kotoran. Biji yang telah bersih kemudian dihancurkan menggunakan blender hingga membentuk *slurry*. *Slurry* yang dihasilkan disaring menggunakan kain saring dan dicuci dengan akuades sebanyak tiga kali untuk menghilangkan senyawa pengotor. Suspensi yang diperoleh kemudian didiamkan selama 12 jam agar terjadi proses pengendapan. Endapan yang terbentuk dikeringkan dalam oven pada suhu 50°C selama 6 jam. Setelah kering, pati diayak menggunakan saringan berukuran 100 mesh untuk memperoleh ukuran partikel yang seragam. Pati kering yang diperoleh kemudian dianalisis menggunakan spektrofotometer FTIR untuk mengidentifikasi gugus fungsi yang terkandung di dalamnya. Pati tersebut selanjutnya digunakan sebagai bahan baku utama dalam sintesis bioplastik.

2. Uji Kualitatif Pati Biji Nangka

Uji kualitatif terhadap kandungan pati pada ekstrak biji nangka dilakukan menggunakan uji iod. Sebanyak 0,5 gram pati biji nangka dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang telah

dipasang pada rak. Selanjutnya, ditambahkan 5 mL akuades lalu diteteskan tiga tetes larutan iod ke dalam sampel tersebut. Perubahan warna yang terjadi diamati untuk mengidentifikasi adanya reaksi positif. Indikasi positif terhadap keberadaan pati ditandai dengan munculnya warna biru pada larutan.

3. Sintesis Bioplastik Pati Biji Nangka (BN)-CaCO₃

Pembuatan bioplastik dimulai dengan melarutkan 2 gram pati biji nangka ke dalam 50 mL akuades di dalam gelas beaker. Larutan ini kemudian diaduk dan dipanaskan menggunakan *magnetic stirrer* sambil ditambahkan kalsium karbonat (CaCO₃) dengan variasi konsentrasi sebesar 2%, 4%, 6%, dan 8% dari berat pati (b/b) yang setara dengan 0,04 gram, 0,08 gram, 0,12 gram, dan 0,16 gram CaCO₃. Proses pemanasan dilakukan pada suhu 80–90°C. Campuran yang terbentuk selanjutnya diaduk secara kontinu selama 40 menit. Sebelum dicetak, larutan didiamkan terlebih dahulu selama 5 menit untuk mencapai kestabilan. Setelah itu, campuran dituang ke dalam cetakan dan dikeringkan

menggunakan oven pada suhu 40–50°C selama 5–6 jam. Lembaran bioplastik yang dihasilkan selanjutnya dikarakterisasi meliputi analisis gugus fungsi menggunakan FTIR, pengujian sifat mekanik, daya serap air, serta uji biodegradasi.

4. Sintesis Bioplastik Pati Biji Nangka (BN)-CaCO₃-Sorbitol

Pembuatan bioplastik pati biji nangka-CaCO₃-sorbitol dilakukan dengan melarutkan pati biji nangka-CaCO₃ dengan komposisi terbaik yang diperoleh pada langkah 3. Kemudian larutan yang sudah homogen ditambahkan dengan variasi sorbitol sebesar 20%, 30%, dan 40% (v/b dari berat pati) yang setara dengan 0,4 mL, 0,6 mL, dan 0,8 mL sorbitol untuk 2 gram pati. Kemudian campuran tersebut diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 40 menit. Larutan yang sudah homogen dituang ke dalam cetakan. Sampel dikeringkan dalam oven bersuhu 40-50°C selama 5-6 jam, kemudian dibiarkan pada suhu ruang selama 24 jam. Bioplastik pati biji bioplastik pati biji nangka-CaCO₃-sorbitol dikarakterisasi gugus

fungsi menggunakan FTIR, uji kekuatan mekanik, uji daya serap air dan uji biodegradasi.

5. Pengujian Bioplastik

a) Uji Mekanik (*Tensile Strenght*)

Pengujian kekuatan tarik dilakukan menggunakan alat *Tensile Strength Tester*. Sampel bioplastik yang telah dikeringkan dipotong dengan ukuran 1×5 cm, kemudian dijepit pada kedua sisi alat uji tarik. Selama pengujian, spesimen ditarik secara perlahan dari dua arah berlawanan hingga putus, yang menyebabkan pertambahan panjang dan penyusutan diameter. Besarnya beban dan pertambahan panjang yang terjadi dicatat secara berkala. Nilai kekuatan tarik dihitung menggunakan rumus yang telah ditentukan berdasarkan hasil pengujian.

Uji elongasi dilakukan menggunakan metode yang sama, dengan sampel bioplastik berukuran 1×5 cm. Ujung-ujung sampel dijepit pada rahang alat uji, kemudian dilakukan penarikan pada kecepatan tertentu yang telah diatur sesuai parameter. Selama

proses ini, pengukuran beban, tegangan, dan persentase elongasi dilakukan hingga sampel mengalami putus. Nilai elongasi dihitung berdasarkan perubahan panjang relatif terhadap panjang awal, sesuai dengan rumus yang digunakan.

b) Uji daya serap air

Pengujian daya serap air dilakukan dengan cara memotong sampel bioplastik menjadi ukuran 2×2 cm, kemudian ditimbang untuk mendapatkan berat awal. Sampel direndam dalam 30 mL akuades di dalam gelas beaker selama 10 detik. Setelah direndam, sampel dikeringkan menggunakan tisu untuk menghilangkan air berlebih, lalu ditimbang kembali untuk memperoleh berat akhir. Persentase air yang diserap dihitung dari selisih berat sebelum dan sesudah perendaman. Pengujian ini dilakukan secara duplo hingga diperoleh hasil yang konsisten. Nilai daya serap dihitung menggunakan persamaan yang telah ditentukan.

c) Uji Biodegradabilitas

Uji biodegradabilitas dilakukan dengan menanam sampel bioplastik berukuran 2×2 cm ke dalam media tanah kompos yang ditempatkan dalam pot. Sampel dibiarkan dalam kondisi terbuka tanpa penutup kaca agar terpapar udara lingkungan. Pengamatan dilakukan setiap hari hingga sampel menunjukkan degradasi sempurna. Pengujian dilakukan secara duplo untuk memastikan keakuratan data. Nilai degradasi dihitung menggunakan rumus biodegradasi yang telah ditetapkan.

d) Analisis Gugus Fungsi FTIR

Spektroskopi FTIR digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi kimia yang terdapat pada pati biji nangka dan produk bioplastik yang telah disintesis. Data spektra serapan digunakan sebagai dasar untuk menentukan keberadaan gugus fungsi tertentu. Karakterisasi FTIR ini dilakukan di Laboratorium Kimia Universitas Negeri Semarang.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menguraikan hasil penelitian tentang sintesis dan karakterisasi bioplastik yang terbuat dari pati biji nangka- CaCO_3 -sorbitol. Produksi bioplastik dilakukan dengan pencampuran dan pemanasan menggunakan *magnetic stirrer* (Ramadhani, 2023).

A. Sintesis dan Pengujian Karakteristik Pati Biji Nangka

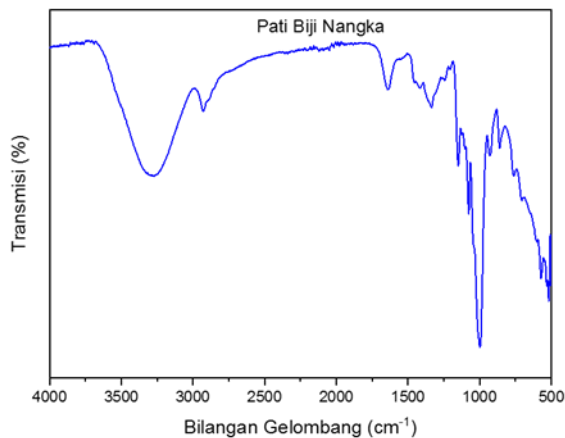
Langkah awal dalam pembuatan pati dari biji nangka adalah mencuci biji untuk menghilangkan kotoran serta sisa daging buah yang dapat memengaruhi kualitas pati. Setelah itu, kulit terluar biji dikupas, lalu direndam dalam air untuk mempermudah pelepasan kulit ari tipis, yang dapat memengaruhi warna dan kemurnian pati. Biji nangka yang telah dibersihkan kemudian dipotong menjadi bagian kecil agar lebih mudah dihancurkan dan mempercepat ekstraksi pati. Proses penghancuran dilakukan dengan blender hingga terbentuk slurry. Slurry ini lalu disaring menggunakan kain saring dan dicuci dengan akuades sebanyak tiga kali untuk memisahkan larutan pati dari ampas atau serat biji

angka. Langkah ini bertujuan memastikan hanya larutan pati yang akan diproses lebih lanjut, sehingga diperoleh pati yang lebih murni. Suspensi pati kemudian dibiarkan mengendap selama 12 jam untuk memisahkan pati dari air, karena pati memiliki berat jenis lebih tinggi dan akan mengendap di dasar wadah. Setelah itu, endapan dikeringkan dalam oven pada suhu 50°C selama 6 jam guna mengurangi kadar air, sehingga pati dapat disimpan lebih lama tanpa risiko kontaminasi mikroorganisme seperti jamur dan bakteri. Terakhir, pati kering diayak menggunakan saringan berukuran 100 mesh untuk memastikan teksturnya halus dan bebas gumpalan. Langkah ini menghasilkan pati berkualitas lebih baik dan lebih mudah digunakan. Pati yang dihasilkan pada penelitian ini berwarna putih. Hasil ekstraksi pati biji nangka ditampilkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Pati Biji Nangka

Pati biji nangka yang telah diperoleh kemudian dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer FTIR untuk mengidentifikasi gugus fungsi yang terdapat di dalamnya. Hasil analisis gugus fungsi pati biji nangka menggunakan spektrofotometer FTIR ditampilkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4. 2 Hasil FTIR Pati Biji Nangka

Perbandingan nilai serapan antara pati hasil preparasi dalam penelitian ini dengan data dari literatur ditampilkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Hasil Uji FTIR Pati Biji Nangka

Gugus fungsi	Daerah serapan	Bilangan gelombang	
		Hasil sintesis pati biji nangka	Penelitian pati biji nangka (Indriani et al., 2023)
O-H	3550-3200	3270,95	3286,63
C-H	2970-2850	2930,19	2924,29
C-O	1260-1050	1150-1076	1016-1157

Berdasarkan Gambar 4.2 dan Tabel 4.1, analisis gugus fungsi bertujuan untuk mengidentifikasi jenis gugus fungsi yang terdapat dalam suatu material. Hasil karakterisasi menggunakan FTIR menunjukkan keberadaan beberapa gugus fungsi yang menandakan keberhasilan proses ekstraksi pati. Menurut Lestari (2021) pita serapan lebar pada bilangan gelombang sekitar $3550\text{-}3200\text{ cm}^{-1}$ mengindikasikan adanya gugus hidroksil (O-H) yang berasal dari molekul amilosa dan amilopektin, sebagai komponen dominan dalam pati. Gugus hidroksil ini berkontribusi terhadap sifat hidrofilik pati serta kemampuannya dalam menyerap air. Selain itu, pita serapan pada rentang $2970\text{-}2850\text{ cm}^{-1}$ diasosiasikan dengan vibrasi ulur gugus C-H, yang merupakan bagian dari rantai karbon glukosa penyusun unit dasar pati. Sementara itu, pita serapan pada bilangan gelombang $1260\text{-}1050\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan keberadaan gugus C-O, yang berkaitan dengan ikatan glikosidik dan gugus eter dalam struktur polisakarida (Munsir, 2019).

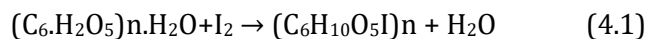
B. Analisis Kualitatif Pati dari Biji Nangka

Pati dari biji nangka yang diperoleh kemudian dianalisis secara kualitatif menggunakan uji iod.

Pengujian ini bertujuan untuk mengidentifikasi keberadaan pati dalam bioplastik. Proses uji dilakukan dengan menempatkan 0,5 gram sampel pati berwarna putih pada tabung reaksi yang telah disiapkan pada rak tabung. Selanjutnya, larutan iod sebanyak 3 tetes ditambahkan ke dalam sampel. Perubahan warna larutan diamati, di mana hasil positif terhadap uji iod ditunjukkan dengan munculnya warna biru. Campuran tersebut kemudian menunjukkan perubahan warna menjadi biru kehitaman. Hal ini menunjukkan adanya kandungan pati dalam pati biji nangka. Uji kualitatif dengan menggunakan Iod menunjukkan hasil yang terlihat pada Gambar 4.3.



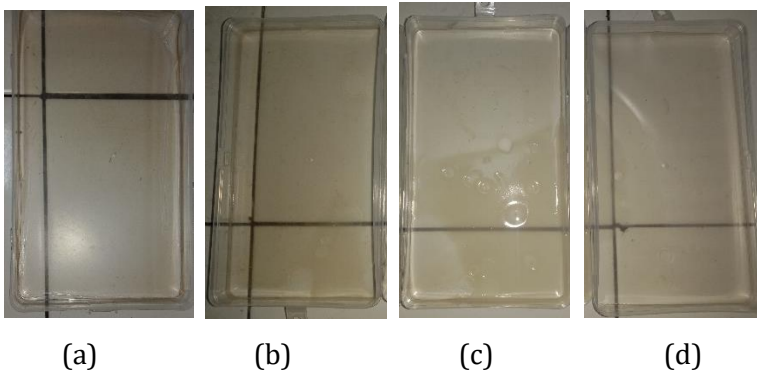
Gambar 4. 3 Uji Kualitatif Pati
Terbentuknya kompleks berwarna biru kehitaman
ditunjukkan pada Persamaan 4.1.



C. Sintesis Bioplastik Pati Biji Nangka (BN)-CaCO₃

Pembuatan bioplastik Pati BN-CaCO₃ dilakukan dengan menggunakan metode blending materials, yaitu teknik mencampurkan dua atau lebih bahan menjadi satu kesatuan. Pembuatan bioplastik dalam penelitian ini diawali dengan melarutkan 2 gram pati biji nangka ke dalam 50 mL akuades di dalam gelas beaker, yang berfungsi sebagai media pelarut untuk memudahkan proses gelatinisasi pati, selanjutnya ditambahkan kalsium karbonat (CaCO₃) sebagai *filler* dengan variasi konsentrasi 2%, 4%, 6%, dan 8% dari berat pati, atau setara dengan 0,04 gram, 0,08 gram, 0,12 gram, dan 0,16 gram. Penambahan CaCO₃ bertujuan untuk meningkatkan sifat mekanik bioplastik, seperti kekuatan tarik dan kekakuan, serta mengurangi daya serap air agar lebih tahan terhadap lingkungan lembap. Larutan ini kemudian diaduk dan dipanaskan menggunakan *magnetic stirrer*, alat yang memungkinkan pemanasan dan pengadukan simultan secara merata, sehingga mencegah terjadinya penggumpalan dan memastikan homogenitas campuran. Pemanasan dilakukan pada suhu 80–90°C selama 40 menit, suhu ini cukup untuk memicu

gelatinisasi pati namun tidak menyebabkan degradasi komponen lain. Setelah proses pemanasan, campuran didiamkan selama 5 menit agar viskositasnya stabil sebelum proses pencetakan. Larutan kemudian dituangkan ke dalam cetakan berukuran $17,5 \times 10$ cm untuk dibentuk menjadi lembaran, lalu dikeringkan dalam oven pada suhu $40\text{--}50^\circ\text{C}$ selama 5–6 jam. Penggunaan oven berfungsi mempercepat penguapan air dan mengeringkan bioplastik secara perlahan tanpa merusak struktur permukaan. Bioplastik berbahan pati biji nangka dengan variasi CaCO_3 menghasilkan warna putih kekuningan, sebagaimana ditampilkan pada Gambar 4.4.



Gambar 4. 4 Hasil Sintesis Bioplastik (a) Pati BN- CaCO_3 2% (b) Pati BN- CaCO_3 4% (c) Pati BN- CaCO_3 6% (d) Pati BN- CaCO_3 8%

1. Analisis Karakteristik Bioplastik

a) Uji kekuatan mekanik

Pengujian kekuatan mekanik dilakukan untuk mengevaluasi nilai kuat tarik dan tingkat elongasi dari bioplastik yang telah dibuat. Pengukuran kuat tarik (*Tensile Strength*) bertujuan untuk menentukan seberapa besar gaya yang dibutuhkan agar material mengalami tarikan maksimum per satuan luas permukaan (Permata, 2023). Uji ini juga digunakan untuk mengidentifikasi komposisi terbaik antara pati dan CaCO_3 yang digunakan dalam formulasi. Hasil pengujian yang diperoleh mencakup data nilai kuat tarik serta elongasi. Hasil pengujian nilai kuat tarik bioplastik Pati BN dengan variasi CaCO_3 dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Hasil Uji Kuat Tarik Bioplastik Pati BN-CaCO₃

Sampel Bioplastik	Hasil Kuat Tarik Sampel (Mpa)	Kuat Tarik SNI (Mpa)	Hasil Elongasi Sampel (%)	Elongasi SNI (%)
Pati BN-CaCO ₃ 2%	33,72	24,4-30,2	3,33	21-220
Pati BN-CaCO ₃ 4%	40,00		2,83	
Pati BN-CaCO ₃ 6%	32,30		2,00	
Pati BN-CaCO ₃ 8%	18,34		1,11	

Berdasarkan data pada Tabel 4.2 terlihat adanya peningkatan kekuatan mekanik seiring dengan bertambahnya konsentrasi CaCO₃ hingga mencapai titik optimum. Pada penambahan CaCO₃ sebesar 2%, kuat tarik bioplastik tercatat sebesar 33,72 Mpa dengan nilai elongasi sebesar 3,33%. Ketika konsentrasi CaCO₃ ditingkatkan menjadi 4%, kuat tarik mengalami peningkatan menjadi 40 Mpa, dengan nilai elongasi 2,83%. Namun, pada penambahan CaCO₃ sebesar 6%, kuat tarik mengalami penurunan menjadi 32,30 Mpa dengan elongasi 2%, dan penurunan ini

semakin drastis pada konsentrasi 8%, di mana kuat tarik menurun hingga 18,34 Mpa dengan elongasi hanya 1,11%.

Peningkatan kekuatan mekanik disebabkan oleh peran CaCO_3 sebagai bahan pengisi (*filler*) yang memperkuat struktur bioplastik. *Filler* ini berfungsi meningkatkan kekakuan serta kemampuan material dalam menahan beban tarik, sehingga mampu mengatasi kelemahan mekanik bioplastik. Temuan ini selaras dengan penelitian Rohmad (2018), yang menyatakan bahwa penambahan CaCO_3 mampu meningkatkan kekuatan tarik pada bioplastik dari pati ubi. Damayanti et al., (2025) melaporkan bahwa penggunaan filler nano *precipitated calcium carbonate* (PCC) dapat meningkatkan nilai kuat tarik, namun penambahan konsentrasi yang lebih tinggi menyebabkan penurunan nilai elongasi. Hal ini terjadi akibat meningkatnya kekakuan material yang membatasi pergerakan rantai polimer, sehingga fleksibilitas berkurang.

Penurunan kuat tarik yang terjadi pada konsentrasi CaCO_3 sebesar 6% dan 8% disebabkan oleh aglomerasi atau penggumpalan partikel *filler* akibat konsentrasi yang terlalu tinggi. Aglomerasi ini mengakibatkan distribusi *filler* yang tidak merata, sehingga homogenitas matriks polimer terganggu. Akibatnya, interaksi antara rantai polimer dan *filler* menjadi lemah, sehingga kekuatan mekanik menurun. Hal ini sejalan dengan pernyataan Rotua Adryani & Maulida (2015), yang menyatakan bahwa peningkatan kandungan *filler* dapat menyebabkan terbentuknya aglomerat besar yang justru menghambat transfer tegangan secara efektif di dalam matriks. Hutabalian et al., (2020) juga menemukan bahwa penggunaan *filler* seperti ZnO , clay, dan CaCO_3 pada konsentrasi tinggi menyebabkan aglomerasi, yang berdampak negatif terhadap homogenitas dan kekuatan mekanik bioplastik.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa penambahan CaCO_3 mampu meningkatkan kuat tarik bioplastik hingga konsentrasi optimum sebesar 4%. Setelah melewati titik tersebut, terjadi penurunan kekuatan mekanik akibat aglomerasi dan gangguan pada struktur matriks. Di sisi lain, nilai elongasi cenderung menurun seiring peningkatan konsentrasi CaCO_3 , yang disebabkan oleh meningkatnya kekakuan dan berkurangnya fleksibilitas material.

Konsentrasi CaCO_3 sebesar 4% dipilih sebagai formulasi optimum karena memberikan nilai kuat tarik tertinggi, yaitu 40 MPa, yang menunjukkan struktur bioplastik telah diperkuat secara efektif tanpa menyebabkan kerusakan pada matriks polimer. Pada konsentrasi ini, *filler* CaCO_3 dapat terdispersi secara merata sehingga menghasilkan interaksi yang stabil dengan rantai polimer dan meningkatkan kekakuan material. Meskipun nilai elongasi sedikit menurun dibandingkan konsentrasi 2%,

fleksibilitas bioplastik pada konsentrasi ini masih tergolong memadai. Pemilihan konsentrasi 4% juga mempertimbangkan bahwa formulasi ini akan dikombinasikan dengan penambahan *plasticizer* sorbitol, yang diketahui mampu meningkatkan elastisitas dan fleksibilitas bioplastik. Dengan demikian, penurunan elongasi akibat penambahan *filler* dapat dikompensasi oleh peran sorbitol dalam melenturkan struktur material, menghasilkan bioplastik yang seimbang antara kekuatan mekanik dan kelenturan. Pendekatan ini memberikan landasan rasional dalam menentukan titik optimum konsentrasi CaCO_3 , sekaligus memastikan bahwa bioplastik yang dihasilkan tetap memiliki sifat fungsional yang sesuai untuk aplikasi berkelanjutan.

b) Uji daya serap air

Pengujian daya serap air dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan bioplastik hasil sintesis dalam menyerap air. Data hasil pengujian tersebut disajikan pada Tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Hasil Uji Daya Serap Bioplastik Pati BN-CaCO₃

Sampel bioplastik	Hasil uji daya serap air (%)	Daya serap air SNI (%)
Pati BN-CaCO ₃ 2%	23	Maksimum 21,5
Pati BN-CaCO ₃ 4%	23,3	
Pati BN-CaCO ₃ 6%	23,8	
Pati BN-CaCO ₃ 8%	25,8	

Berdasarkan data pada Tabel 4.3, hasil uji daya serap air menunjukkan bahwa nilai serapan air pada bioplastik meningkat seiring dengan bertambahnya konsentrasi filler CaCO₃. Sampel dengan konsentrasi CaCO₃ tertinggi, yaitu bioplastik pati BN-CaCO₃ 8%, menunjukkan daya serap air tertinggi sebesar 25,8%. Sebaliknya, pada konsentrasi filler yang lebih rendah, nilai daya serap air cenderung menurun secara bertahap. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi kalsium karbonat dalam sampel, maka semakin besar pula daya serap airnya. Dengan kata lain, peningkatan kandungan kalsium karbonat dalam bioplastik menyebabkan ketahanan terhadap air menjadi semakin rendah. Penambahan CaCO₃

berkontribusi terhadap peningkatan massa akibat absorpsi air selama pengujian.

Temuan ini sejalan dengan penelitian oleh Rohmad (2018) yang menunjukkan bahwa konsentrasi CaCO_3 yang lebih tinggi berkorelasi dengan peningkatan daya serap air pada bioplastik. Hal ini disebabkan oleh adanya interaksi antara ion kalsium (Ca^{2+}) dan struktur pati yang menciptakan celah atau pori-pori dalam matriks bioplastik, sehingga mempermudah penetrasi air. Kurniawan (2019) juga mengemukakan bahwa penambahan CaCO_3 meningkatkan daya serap air pada bioplastik berbasis pati, karena ion Ca^{2+} dari CaCO_3 membentuk ikatan dengan gugus hidroksil ($-\text{OH}$) pada molekul pati. Ikatan ini membentuk struktur jaringan yang memungkinkan air tertahan di dalam matriks bioplastik.

Selain itu, sifat higroskopis dari kalsium karbonat, yaitu kemampuannya untuk menyerap dan mengikat air dari lingkungan, turut memperbesar kemampuan sampel

dalam menyerap air sebagai tambahan, pati dari biji nangka diketahui memiliki sifat hidrofilik, yang berarti bahan ini cenderung mudah mengikat dan larut dalam air (Eristina, 2018). Untuk mengatasi hal tersebut, penambahan sorbitol sebagai bahan pemlastis diperlukan guna menurunkan daya serap air serta meningkatkan sifat bioplastik.

Oleh karena itu, konsentrasi 4% dipilih sebagai komposisi optimum karena pada tingkat ini diperoleh keseimbangan antara kekuatan mekanik tertinggi (40 MPa) dan daya serap air yang masih dalam batas toleransi, yakni 23,3%. Formulasi ini menjadi titik awal yang strategis untuk penambahan sorbitol sebagai *plasticizer*, yang diharapkan mampu mengurangi sifat hidrofilik bioplastik dan meningkatkan fleksibilitas. Sorbitol bekerja dengan mengisi ruang antarmolekul pati dan menurunkan ikatan antar rantai polimer yang bersifat menarik air, sehingga mampu memperbaiki daya tahan terhadap kelembaban serta mendukung peningkatan

sifat mekanik. Dengan demikian, komposisi 4% CaCO_3 dipilih karena memberikan dasar yang stabil untuk pengembangan bioplastik yang lebih unggul melalui penambahan sorbitol.

c) Uji biodegradasi

Bioplastik dapat dikategorikan ramah lingkungan apabila mampu mengalami proses degradasi secara efektif. Dalam penelitian ini, uji biodegradasi dilakukan dengan cara mengubur sampel bioplastik dalam media tanah kompos. Tingkat degradasi diamati melalui penurunan massa bioplastik yang terjadi selama periode penguburan. Pengukuran massa dilakukan setiap dua hari sekali untuk memantau laju degradasi. Data hasil uji biodegradasi disajikan pada Tabel 4.4.

Tabel 4. 4 Hasil Uji Biodegradasi Bioplastik Pati BN- CaCO_3

Sampel Bioplastik	Lama Terdegradasi 100% (Hari)	Lama Terdegradasi SNI (Hari)
Pati BN- CaCO_3 2%	12	60% dalam 7 hari
Pati BN- CaCO_3 4%	11	
Pati BN- CaCO_3 6%	9	
Pati BN- CaCO_3 8%	6	

Berdasarkan observasi harian, proses biodegradasi bioplastik menunjukkan penurunan massa yang meningkat seiring waktu. Pada hari ke-2, sampel mulai mengalami perubahan fisik seperti perubahan warna dan penipisan permukaan. Penurunan massa tercatat pada bioplastik pati BN-CaCO₃ dengan konsentrasi 2%, 4%, 6%, dan 8% masing-masing sebesar 16%, 17%, 26%, dan 47%. Pada hari ke-4, retakan mulai tampak, disertai penurunan massa lebih lanjut menjadi 28%, 32%, 50%, dan 73% secara berurutan. Pada hari ke-6, sampel dengan konsentrasi CaCO₃ 8% telah terdegradasi sepenuhnya, sedangkan pada konsentrasi 2%, 4%, dan 6%, terjadi pengelupasan permukaan dan penurunan massa berturut-turut sebesar 35%, 44%, dan 75%. Memasuki hari ke-9, sebagian besar bioplastik mulai terfragmentasi menjadi potongan kecil, massa bioplastik BN-CaCO₃ 2% menurun hingga 51%, sementara konsentrasi 4% mencapai 77%. Hingga hari ke-11,

bioplastik dengan konsentrasi CaCO_3 2% mengalami degradasi sempurna.

Hal ini menunjukkan peningkatan variasi CaCO_3 terbukti mempercepat waktu biodegradasi bioplastik yang disebabkan oleh sifat hidrofilik CaCO_3 yang memungkinkan material ini menyerap air dengan mudah. Semakin tinggi konsentrasinya, bioplastik menjadi lebih mudah menyerap kelembapan, sehingga menciptakan kondisi yang mendukung pertumbuhan mikroorganisme pengurai. Selain itu, keberadaan air dalam matriks bioplastik dapat mempercepat proses hidrolisis, yang melemahkan ikatan antar molekul polimer.

Uji biodegradasi menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi CaCO_3 mempercepat laju degradasi bioplastik akibat sifat hidrofiliknya yang meningkatkan penyerapan air dan mendukung aktivitas mikroorganisme. Meskipun konsentrasi 8% menghasilkan degradasi tercepat, hal ini disertai dengan penurunan kekuatan mekanik dan

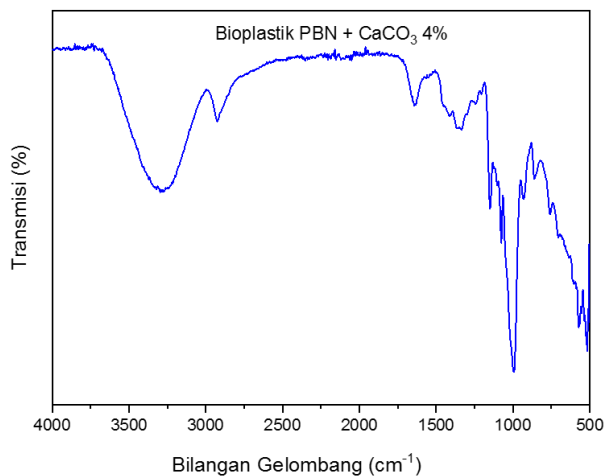
peningkatan daya serap air secara berlebihan, yang menurunkan stabilitas produk. Oleh karena itu, konsentrasi 4% dipilih sebagai formulasi optimum karena menawarkan keseimbangan antara kuat tarik yang tinggi, daya serap air yang masih terkendali, dan laju biodegradasi yang cukup cepat (11 hari). Komposisi ini juga memberikan landasan yang tepat untuk penambahan sorbitol, yang diharapkan mampu meningkatkan fleksibilitas dan menurunkan sifat hidrofilik, sehingga menghasilkan bioplastik yang kuat selama penggunaan namun tetap terurai secara efisien setelah masa pakai.

Berdasarkan ketiga hasil uji, pada konsentrasi bioplastik CaCO_3 4% menunjukkan nilai kuat tarik tertinggi, daya serap air yang masih dalam batas wajar, serta laju biodegradasi yang efisien tanpa mengorbankan kestabilan material. Kombinasi sifat-sifat tersebut mencerminkan keseimbangan ideal antara ketahanan, fungsionalitas, dan keberlanjutan lingkungan.

Komposisi ini juga menjadi titik awal yang strategis untuk pengembangan formulasi lanjutan dengan penambahan *plasticizer* seperti sorbitol, guna lebih meningkatkan fleksibilitas sekaligus mempertahankan performa keseluruhan bioplastik. Dengan demikian, penggunaan 4% CaCO_3 tidak hanya didasarkan pada satu aspek pengujian, tetapi merupakan hasil integrasi dari seluruh karakteristik penting yang dibutuhkan dalam aplikasi bioplastik yang efektif dan ramah lingkungan.

d) *Fourier Transform Infra Red* (FTIR)

Karakterisasi FTIR dilakukan untuk mengidentifikasi gugus-gugus fungsi yang terdapat dalam bioplastik. Hasil pengujian FTIR beserta analisisnya pada pembuatan bioplastik pati BN dengan CaCO_3 4% disajikan pada Gambar 4.5 dan Tabel 4.5.



Gambar 4. 5 Hasil FT-IR Bioplastik Bioplastik
Pati BN dengan CaCO_3 4% optimum

Tabel 4. 5 Hasil Serapan Bioplastik Pati BN dengan
 CaCO_3 4% optimum

Gugus fungsi	Bilangan gelombang (cm ⁻¹)
O-H	3321,99
C-H	2925,54
C-O	1149,46
Gugus karbonat CO_3^{2-}	1415,31

Berdasarkan hasil analisis serapan
FTIR pada bioplastik berbahan pati dan CaCO_3 ,

terdeteksi adanya beberapa gugus fungsi, yaitu O-H, C-H, C-O, serta gugus karbonat (CO_3^{2-}) yang berasal dari pati dan CaCO_3 . Pita serapan untuk gugus O-H biasanya berada di kisaran 3267–3300 cm^{-1} , C-H muncul pada 2850–2931 cm^{-1} , dan C-O terdeteksi di rentang 1078–1149 cm^{-1} (Engellita Manekinga, Hanny Frans Sangian, 2020). Sementara itu, gugus karbonat dari CaCO_3 menunjukkan pita serapan khas di sekitar 875 cm^{-1} serta antara 1411–1465 cm^{-1} . Temuan ini diperkuat oleh Desramadhani & Kusuma (2023) yang mengidentifikasi gugus O-H, C-H, dan C-O sebagai gugus utama dalam bioplastik berbasis pati dan CaCO_3 . Selain itu, Setiani et al. (2013) melaporkan bahwa penambahan CaCO_3 pada bioplastik berbahan pati-selulosa menyebabkan munculnya puncak serapan karbonat pada rentang 1411–1465 cm^{-1} , yang menunjukkan kehadiran CaCO_3 dalam matriks bioplastik. Huang et al. (2006) juga mengemukakan bahwa gugus ester C-O dan hidroksil C-O-H dapat diidentifikasi pada

rentang energi antara 800–1300 cm^{-1} , sejalan dengan keberadaan gugus C–O pada pati.

D. Sintesis Bioplastik Pati BN- CaCO_3 -Sorbitol

Pembuatan bioplastik berbasis pati biji nangka dengan penambahan CaCO_3 dan sorbitol diawali dengan pencampuran pati biji nangka dan kalsium karbonat (CaCO_3) dalam komposisi optimum yang diperoleh dari hasil karakterisasi sebelumnya, yaitu 4% CaCO_3 terhadap berat pati. Campuran tersebut dilarutkan dalam akuades. Selanjutnya, larutan ditambahkan sorbitol sebagai plasticizer dalam tiga variasi konsentrasi, yaitu 20%, 30%, dan 40% dari berat pati, yang setara dengan masing-masing 0,4 mL, 0,6 mL, dan 0,8 mL untuk 2 gram pati. Sorbitol berfungsi untuk meningkatkan fleksibilitas bioplastik dengan cara mengganggu ikatan antar rantai polimer pati, sehingga mengurangi kekakuan dan kerapuhan material. Larutan diaduk menggunakan magnetic stirrer selama 40 menit pada suhu ruang hingga larutan menjadi homogen. Setelah campuran tercampur merata, larutan dituangkan ke dalam cetakan bioplastik berukuran 17,5 cm \times 10 cm, yang telah disiapkan sebelumnya. Proses

pengeringan dilakukan dalam oven pada suhu 40-50°C selama 5-6 jam untuk menguapkan kandungan air, kemudian dilanjutkan dengan pengkondisian pada suhu ruang selama 24 jam guna memastikan bioplastik mengeras secara sempurna. Sampel yang dihasilkan kemudian dikarakterisasi menggunakan beberapa metode uji, yaitu FTIR untuk mengidentifikasi gugus fungsi dan interaksi kimia antar komponen, uji kuat tarik untuk mengetahui sifat mekanik, uji daya serap air untuk mengevaluasi ketahanan terhadap kelembaban, dan uji biodegradasi untuk menilai Kemampuan terdegradasi bioplastik dalam lingkungan alami.

1. Analisis Karakteristik Bioplastik

a) Uji kekuatan mekanik

Pengujian kekuatan mekanik dilakukan untuk mengukur nilai kuat tarik dan persen elongasi dari bioplastik yang telah disintesis. Hasil pengujian kekuatan mekanik pada bioplastik berbahan pati BN- CaCO_3 -Sorbitol disajikan pada Tabel 4.6.

Tabel 4. 6 Hasil Uji Kekuatan Mekanik Bioplastik Pati BN- CaCO_3 -Sorbitol

Sampel bioplastik	Hasil kuat tarik (MPa)	Kuat tarik sni (MPa)	Hasil elongasi (%)	Elongasi sni (%)
Pati BN- CaCO_3 -Sorbitol 20%	15,69	24,4-30,2	7,3	21-220
Pati BN- CaCO_3 -Sorbitol 30%	9,91		22	
Pati BN- CaCO_3 -Sorbitol 40%	6,37		40	

Kekuatan tarik merupakan parameter yang menunjukkan kemampuan suatu material untuk menahan gaya tarik hingga terjadi kerusakan atau putus. Karakteristik ini dipengaruhi oleh berbagai faktor, di antaranya jenis *plastisizer* serta bahan penguat yang digunakan dalam formulasi bioplastik. Berdasarkan hasil yang ditampilkan pada Tabel 4.6, diketahui bahwa peningkatan konsentrasi sorbitol cenderung menyebabkan penurunan nilai kekuatan tarik pada film bioplastik yang dihasilkan. Pernyataan ini sejalan dengan pendapat Desramadhani & Kusuma (2023) yang

menyatakan bahwa penurunan nilai kuat tarik disebabkan oleh peran sorbitol sebagai *plastisizer* yang dapat menurunkan energi aktivasi pergerakan molekul. Akibatnya, struktur bioplastik menjadi kurang kaku. Selain itu, keberadaan sorbitol juga berpotensi melemahkan ikatan hidrogen antar molekul, sehingga menurunkan kekuatan interaksi antar rantai polimer yang berdekatan, yang pada akhirnya menyebabkan penurunan daya regang material (Syahputra et al., 2022).

Berdasarkan data kekuatan mekanik pada tabel di atas, bioplastik pati BN-CaCO₃-Sorbitol terbaik diperoleh pada komposisi 20%, dengan nilai kuat tarik sebesar 15,69 MPa. Namun, nilai kuat tarik bioplastik pati BN-CaCO₃-Sorbitol 20% ini masih belum memenuhi standar SNI untuk kuat tarik, yaitu sebesar 24,4–30,2 MPa. Penurunan nilai kuat tarik ini mengindikasikan bahwa peningkatan konsentrasi sorbitol yang digunakan dalam formulasi bioplastik

berbanding terbalik dengan kekuatan tarik yang dihasilkan semakin tinggi kadar sorbitol, maka semakin rendah nilai kuat tariknya. Kappaphycus et al. (2024) menyatakan bahwa penurunan tersebut disebabkan oleh kemampuan plasticizer untuk melemahkan daya tarik antar molekul dalam rantai polimer. Selain itu, *plasticizer* juga membentuk ikatan hidrogen antara molekul penyusun dengan *plasticizer* itu sendiri. Pernyataan ini sejalan dengan Unsa & Paramastri (2018) yang menjelaskan bahwa plasticizer dapat mengurangi ikatan hidrogen internal pada ikatan antar molekul polimer, sehingga melemahkan sistem dispersi padatan. Afifah et al. (2018) juga mengungkapkan bahwa sorbitol dapat mengurangi kekuatan ikatan antar rantai polimer, menyebabkan bertambahnya jarak antar molekul dan menurunnya nilai kuat tarik bioplastik. Ketidakkonsistenan dalam peningkatan maupun penurunan kekuatan mekanik bioplastik dapat disebabkan oleh

kurang meratanya homogenisasi antara nanoselulosa dan bahan campuran. Hal ini mungkin terjadi karena parameter pencampuran seperti waktu reaksi, kecepatan pengadukan, dan suhu diterapkan secara seragam pada seluruh perlakuan, tanpa penyesuaian terhadap karakteristik masing-masing komposisi (Ramadhani, 2023).

Berdasarkan Tabel 4.6 , diketahui bahwa dengan bertambahnya konsentrasi sorbitol, nilai persen elongasi bioplastik juga semakin meningkat. Menurut Hardiningtyas et al. (2024), peningkatan konsentrasi sorbitol dapat menurunkan energi aktivasi yang dibutuhkan untuk pergerakan molekul dalam matriks, sehingga daya elastisitas bioplastik meningkat. *Plasticizer* berfungsi mengurangi sifat rapuh serta membentuk ikatan hidrogen antar molekul. Ballesteros-Mártinez et al. (2020) juga menjelaskan bahwa peningkatan nilai elongasi terjadi karena molekul *plasticizer* masuk ke dalam

matriks polimer dan membentuk ikatan hidrogen, yang kemudian mengubah struktur polimer menjadi lebih lentur. Bioplastik yang dihasilkan dengan variasi sorbitol 20%, 30%, dan 40% menunjukkan nilai elongasi berturut-turut sebesar 7,33%, 22%, dan 40%. Nilai elongasi bioplastik dalam penelitian ini sudah memenuhi standar mutu bioplastik berdasarkan SNI, yaitu dalam rentang 21-220%.

Berdasarkan hasil kajian ini komposisi bioplastik dengan penambahan sorbitol sebesar 30% menunjukkan karakteristik yang paling baik. Namun demikian, penambahan sorbitol dalam jumlah besar umumnya menyebabkan penurunan kekuatan tarik, karena peran sorbitol sebagai *plasticizer* yang membentuk ikatan hidrogen dengan gugus polar pada rantai polimer, sehingga mengurangi kohesi dan daya ikat antar molekul dalam matriks. Selain itu, sorbitol pada konsentrasi ini juga meningkatkan nilai elongasi hingga mencapai

kisaran 22%, yang menunjukkan bahwa film bioplastik menjadi lebih lentur dan tidak mudah retak. Oleh karena itu, formulasi sorbitol 30% dinilai sesuai untuk aplikasi yang membutuhkan fleksibilitas tinggi, namun kurang ideal untuk penggunaan yang menuntut kekuatan mekanik tinggi. Untuk mengatasi keterbatasan ini, disarankan optimalisasi penggunaan bahan penguat seperti *nanocellulose* atau *filler* lain, serta pengaturan parameter pencampuran guna memastikan distribusi *filler* dan *plasticizer* yang merata dalam matriks, sehingga dapat meningkatkan kekuatan tarik tanpa mengorbankan kelenturan.

Hasil uji kekuatan mekanik menunjukkan bahwa penambahan sorbitol sebesar 30% pada bioplastik pati biji nangka- CaCO_3 menghasilkan keseimbangan paling optimal antara kuat tarik dan fleksibilitas. Meskipun nilai kuat tariknya (9,91 MPa) belum memenuhi standar SNI, peningkatan elongasi hingga 22% mencerminkan

kelenturan dan ketahanan terhadap deformasi yang lebih baik dibandingkan dengan konsentrasi sorbitol 20% dan 40%. Sorbitol berperan sebagai *plasticizer* yang mampu menurunkan kekakuan dengan cara melemahkan ikatan antar rantai polimer, sehingga memungkinkan peningkatan elastisitas material. Komposisi 30% dipilih sebagai formulasi terbaik karena menawarkan kompromi antara kekuatan dan kelenturan, yang penting bagi aplikasi bioplastik yang membutuhkan daya lentur tinggi namun tetap stabil secara mekanik. Oleh karena itu, formulasi ini dapat menjadi dasar untuk pengembangan lanjutan melalui optimalisasi bahan tambahan dan teknik pencampuran guna meningkatkan kekuatan tarik tanpa mengorbankan sifat fleksibel bioplastik.

b) Uji daya serap

Pengujian daya serap air bertujuan untuk mengevaluasi sejauh mana ketahanan

bioplastik yang dihasilkan terhadap air. Hasil pengujian tersebut disajikan dalam Tabel 4.7.

Tabel 4. 7 Uji Daya Serap Air Bioplastik Pati BN-CaCO₃-Sorbitol

Sampel bioplastik	Hasil Uji Daya Serap (%)	Daya Serap Air SNI (%)
pati BN-CaCO ₃ -Sorbitol 20%	20,9	Maksimum 21.5
pati BN-CaCO ₃ -Sorbitol 30%	21	
pati BN-CaCO ₃ -Sorbitol 40%	21,2	

Berdasarkan tabel di atas, bioplastik berbahan campuran pati BN-CaCO₃-Sorbitol menunjukkan daya serap air yang cukup rendah. Daya serap air terendah tercatat pada bioplastik pati BN-CaCO₃-Sorbitol 20%, yaitu sebesar 20,9%. Semakin tinggi konsentrasi sorbitol yang ditambahkan, daya serap air cenderung meningkat. Hal ini disebabkan oleh sifat hidrofilik sorbitol yang mampu menarik dan mengikat molekul air ke dalam matriks bioplastik. Semakin kecil persentase daya serap air, maka ketahanan bioplastik terhadap air akan semakin baik (Handayani &

Haryanto, 2020). Mengacu pada standar SNI, batas maksimum daya serap air adalah 21,5%, sehingga bioplastik pati BN-CaCO₃-Sorbitol dengan variasi 20%, 30%, dan 40% telah memenuhi standar tersebut.

Hasil uji daya serap air menunjukkan bahwa seluruh variasi sorbitol (20%, 30%, dan 40%) menghasilkan nilai yang masih berada di bawah batas maksimum SNI (21,5%), dengan nilai terendah tercatat pada konsentrasi 20%. Namun, selisih antara ketiganya relatif kecil dan tidak signifikan secara teknis. Di antara ketiga formulasi, konsentrasi sorbitol 30% dipilih sebagai komposisi optimum karena selain tetap memenuhi standar ketahanan air (21%), juga memberikan fleksibilitas material yang lebih baik dibandingkan dengan sorbitol 20%. Meskipun sifat hidrofilik sorbitol dapat meningkatkan penyerapan air, pada konsentrasi 30% efek tersebut masih dapat ditoleransi dan tidak secara drastis mengurangi stabilitas bioplastik. Dengan

demikian, formulasi ini dianggap sebagai titik keseimbangan terbaik antara ketahanan terhadap air dan peningkatan sifat mekanik, menjadikannya paling sesuai untuk aplikasi bioplastik yang memerlukan kombinasi kekuatan, elastisitas, dan daya tahan kelembaban.

c) Uji biodegradasi

Uji biodegradasi bertujuan untuk mengetahui durasi waktu yang dibutuhkan oleh bioplastik hingga mengalami degradasi secara menyeluruh. Dalam penelitian ini, sampel bioplastik dikuburkan pada media tanah kompos dan dilakukan penimbangan secara berkala setiap dua hari. Hasil dari pengujian tersebut disajikan pada Tabel 4.8.

Tabel 4. 8 Uji biodegradasi bioplastik Pati Biji Nangka (BN)-CaCO₃-Sorbitol

Sampel bioplastik	Lama terdegradasi 100% (hari)	Waktu degradasi SNI (hari)
Pati BN-CaCO ₃ -Sorbitol 20%	6	60% dalam 7 hari
Pati BN-CaCO ₃ -Sorbitol 30%	10	
Pati BN-CaCO ₃ -Sorbitol 40%	12	

Berdasarkan Tabel 4.8, diketahui bahwa peningkatan konsentrasi sorbitol dapat memperlambat laju biodegradasi bioplastik. Hal ini disebabkan karena penambahan sorbitol memperkuat ikatan antar molekul polimer, sehingga bioplastik menjadi lebih tahan terhadap serangan mikroba. Akibatnya, proses degradasi berlangsung lebih lama. Dalam penelitian ini, perubahan kondisi fisik bioplastik teramati secara bertahap selama proses penguburan. Pada hari ke-2, bioplastik dengan penambahan sorbitol sebesar 20%, 30%, dan 40% mulai menunjukkan pelunakan struktur serta perubahan warna ringan, dengan

penurunan massa masing-masing sebesar 18%, 14%, dan 12%. Pada hari ke-4, muncul retakan-retakan halus pada permukaan bioplastik, disertai kerapuhan struktur, dengan penurunan bobot sebesar 32%, 28%, dan 24% secara berturut-turut. Selanjutnya, pada hari ke-6, bioplastik yang mengandung sorbitol 20% mengalami fragmentasi dan pengelupasan lapisan permukaan, dengan penurunan massa mencapai 65%. Sementara itu, sampel dengan sorbitol 30% dan 40% menunjukkan tanda-tanda degradasi lanjutan, namun belum menyeluruh, dengan kehilangan massa masing-masing sebesar 55% dan 37%. Pada hari ke-8, sebagian besar sampel mulai terfragmentasi menjadi bagian kecil; sorbitol 20% telah terdegradasi sempurna, sorbitol 30% menunjukkan degradasi sebesar 79%, dan sorbitol 40% sebesar 48%. Memasuki hari ke-10, sampel dengan konsentrasi sorbitol 30% mencapai degradasi penuh, sementara sorbitol 40% mengalami penurunan massa hingga 63%.

Proses degradasi untuk semua formulasi selesai pada hari ke-12, ditandai dengan terurainya sampel bioplastik sorbitol 40% secara total.

Menurut Hardiningtyas et al. (2024), bioplastik yang ditambahkan sorbitol dengan konsentrasi antara 1,25% hingga 1,5% menunjukkan waktu degradasi yang lebih lama. Hal ini disebabkan oleh peran sorbitol dalam memperkuat ikatan antar molekul, sehingga struktur bioplastik menjadi lebih stabil dan tidak mudah diuraikan oleh mikroorganisme. Sejalan dengan hal tersebut, Rahmatullah et al. (2022) menjelaskan bahwa tingginya konsentrasi sorbitol dapat meningkatkan kekuatan ikatan molekuler dalam matriks bioplastik, yang pada akhirnya menghambat atau memperlambat proses degradasi oleh mikroba. Sorbitol juga mengisi celah antar rantai polimer, mengurangi jumlah pori-pori dan menurunkan daya serap air bioplastik. Penurunan daya serap air ini menghambat

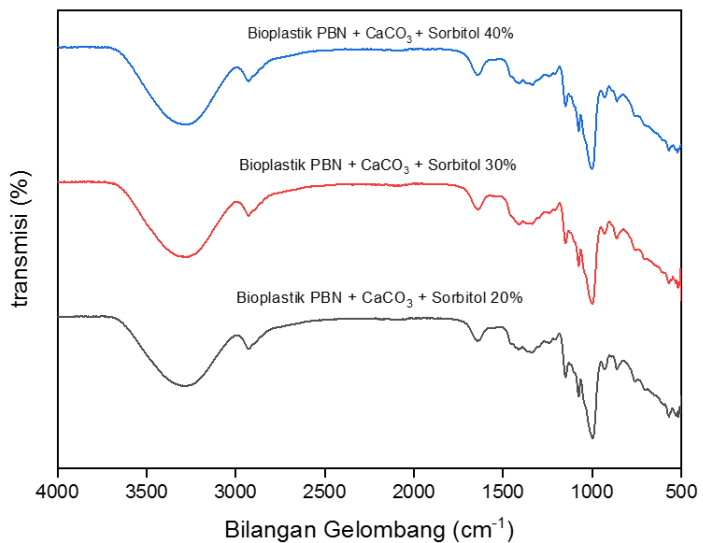
aktivitas mikroorganisme dalam menguraikan bioplastik, karena air berperan penting dalam mendukung proses hidup dan hidrolisis mikroba. (Nafilah & Sedyadi, 2019). Dalam penelitian ini, bioplastik dengan tambahan sorbitol mengalami degradasi dalam rentang waktu 6 hingga 12 hari. Bioplastik dengan sorbitol 20% terurai paling cepat dalam 6 hari, sedangkan dengan sorbitol 40% membutuhkan waktu hingga 12 hari. Sesuai standar mutu, di mana dalam 7 hari harus terdegradasi minimal 60%, bioplastik hasil penelitian ini sudah memenuhi kriteria tersebut.

Berdasarkan uji biodegradasi, formulasi bioplastik dengan penambahan sorbitol 30% dipilih sebagai komposisi optimum karena menunjukkan keseimbangan antara kestabilan material dan kecepatan degradasi. Meskipun sorbitol 20% menghasilkan waktu degradasi tercepat (6 hari), degradasi yang terlalu cepat dapat mencerminkan struktur bioplastik yang

kurang stabil untuk digunakan dalam jangka waktu yang dibutuhkan. Sebaliknya, sorbitol 40% justru memperlambat degradasi hingga 12 hari, yang berisiko mengurangi efisiensi penguraian lingkungan. Formulasi 30% sorbitol mampu terurai sempurna dalam 10 hari, masih sesuai dengan standar biodegradasi ($\geq 60\%$ dalam 7 hari), sambil tetap mempertahankan sifat mekanik dan fleksibilitas yang baik. Sorbitol pada konsentrasi ini diduga berperan dalam memperkuat jaringan polimer melalui ikatan antarmolekul dan mengisi celah antar rantai, sehingga menurunkan porositas dan daya serap air tanpa menghambat kerja mikroorganisme. Oleh karena itu, sorbitol 30% dinilai sebagai titik kompromi ideal antara performa struktural dan kemampuan terurai, menjadikannya paling sesuai untuk aplikasi bioplastik fungsional yang tetap ramah lingkungan.

d) *Fourier Transform Infra Red (FTIR)*

Karakterisasi FTIR dilakukan untuk mengidentifikasi gugus-gugus fungsi yang ada dalam bioplastik. Hasil pengujian FTIR beserta analisisnya pada bioplastik Pati BN- CaCO_3 dengan penambahan sorbitol sebesar 20%, 30%, dan 40% ditampilkan pada Gambar 4.6 dan Tabel 4.9.



Gambar 4. 6 Hasil FT-IR Pati BN- CaCO_3 -
Sorbitol 20%, 30%, dan 40%

Tabel 4. 9 Hasil Serapan Bioplastik Pati BN-CaCO₃-Sorbitol 20%, 30%, dan 40%

Gugus Fungsi	Bilangan gelombang (cm ⁻¹)		
	Bioplastik PBN + CaCO ₃ + Sorbitol 20%	Bioplastik PBN + CaCO ₃ + Sorbitol 30%	Bioplastik PBN + CaCO ₃ + Sorbitol 40%
O-H	3283,68	3286,82	3282,33
C-H	2928,33	2928,92	2929,29
C-O-C	1336,63	1337,70	1336,82
C-O	1076,16	1075,98	1076,08
Gugus Karbonat (CO ₃ ⁻²)	1413,80	1412,50	1413,87
C-O-H	1020,33	1018,27	1020,33

Karakterisasi FTIR pada bioplastik berbahan dasar pati menunjukkan adanya pita serapan khas di sekitar bilangan gelombang 3400 cm⁻¹, yang mengindikasikan keberadaan gugus hidroksil (O-H) dari molekul pati serta air yang terikat melalui ikatan hidrogen. Selain itu, pita serapan pada rentang 2929–2966 cm⁻¹ mengonfirmasi adanya gugus C-H alifatik dari rantai karbon pati. Di daerah 1000–1300 cm⁻¹, terlihat serapan yang terkait dengan gugus C-O dan C-O-C, yang merupakan karakteristik ikatan glikosidik dalam struktur pati.

Penambahan CaCO_3 sebagai filler dalam bioplastik terdeteksi melalui munculnya pita serapan khas gugus karbonat (CO_3^{2-}) pada bilangan gelombang 1411–1465 cm^{-1} , yang mencerminkan regangan asimetris C–O, serta pita pada 875 cm^{-1} yang menunjukkan vibrasi bending karbonat di luar bidang. Penggunaan sorbitol sebagai plasticizer dalam bioplastik berkontribusi pada pita serapan di rentang 3200–3400 cm^{-1} , yang juga menandakan keberadaan gugus O–H dan sering kali tumpang tindih dengan serapan O–H dari pati. Sorbitol juga memperlihatkan pita serapan untuk gugus C–H di sekitar 2900 cm^{-1} dan gugus C–O–H di rentang 1000–1100 cm^{-1} , yang mengindikasikan adanya gugus alkohol polihidroksil. Interaksi sorbitol dengan matriks pati ini meningkatkan fleksibilitas bioplastik dengan mengurangi ikatan antar rantai polimer.

BAB V

KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil sintesis pati biji nangka berbentuk serbuk berwarna putih. Berdasarkan hasil uji amilum sampel pati menunjukkan reaksi positif yang ditandai oleh perubahan warna menjadi biru kehitaman. Perubahan warna ini merupakan indikasi khas terbentuknya kompleks antara iodine dan struktur heliks pada amilum, yang mengonfirmasi keberadaan polisakarida tersebut dalam sampel. Berdasarkan data FTIR, pati biji nangka menunjukkan karakteristik adanya gugus fungsi O-H, C-H, dan C-O.
2. Bioplastik berbahan dasar pati BN-CaCO₃ berhasil disintesis dengan komposisi optimum, yaitu pada formulasi CaCO₃ 4%. Karakterisasi menggunakan FTIR menunjukkan adanya serapan pada daerah gugus fungsi O-H, C-H, C-O, dan CO₃²⁻. Bioplastik pati BN-CaCO₃ 4% memiliki komposisi paling optimal dan belum

memenuhi standar SNI untuk bioplastik, dengan nilai kuat tarik sebesar 40 MPa dan nilai elongasi sebesar 2,8%. Penambahan sorbitol diketahui berpengaruh terhadap sifat mekanik bioplastik. Peningkatan konsentrasi sorbitol menyebabkan penurunan nilai kuat tarik, namun meningkatkan nilai elongasi. Bioplastik pati biji nangka- CaCO_3 -sorbitol 30% memiliki hasil terbaik dengan nilai kuat tarik sebesar 9,91 MPa, elongasi 22%, daya serap air 21%, dan terdegradasi sempurna pada hari ke-10. Dalam hal ini, seluruh parameter, meliputi elongasi, biodegradasi, dan daya serap air, memenuhi standar SNI, kecuali nilai kuat tarik dan elongasi yang belum mencapai standar yang ditetapkan.

3. Penambahan CaCO_3 berpengaruh terhadap waktu biodegradasi bioplastik berbasis pati BN- CaCO_3 . Semakin tinggi konsentrasi CaCO_3 yang ditambahkan, semakin cepat waktu biodegradasi bioplastik. Hasil uji biodegradasi pada bioplastik pati BN dengan variasi CaCO_3 sebesar 2%, 4%, 6%, dan 8% menunjukkan

waktu degradasi berturut-turut selama 12, 11, 9, dan 6 hari. Selain itu, pada bioplastik pati BN- CaCO_3 -Sorbitol, terlihat bahwa keberadaan sorbitol juga mempengaruhi waktu degradasi. Peningkatan konsentrasi sorbitol menyebabkan waktu biodegradasi menjadi lebih lama. Hal ini ditunjukkan oleh waktu degradasi bioplastik dengan penambahan sorbitol sebesar 20%, 30%, dan 40% yang masing-masing membutuhkan waktu 6, 10, dan 12 hari untuk terdegradasi. Secara keseluruhan, hasil tersebut menunjukkan bahwa semua variasi formulasi bioplastik telah memenuhi standar SNI untuk biodegradabilitas.

B. Saran

Disarankan untuk mengembangkan bioplastik menggunakan bahan dasar yang sama, namun dengan penambahan bahan penguat lain guna meningkatkan nilai kuat tarik. Selain itu, perlu dilakukan variasi dalam penambahan bahan penguat agar proses optimasi menghasilkan bioplastik dari pati biji nangka dengan nilai kuat

tarik yang stabil dan tidak mengalami penurunan drastis.

DAFTAR PUSTAKA

- Afifah, N., Sholichah, E., Indrianti, N., & Darmajana, D. A. (2018). Pengaruh Kombinasi Plasticizer Terhadap Karakteristik Edible Film Dari Karagenan Dan Lilin Lebah. *Biopropal Industri*, 9 No.1, 49–60.
- Ahn, J. W., Kim, H. S., Kim, H., Yoon, S. H., Kim, J. S., & Sung, G. W. (2002). Manufacture of Aragonite Precipitate Calcium Carbonate by a Carbonation Process Using Dusts from a Stainless Steel Refining Sludge Plant in POSCO. *Journal of Ceramic Processing Research*, 3(2), 62–65.
- Albar, A., Rahmaniah, R., & Ihsan, I. (2021). Pembuatan Dan Karakterisasi Bioplastik Berbahan Dasar Pati Umbi Uwi Ungu, Plasticizer Gliserol Dan Kitosan. *Teknosains: Media Informasi Sains Dan Teknologi*, 15(3), 253. <https://doi.org/10.24252/teknosains.v15i3.20183>
- Aliyatunnaim, N. A., Luciani Septina, N. D., Angelin Ginting, D. F., & Maharani, F. (2022). Karakteristik Pati Biji Nangka (*Artocarpus Heterophyllus*) yang Berpotensi Sebagai Pengganti Gelatin pada Pembuatan Cangkang Kapsul Lunak. *Prosiding Sains Nasional Dan Teknologi*, 12(1), 9. <https://doi.org/10.36499/psnst.v12i1.7184>
- Anggriana, A., Muhardi, & Rostiati. (2017). Karakteristik Buah Nangka (*Artocarpus heterophyllus* Lamk) Siap Saji yang Dipanaskan di Kota Palu. *E-J Agrotekbis*, 5(3), 278–283.
- Anshar, A. (2020). *Penentuan Suhu Optimum dan Karakterisasi Plastik Biodegradabel Berbahan Dasar Selulosa Limbah Kulit Jagung (Zea Mays)*.

<http://repositori.uin-alauddin.ac.id/id/eprint/20956>

- Azizaturrohman. (2019). Perbandingan plastisizer gliserol dan sorbitol pada bioplastik pati sagu (*Metroxylon* sp.) dengan penambahan minyak kulit jeruk manis (*citrus sinensis* L.) sebagai antioksidan. *Universitas Islam Negeri Sunan Ampel*.
- Ballesteros-Mártinez, L., Pérez-Cervera, C., & Andrade-Pizarro, R. (2020). Effect of glycerol and sorbitol concentrations on mechanical, optical, and barrier properties of sweet potato starch film. *NFS Journal*, 20(April), 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.nfs.2020.06.002>
- Damayanti, R., Ramahdani, M., Pertiwi, I., & Susilowati, T. (2025). *Pengaruh Filler Nano Precipitated Calcium Carbonate dan Gliserol Terhadap Bioplastik Pati Jagung*. X(1), 11744–11752.
- Dermawan, K., Sigit Lestari, R. A., & Kasmiyatun, M. (2020). Pembuatan Plastik Biodegradable dari Pati Biji Nangka dengan Penambahan Polyvinyl Alcohol (PVA) dan Sorbitol. *CHEMTAG Journal of Chemical Engineering*, 1(1), 18. <https://doi.org/10.56444/cjce.v1i1.1388>
- Desramadhani, R., & Kusuma, Ss. B. W. (2023). The Effect of Sorbitol Concentration on The Characteristics of Starch-Based Bioplastics. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 12(2), 130–142. <https://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ijcs/article/view/70390>
- Dhani, H. R. (2020). Potensi Bioplastik Berbasis Pati Biji Nangka Dengan Selulosa Sabut Kelapa Sebagai Material Pengisi. *Skripsi*, 46.

- Engellita Manekinga, Hanny Frans Sangian, S. H. J. T. (2020). Pembuatan dan Karakterisasi Bioplastik Berbahan Dasar Biomassa dengan Plasticizer Gliserol. *Advances in Materials Science and Engineering*, 1, 23–27. <https://doi.org/10.1155/2022/7314694>
- Eristina, R. D. (2018). *PENGARUH PENAMBAHAN KITOSAN TERHADAP SIFAT MEKANIK BIOPLASTIK PATI UBI KAYU DENGAN PLASTICIZER GLISEROL DAN ZINC OXIDE (ZNO) SEBAGAI PENGUAT*. UNIVERSITAS BRAWIJAYA.
- Ermawati, U., & Haryanto. (2020). Pengaruh Penambahan Kitosan Dan Gliserol Terhadap Karakteristik Film Bioplastik dari Pati Biji Nangka. *University Research Colloquium*, 1(1), 101–106.
- Esayani Rosadi, Ali Ridlo, S. (2024). *Penambahan Plasticizer Sorbitol terhadap Karakteristik Bioplastik dari Limbah*. 13(4), 595–606.
- Farida Cut Trisna. (2024). *Pembuatan Plastik Biodegradable Berbahan Dasar Selulosa dari Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) dengan Penambahan Pati Sagu*.
- Hadi Sujiono Laboratorium Fisika Material Jurusan Fisika, E., & Universitas Negeri Makassar Jl Daeng Tata Raya, F. (2013). *KARAKTERISASI KALSIMUM KARBONAT (Ca(CO₃)) DARI BATU KAPUR KELURAHAN TELLU LIMPOE KECAMATAN SUPPA*. 169–172.
- Handayani, J., & H Haryanto. (2020). Pengaruh Penambahan Kitosan dan Sorbitol pada Pembuatan Film Bioplastik dari Biji Alpukat terhadap Karakteristik Bioplastik. *Prosiding University Research Colloquium*, 41–47.

- Hardiansyah, Y., & Udjiana, S. S. (2023). Studi Literatur Karakterisasi Plastik Biodegradable Berbahan Dasar Pati Dengan Penambahan Filler Casio3 Dan Caco3. *DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi*, 6(2), 188–197. <https://doi.org/10.33795/distilat.v6i2.84>
- Hardiningtyas, S. D., Winarsih, D., & Ibahim, B. (2024). Efek Penambahan Sorbitol terhadap Karakteristik Film Bioplastik Berbasis Kitosan dan Agar. *Jurnal Pascapanen Dan Bioteknologi Kelautan Dan Perikanan*, 19(1), 17. <https://doi.org/10.15578/jpbkp.v19i1.949>
- Haryati, S., Rini, A. S., & Safitri, Y. (2017). Utilization of durian seeds as raw material for biodegradable plastic with glycerol plasticizer and CaCO₃ filler. *Chemical Engineering Journal*, 23(1), 1–8.
- Hasanah, Y. R., & Haryanto. (2017). The effect of addition calcium carbonate (CaCO₃) and clay on mechanical and biodegradable plastic properties of tapioca waste. *Techno*, 18(2), 96–107.
- Hidayati Sri, Zuidar Ahmad Sapta, & Ardiani Astri. (2015). Aplikasi Sorbitol Pada Produksi Biodegradable Film dari Nata De Cassava. *Reaktor*, 15(3), 196–204.
- Hutabalian, P., Harsujowono, B. A., & Hartati, A. (2020). The Effect of Filler Type and Concentration on The Bioplastic Characteristics of Cornstarch. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 8(4), 580–586.
- Huwaidi, A. F., & Supriyo, E. (2022). Pembuatan Plastik Biodegradable Pati Jagung Terplastisasi Sorbitol dengan Pengisi Selulosa dari Ampas Tebu. *Equilibrium Journal of Chemical Engineering*, 6(1), 45–49. <https://doi.org/10.20961/equilibrium.v6i1.62552>

- Indriani, S., Wijaya, M., & Syahrir, M. (2023). Sintesis dan Karakterisasi Bioplastik dari Pati Biji Nangka (*Artocarpus heterophyllus*) dengan Penguat CMC (Carboxy Methyl Cellulose). *Jurnal Chemica*, 24(1), 23–32.
- Isnaini, syarifatul ulya nur. (2019). Karakteristik Plastik Biodegradable Berbahan Selulosa Dari Cangkang Buah Nipah (*Nypa fruticans*). *Skripsi*, 1–126.
- Khasun, U. H. L. (2023). *PENGARUH PENAMBAHAN EKSTRAK RUMPUT LAUT TAMBAK (Gracilaria sp.) TERHADAP KARAKTERISTIK BIOPLASTIK BERBASIS KITOSAN-PATI BUAH LINDUR (Bruguira Gymnorriszha)*. UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO.
- Khodijah, S., & Tobing, J. M. L. (2023). Tinjauan Plastik Biodegradable dari Limbah Tanaman Pangan sebagai Kantong Plastik Mudah Terurai. *Teknotan*, 17(1), 21. <https://doi.org/10.24198/jt.vol17n1.3>
- KURNIAWAN, M. A. (2019). *PENGARUH PENAMBAHAN KALSIUM KARBONAT (CaCO₃) TERHADAP KARAKTERISTIK BIOPLASTIK PATI BIJI NANGKA DENGAN PEMLASTIS GLISEROL*. UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG.
- Lailiyah, Q., Lailiyah, Q., Baqiya, M. A., & Darminto, D. (2012). Pengaruh Temperatur dan Laju Aliran Gas CO₂ pada Sintesis Kalsium Karbonat Presipitat dengan Metode Bubbling. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 1(1), B6–B10. http://ejurnal.its.ac.id/index.php/sains_seni/article/view/287%0Ahttps://ejurnal.its.ac.id
- Lestari, F. A. (2021). *Ekstraksi selulosa dari daun kapas*

untuk kegunaan sebagai bahan pengental pada injeksi air tugas akhir (p. 18).

- Mauliddiyah, N. L. (2021). *SINTESIS DAN KARAKTERISASI BIOPLASTIK BERBASIS SELULOSA ASETAT LIMBAH TEBU – KITOSAN – GLISEROL*. UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO SEMARANG.
- 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. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2004.00781.x>
- Munsir, I. (2019). Pemanfaatan Pati Biji Nangka (*Artocarpus heterophyllus* L) dalam Menurunkan Kadar Klorida Air (Studi In Vitro). *Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar*.
- Nafilah, I., & Sedyadi, E. (2019). Pengaruh Penambahan Sorbitol dan Gliserol Terhadap Degradasi Bioplastik Pati Singkong dalam Media Tanah dan Kompos. *Jurnal KRIDATAMA Sains Dan Teknologi*, 1(1), 38–46.
- Nur, R. A., Nazir, N., & Taib, G. (2020). *Karakteristik Bioplastik dari Pati Biji Durian dan Pati Singkong yang Menggunakan Bahan Pengisi MCC (Microcrystalline cellulose) dari Kulit Kakao*. 25(April), 1–10.
- Nuryati, N., Jaya, J. D., & Norhekmah, N. (2019). Pembuatan Plastik Biodegradable Dari Pati Biji Nangka. *Jurnal Teknologi Agro-Industri*, 6(1), 20–30. <https://doi.org/10.34128/jtai.v6i1.83>
- Permata, S. D. (2023). *SINTESIS DAN KARAKTERISASI BIOPLASTIK PATI BIJI ASAM (Tamarindus indica L.)-*

GLUKOMANAN UMBI PORANG (Amorphophalus oncophyllus Prain)- KITOSAN. UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO.

Putra, A. D., Johan, V. S., & Efendi, R. (2017). Pembuatan Edible Film Pati Sukun. *Jom Fakultas Pertanian*, 4(2), 1–15.

Quraish Shihab, K. M. (2011). *PENDIDIKAN LINGKUNGAN HIDUP DAN IMPLEMENTASINYA DALAM PENDIDIKAN ISLAM (Analisis Surat Al-A'raf Ayat 56-58 Tafsir Al Misbah.*

Radtra, A. H. A., & Udjiana, S. (2023). Pembuatan Plastik Biodegradable Dari Pati Limbah Tongkol Jagung (*Zea Mays*) Dengan Penambahan Filler Kalsium Silikat Dan Kalsium Karbonat. *DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi*, 7(2), 427–435. <https://doi.org/10.33795/distilat.v7i2.243>

Rahmatullah, Putri, R. W., Rendana, M., Waluyo, U., & Andrianto, T. (2022). Effect of Plasticizer and Concentration on Characteristics of Bioplastic Based on Cellulose Acetate from Kapok (*Ceiba pentandra*) Fiber. *Science and Technology Indonesia*, 7(1), 73–83. <https://doi.org/10.26554/sti.2022.7.1.73-83>

Ramadhani, W. P. (2023). *Pengaruh variasi konsentrasi nanoselulosa terhadap karakteristik bioplastik berbahan kitosan-sorbitol.* UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO SEMARANG.

Risnoyatiningsih, S. (2011). Hydrolysis of starch saccharides from sweet potatoes using enzyme. *Jurnal Teknik Kimia*, 5(2), 417–424.

Rizwana Beevi, K., Sameera Fathima, A. R., Thahira Fathima,

- A. I., Thameemunisa, N., Noorjahan, C. M., & Deepika, T. (2020). Bioplastic synthesis using banana peels and potato starch and characterization. *International Journal of Scientific and Technology Research*, 9(1), 1809–1814.
- ROHMAD, J. (2018). *PENGARUH PENAMBAHAN KALSIUM KARBONAT TERHADAP SIFAT MEKANIK BIOPLASTIK PATI UBI KAYU DENGAN PEMLASTIS GLISEROL*. UNIVERSITAS BRAWIJAYA.
- Rosmi, F., Sari, D. A., & Imawati, S. (2020). Upaya Meningkatkan Pengetahuan dalam Memanfaatkan Sampah Plastik Melalui Kerajinan Bunga dari Kantong Kresek di RT 001. *Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 1–10.
- Rotua Adryani, & Maulida. (2015). Pengaruh Ukuran Partikel Dan Komposisi Abu Sekam Padi Hitam Terhadap Sifat Kekuatan Tarik Komposit Poliester Tidak Jenuh. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 3(4), 31–36. <https://doi.org/10.32734/jtk.v3i4.1653>
- Rozali, Z. F. (2024). Mini review: Peran fisiologis pati resisten sebagai substrat bakteri kolon dalam produksi asam lemak rantai pendek. *Jurnal Bioleuser*, 8(1), 26–32. <https://doi.org/10.24815/bioleuser.v8i1.40012>
- Sari, D. P., Lestari, P. M., & Nining, N. (2022). Review: Komposit Polimer Pektin dalam Sistem Penghantaran Obat. *Majalah Farmasetika*, 7(1), 1. <https://doi.org/10.24198/mfarmasetika.v7i1.36568>
- Setiani, W., Sudiarti, T., & Rahmidar, L. (2013). Preparasi Dan Karakterisasi Edible Film Dari Poliblend Pati Sukun-Kitosan. *Jurnal Kimia VALENSI*, 3(2).

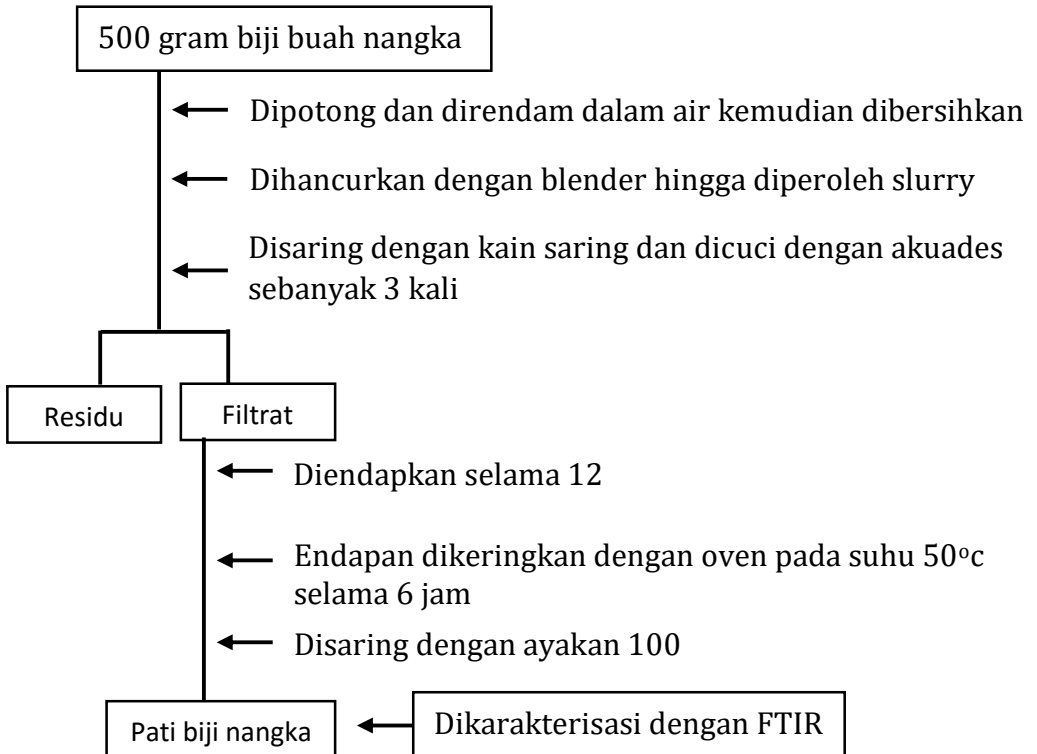
<https://doi.org/10.15408/jkv.v3i2.506>

- Setiawan, S. Y. (2019). *Pengaruh Temperatur Terhadap Kekuatan Tarik Dan Tekan Pada Proses Ekstrusi Di Mesin Printer 3D*. 1–57.
- Soraya, L. (2020). PEMANFAATAN LIMBAH BIJI DURIAN SEBAGAI PLASTIK BIODEGRADABLE DENGAN VARIASI SUHU GELATINASI DAN PENAMBAHAN CaCO₃. *Jurnal ATMOSPHERE*, 1(1), 1–7. <https://doi.org/10.36040/atmosphere.v1i1.2955>
- Syahputra, S. Y., Agustina, R., & Putra, B. S. (2022). Kuat Tarik Edible Film Bahan Dasar Pati Sagu Dengan Penambahan Sorbitol. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 7(2), 464–471. <https://doi.org/10.17969/jimfp.v7i2.19598>
- Tongdeesoontorn, W., Mauer, L. J., Wongruong, S., Sriburi, P., & Rachtanapun, P. (2011). Effect of carboxymethyl cellulose concentration on physical properties of biodegradable cassava starch-based films. *Chemistry Central Journal*, 5(1), 1–9. <https://doi.org/10.1186/1752-153X-5-6>
- Tyas, K., & Sari, P. (2012). PEMANFAATAN TEPUNG BIJI NANGKA (*Artocarpus heterophyllus lamk*) SEBAGAI SUBSTITUSI DALAM PEMBUATAN KUDAPAN BERBAHAN (*Kajian terhadap Analisis Proksimat serta Sifat Organoleptiknya*).
- Unsa, L. K., & Paramastri, G. A. (2018). Kajian Jenis Plasticizer Campuran Gliserol dan Sorbitol Terhadap Sintesis dan Karakterisasi Edible Film Pati Bonggol Pisang Sebagai Pengemas Buah Apel. *Jurnal Kompetensi Teknik*, 10(1), 35–47.

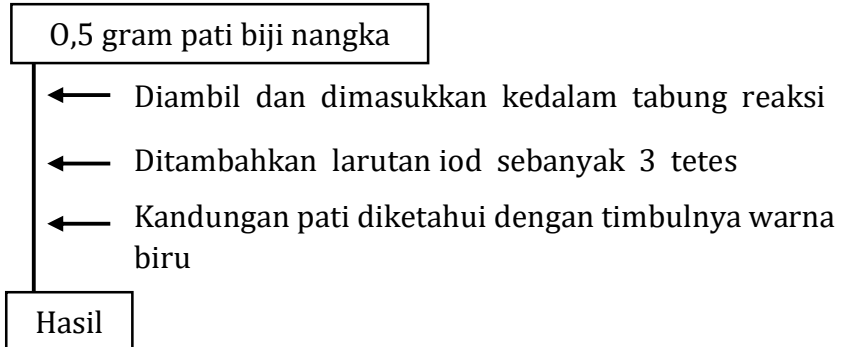
LAMPIRAN

Lampiran 1 Skema Prosedur Kerja

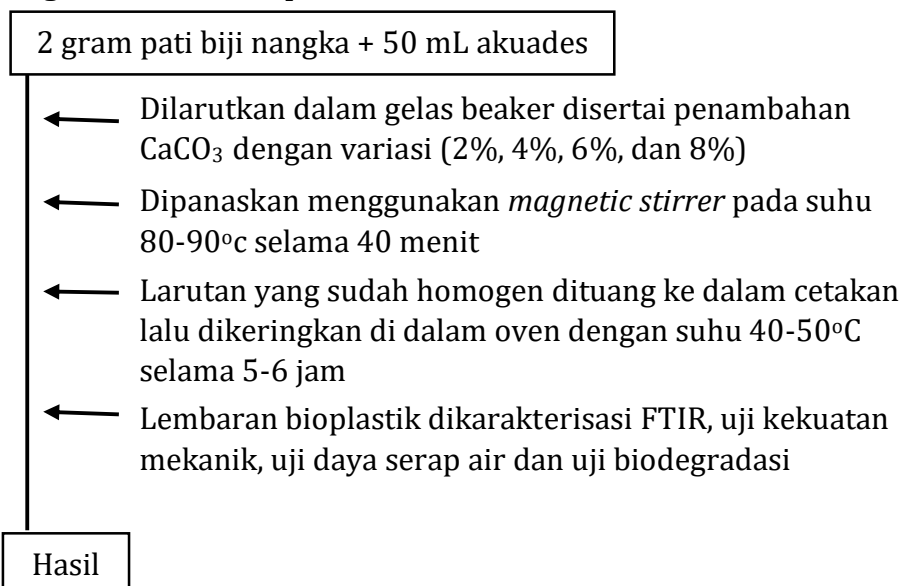
Bagan 1. Ekstraksi Pati



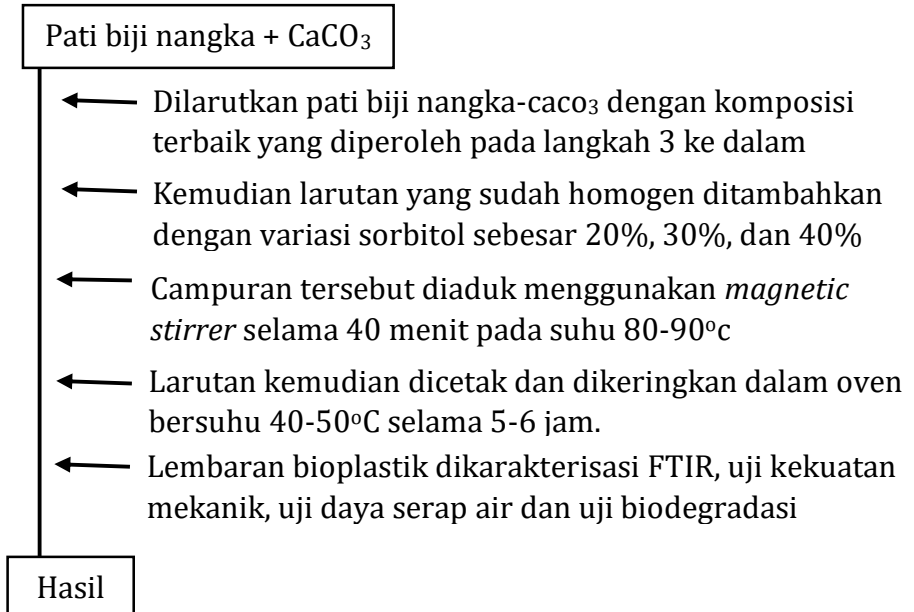
Bagan 2. Uji Kualitatif Pati Biji Nangka



Bagan 3. Sintesis Bioplastik Pati BN- CaCO_3

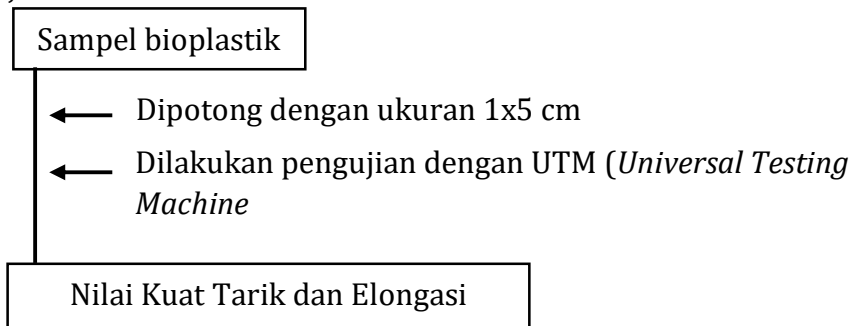


Bagan 4. Sintesis Bioplastik Pati BN-CaCO₃-Sorbitol

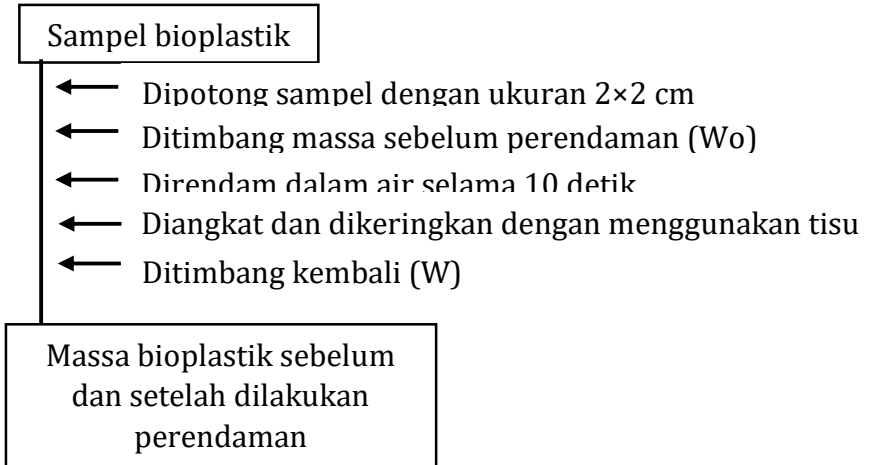


Bagan 5. Pengujian bioplastik

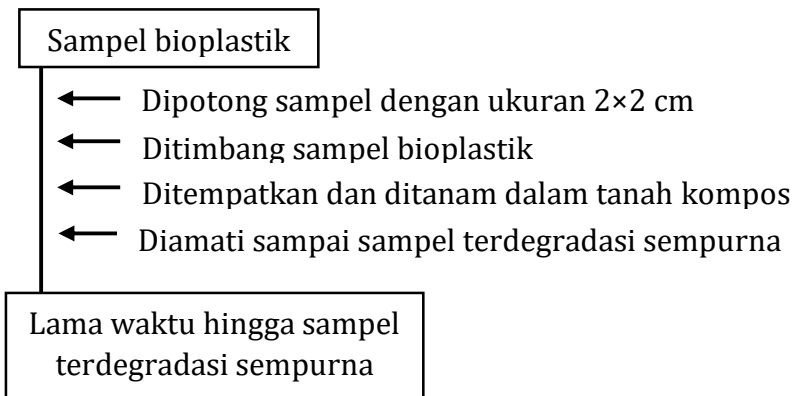
Uji Mekanik



Uji Daya Serap Air



Uji biodegradasi



Lampiran 2 Hasil Uji Kekuatan Mekanik

Optimasi Bioplastik Pati BN-CaCO₃

Sampel Bioplastik	Hasil Kuat Tarik Sampel (Mpa)	Kuat Tarik SNI (Mpa)	Hasil Elongasi Sampel (%)	Elongasi SNI (%)
Pati BN-CaCO ₃ 2%	33.72	24.4-30.2	3.33	21-220
Pati BN-CaCO ₃ 4%	40.00		2.83	
Pati BN-CaCO ₃ 6%	32.30		2.00	
Pati BN-CaCO ₃ 8%	18.34		1.11	

Bioplastik pati BN-CaCO₃-Sorbitol

Sampel bioplastik	Hasil kuat tarik (MPa)	Kuat tarik sni (MPa)	Hasil elongasi (%)	Elongasi sni (%)
Pati BN-CaCO ₃ -Sorbitol 20%	15.69	24.4-30.2	7.3	21-220
Pati BN-CaCO ₃ -Sorbitol 30%	9.91		22	
Pati BN-CaCO ₃ -Sorbitol 40%	6.37		40	

Lampiran 3 Hasil Uji Daya Serap

Hasil Uji Daya Serap Bioplastik Pati BN-CaCO₃

Sampel bioplastik	Hasil uji daya serap air (%)	Daya serap air SNI (%)
Pati BN-CaCO ₃ 2%	23	Maksimum 21,5
Pati BN-CaCO ₃ 4%	23,3	
Pati BN-CaCO ₃ 6%	23,8	
Pati BN-CaCO ₃ 8%	25,8	

1. Sampel bioplastik optimasi Pati BN-CaCO₃ 2%

$$\begin{aligned} \text{a. Daya Serap (\%)} &= \frac{0,0512 - 0,0436}{0,0436} \times 100\% \\ &= 17,43\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. Daya Serap (\%)} &= \frac{0,0476 - 0,0370}{0,0370} \times 100\% \\ &= 28,64\% \end{aligned}$$

$$\bar{X} = 23\%$$

2. Sampel bioplastik optimasi Pati BN-CaCO₃ 4%

$$\begin{aligned} \text{c. Daya Serap (\%)} &= \frac{0,0484 - 0,0401}{0,0401} \times 100\% \\ &= 20,69\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{d. Daya Serap (\%)} &= \frac{0,0378 - 0,0300}{0,0300} \times 100\% \\ &= 26\% \end{aligned}$$

$$\bar{X} = 23,34\%$$

3. Sampel bioplastik optimasi Pati BN-CaCO₃ 6%

$$\begin{aligned} \text{e. Daya Serap (\%)} &= \frac{0,0792-0,0666}{0,0666} \times 100\% \\ &= 18,91\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{f. Daya Serap (\%)} &= \frac{0,0585-0,0454}{0,0454} \times 100\% \\ &= 28,8\% \end{aligned}$$

$$\bar{X} = 23,88\%$$

4. Sampel bioplastik optimasi Pati BN-CaCO₃ 8%

$$\begin{aligned} \text{g. Daya Serap (\%)} &= \frac{0,0540-0,0429}{0,0429} \times 100\% \\ &= 25,87\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{h. Daya Serap (\%)} &= \frac{0,0600-0,0480}{0,0480} \times 100\% \\ &= 25\% \end{aligned}$$

$$\bar{X} = 25,43\%$$

Tabel Uji Daya Serap Air Bioplastik Pati BN-CaCO₃-Sorbitol

Sampel bioplastik	Hasil Uji Daya Serap (%)	Daya Serap Air SNI (%)
pati BN-CaCO ₃ -Sorbitol 20%	20,9	Maksimum 21.5
pati BN-CaCO ₃ -Sorbitol 30%	21	
pati BN-CaCO ₃ -Sorbitol 40%	21,2	

1. Sampel bioplastik Pati BN-CaCO₃-Sorbitol 20%

$$\begin{aligned} \text{a. Daya Serap (\%)} &= \frac{0,0566-0,0459}{0,0459} \times 100\% \\ &= 23,31\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. Daya Serap (\%)} &= \frac{0,0640-0,0540}{0,0540} \times 100\% \\ &= 18,51\% \end{aligned}$$

$$\bar{X} = 20,91\%$$

2. Sampel bioplastik Pati BN-CaCO₃-Sorbitol 30%

$$\begin{aligned} \text{a. Daya Serap (\%)} &= \frac{0,0594-0,0477}{0,0477} \times 100\% \\ &= 24,52\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. Daya Serap (\%)} &= \frac{0,0456-0,0388}{0,0388} \times 100\% \\ &= 17,52\% \end{aligned}$$

$$\bar{X} = 21\%$$

3. Sampel bioplastik Pati BN-CaCO₃-Sorbitol 40%

$$\begin{aligned} \text{a. Daya Serap (\%)} &= \frac{0,0940-0,0778}{0,0778} \times 100\% \\ &= 20,82\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. Daya Serap (\%)} &= \frac{0,0689-0,0566}{0,0566} \times 100\% \\ &= 22\% \end{aligned}$$

$$\bar{X} = 21,27\%$$

Lampiran 4 Hasil uji biodegradasi

Optimasi bioplastik PBN-CaCO₃

Sampel Bioplastik	Pengurangan Masa Hari Ke- (gram)						
	Berat awal (gram)	2	4	6	9	11	12
PBN-CaCO ₃ 2% (1)	0,0438	0,0374	0,0333	0,0290	0,0216	0,0142	0
PBN-CaCO ₃ 2% (2)	0,0456	0,0376	0,0305	0,0287	0,0219	0,0127	0
PBN-CaCO ₃ 4% (1)	0,0530	0,0499	0,0362	0,0289	0,0116	0	
PBN-CaCO ₃ 4% (2)	0,0512	0,0480	0,0339	0,0291	0,0119	0	
PBN-CaCO ₃ 6% (1)	0,0465	0,0370	0,0265	0,0104	0		
PBN-CaCO ₃ 6% (2)	0,0523	0,0498	0,0223	0,0134	0		
PBN-CaCO ₃ 8% (1)	0,0491	0,0256	0,0112	0			
PBN-CaCO ₃ 8% (2)	0,0412	0,0211	0,0126	0			

Perhitungan biodegradasi hari ke-2

1. PBN-CaCO₃ 2%

$$\begin{aligned}\text{a. } \%W &= \frac{0,0438-0,0374}{0,0438} \times 100\% \\ &= 14,61\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{b. } \%W &= \frac{0,0456-0,0376}{0,0456} \times 100\% \\ &= 17,54\%\end{aligned}$$

2. PBN-CaCO₃ 4%

$$\begin{aligned}\text{a. } \%W &= \frac{0,0530-0,0499}{0,0530} \times 100\% \\ &= 5,84\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{b. } \%W &= \frac{0,0512-0,0480}{0,0512} \times 100\% \\ &= 6,25\%\end{aligned}$$

3. PBN-CaCO₃ 6%

$$\begin{aligned}\text{a. } \%W &= \frac{0,0465-0,0370}{0,0465} \times 100\% \\ &= 20,43\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{b. } \%W &= \frac{0,0523-0,0498}{0,0523} \times 100\% \\ &= 4,78\%\end{aligned}$$

4. PBN-CaCO₃ 8%

$$\begin{aligned}\text{a. } \%W &= \frac{0,0491-0,0256}{0,0491} \times 100\% \\ &= 47,86\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{b. } \%W &= \frac{0,0412-0,0211}{0,0412} \times 100\%\end{aligned}$$

$$= 47,74\%$$

Perhitungan biodegradasi hari ke-4

1. PBN-CaCO₃ 2%

$$\begin{aligned} \text{a. } \%W &= \frac{0,0438-0,0333}{0,0438} \times 100\% \\ &= 23,97\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. } \%W &= \frac{0,0456-0,0305}{0,0456} \times 100\% \\ &= 33,11\% \end{aligned}$$

2. PBN-CaCO₃ 4%

$$\begin{aligned} \text{a. } \%W &= \frac{0,0530-0,0362}{0,0530} \times 100\% \\ &= 31,69\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. } \%W &= \frac{0,0512-0,0339}{0,0512} \times 100\% \\ &= 33,78\% \end{aligned}$$

3. PBN-CaCO₃ 6%

$$\begin{aligned} \text{a. } \%W &= \frac{0,0465-0,0265}{0,0465} \times 100\% \\ &= 43\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. } \%W &= \frac{0,0523-0,0223}{0,0523} \times 100\% \\ &= 57,36\% \end{aligned}$$

4. PBN-CaCO₃ 8%

$$\begin{aligned} \text{a. } \%W &= \frac{0,0491-0,0112}{0,0491} \times 100\% \\ &= 77,11\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{b. } \%W &= \frac{0,0412-0,0126}{0,0412} \times 100\% \\ &= 69,41\%\end{aligned}$$

Perhitungan biodegradasi hari ke-6

1. PBN-CaCO₃ 2%

$$\begin{aligned}\text{a. } \%W &= \frac{0,0438-0,0290}{0,0438} \times 100\% \\ &= 33,78\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{b. } \%W &= \frac{0,0456-0,0287}{0,0456} \times 100\% \\ &= 37\%\end{aligned}$$

2. PBN-CaCO₃ 4%

$$\begin{aligned}\text{a. } \%W &= \frac{0,0530-0,0289}{0,0530} \times 100\% \\ &= 45,47\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{b. } \%W &= \frac{0,0512-0,0291}{0,0512} \times 100\% \\ &= 43,16\%\end{aligned}$$

3. PBN-CaCO₃ 6%

$$\begin{aligned}\text{a. } \%W &= \frac{0,0465-0,0104}{0,0465} \times 100\% \\ &= 77,19\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{b. } \%W &= \frac{0,0523-0,0134}{0,0523} \times 100\% \\ &= 74,37\%\end{aligned}$$

Perhitungan biodegradasi hari ke-9

1. PBN-CaCO₃ 2%

$$\begin{aligned}\text{a. } \%W &= \frac{0,0438-0,0216}{0,0438} \times 100\% \\ &= 50,68\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{b. } \%W &= \frac{0,0456-0,0219}{0,0456} \times 100\% \\ &= 51,97\%\end{aligned}$$

2. PBN-CaCO₃ 4%

$$\begin{aligned}\text{a. } \%W &= \frac{0,0530-0,0116}{0,0530} \times 100\% \\ &= 78,11\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{b. } \%W &= \frac{0,0512-0,0119}{0,0512} \times 100\% \\ &= 76,75\%\end{aligned}$$

Perhitungan biodegradasi hari ke-11

1. PBN-CaCO₃ 2%

$$\begin{aligned}\text{a. } \%W &= \frac{0,0438-0,0142}{0,0438} \times 100\% \\ &= 67,57\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{b. } \%W &= \frac{0,0456-0,0127}{0,0456} \times 100\% \\ &= 72,14\%\end{aligned}$$

Bioplastik PBN-CaCO₃-Sorbitol

Sampel Bioplastik	Pengurangan Masa Hari Ke- (gram)						
	Berat awal (gram)	2	4	6	8	10	12
PBN-CaCO ₃ -Sorbitol 20% (1)	0,0503	0,0470	0,0369	0,0166	0		
PBN-CaCO ₃ -Sorbitol 20% (2)	0,0474	0,0376	0,0288	0,0170	0		
PBN-CaCO ₃ -Sorbitol 30% (1)	0,0565	0,0488	0,0342	0,0252	0,0129	0	
PBN-CaCO ₃ -Sorbitol 30% (2)	0,0669	0,0480	0,0339	0,0291	0,0119	0	
PBN-CaCO ₃ -Sorbitol 40% (1)	0,0471	0,0410	0,0351	0,0289	0,0250	0,0154	0
PBN-CaCO ₃ -Sorbitol 40% (2)	0,0466	0,0411	0,0356	0,0294	0,0236	0,0187	0

Perhitungan biodegradasi hari ke-2

1. PBN-CaCO₃-Sorbitol 20%

a. $\%W = \frac{0,0503 - 0,0470}{0,0503} \times 100\%$

$$= 6,56\%$$

$$\begin{aligned} \text{b. } \%W &= \frac{0,0474-0,0376}{0,0474} \times 100\% \\ &= 20,67\% \end{aligned}$$

2. PBN-CaCO₃-Sorbitol 30%

$$\begin{aligned} \text{a. } \%W &= \frac{0,0565-0,0488}{0,0565} \times 100\% \\ &= 13,62\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. } \%W &= \frac{0,0669-0,0480}{0,0669} \times 100\% \\ &= 28,25\% \end{aligned}$$

3. PBN-CaCO₃-Sorbitol 40%

$$\begin{aligned} \text{a. } \%W &= \frac{0,0471-0,0410}{0,0471} \times 100\% \\ &= 12,95\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. } \%W &= \frac{0,0466-0,0411}{0,0466} \times 100\% \\ &= 11,8\% \end{aligned}$$

Perhitungan biodegradasi hari ke-4

1. PBN-CaCO₃-Sorbitol 20%

$$\begin{aligned} \text{a. } \%W &= \frac{0,0503-0,0369}{0,0503} \times 100\% \\ &= 26,64\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b. } \%W &= \frac{0,0474-0,0288}{0,0474} \times 100\% \\ &= 39,24\% \end{aligned}$$

2. PBN-CaCO₃-Sorbitol 30%

$$\text{a. } \%W = \frac{0,0565-0,0342}{0,0565} \times 100\%$$

$$= 39,46\%$$

$$\text{b. } \%W = \frac{0,0669-0,0339}{0,0669} \times 100\%$$

$$= 49,32\%$$

3. PBN-CaCO₃-Sorbitol 40%

$$\text{a. } \%W = \frac{0,0471-0,0351}{0,0471} \times 100\%$$

$$= 25,47\%$$

$$\text{b. } \%W = \frac{0,0466-0,0356}{0,0466} \times 100\%$$

$$= 23,60\%$$

Perhitungan biodegradasi hari ke-6

1. PBN-CaCO₃-Sorbitol 20%

$$\text{a. } \%W = \frac{0,0503-0,0166}{0,0503} \times 100\%$$

$$= 66,99\%$$

$$\text{b. } \%W = \frac{0,0474-0,0170}{0,0474} \times 100\%$$

$$= 64,13\%$$

2. PBN-CaCO₃-Sorbitol 30%

$$\text{a. } \%W = \frac{0,0565-0,0252}{0,0565} \times 100\%$$

$$= 55,39\%$$

$$\text{b. } \%W = \frac{0,0669-0,0291}{0,0669} \times 100\%$$

$$= 56,5\%$$

3. PBN-CaCO₃-Sorbitol 40%

$$\begin{aligned}\text{a. } \%W &= \frac{0,0471-0,0289}{0,0471} \times 100\% \\ &= 38,64\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{b. } \%W &= \frac{0,0466-0,0294}{0,0466} \times 100\% \\ &= 36,9\%\end{aligned}$$

Perhitungan biodegradasi hari ke-8

1. PBN-CaCO₃-Sorbitol 30%

$$\begin{aligned}\text{a. } \%W &= \frac{0,0565-0,0129}{0,0565} \times 100\% \\ &= 77,16\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{b. } \%W &= \frac{0,0669-0,0119}{0,0669} \times 100\% \\ &= 82,21\%\end{aligned}$$

2. PBN-CaCO₃-Sorbitol 40%

$$\begin{aligned}\text{a. } \%W &= \frac{0,0471-0,0250}{0,0471} \times 100\% \\ &= 46,92\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{b. } \%W &= \frac{0,0466-0,0236}{0,0466} \times 100\% \\ &= 49,35\%\end{aligned}$$

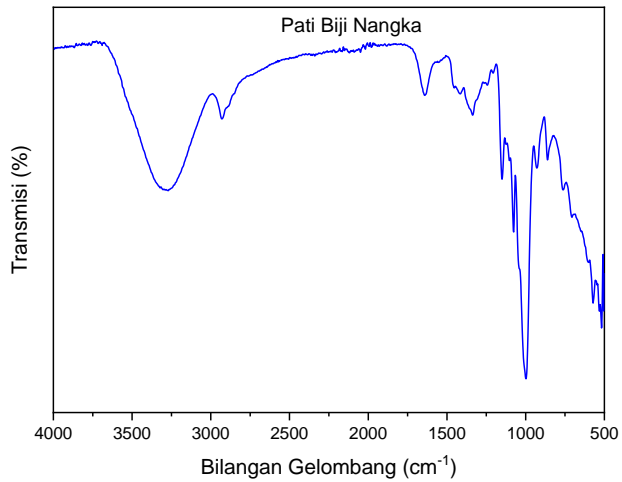
Perhitungan biodegradasi hari ke-10

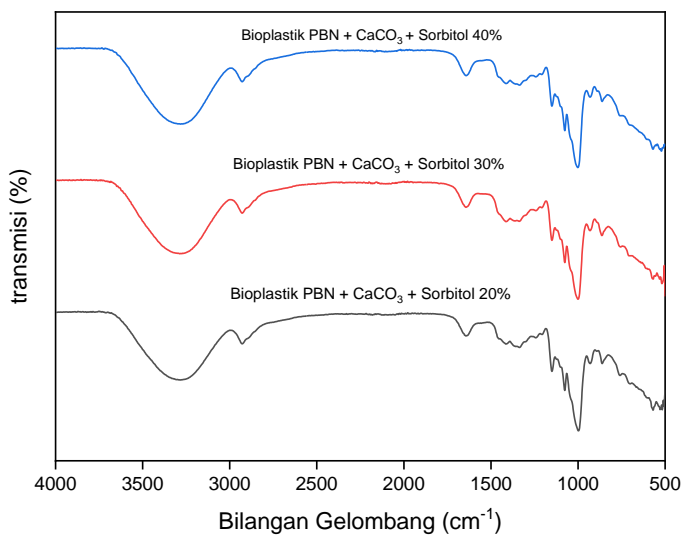
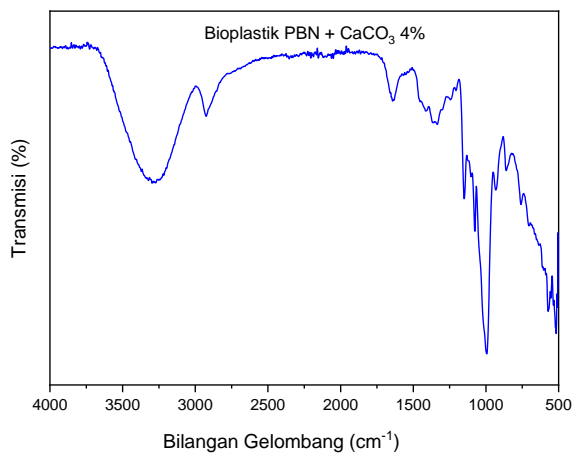
1. PBN-CaCO₃-Sorbitol 40%

$$\begin{aligned}\text{a. } \%W &= \frac{0,0471-0,0154}{0,0471} \times 100\% \\ &= 67,3\%\end{aligned}$$




$$\begin{aligned} \text{b. } \%W &= \frac{0,0466-0,0187}{0,0466} \times 100\% \\ &= 59,87\% \end{aligned}$$


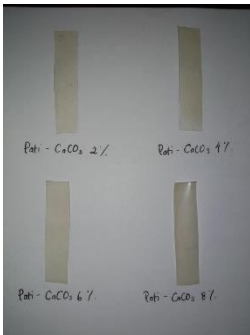

Lampiran 5 Data FTIR







Lampiran 6 Dokumentasi

No.	Aktivitas	Gambar
1.	Preparasi biji buah nangka	
2.	Hasil ekstraksi pati	
3.	Uji kualitatif pati	

4.	Sintesis bioplastik	
5.	Hasil sintesis bioplastik PBN-CaCO ₃	
6.	Hasil sintesis bioplastik PBN-CaCO ₃ -Sorbitol	

7.	Uji daya serap	
8.	Uji biodegradasi	

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

A. Identitas Diri

1. Nama : Winda Sulistiyani
2. TTL : Jakarta, 21 Maret 2003
3. Alamat : Jalan Abdurrahman no.42
RT.8/RW.11, Cakung Timur,
Cakung, Jakarta Timur, DKI Jakarta
4. Nomor HP : 081210969038
5. E-mail : windasulistiyani39@gmail.com

B. Riwayat Pendidikan

1. SDN Cakung Timur 09
2. MTs Negeri 20 Jakarta
3. SMA Negeri 115 Jakarta
4. UIN Walisongo Semarang