

Skripsi

**BIOPLASTIK BERBASIS PEKTIN KULIT PISANG KEPOK
(*Musa Paradisiaca Forma Typica*) DENGAN PENAMBAHAN VARIASI
KITOSAN**

YORISKA PATRISIA AMBA LAYUK

H021 19 1051



**DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

**BIOPLASTIK BERBASIS PEKTIN KULIT PISANG KEPOK
(*Musa Paradisiaca Forma Typica*) DENGAN PENAMBAHAN VARIASI
KITOSAN**

SKRIPSI



*Diajukan Sebagai Salah Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains
Pada Program Studi Fisika Departemen Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Hasanuddin*

**YORISKA PATRISIA AMBA LAYUK
H021191051**

**DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

HALAMAN PENGESAHAN

**BIOPLASTIK BERBASIS PEKTIN KULIT PISANG KEPOK
(*Musa Paradisiaca Forma Typica*) DENGAN PENAMBAHAN VARIASI
KITOSAN**

Disusun dan diajukan oleh:

**YORISKA PATRISIA AMBA LAYUK
H021191051**

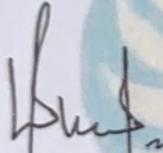
Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin

Pada 23 Februari 2024

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan.

Menyetujui,

Pembimbing Utama



Prof. Dr. Dahlang Tahir, S.Si., M.Si
NIP. 19750907 200003 1 006

Pembimbing Pertama



Heryanto, S.Si., M.Si.
NIP.19911129 202005 3 001

Ketua Program Studi



Prof. Dr. Arifin, M.T.
NIP. 196705201994031002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Yoriska Patrisia Amba Layuk
NIM : H021191051
Program Studi : Fisika
Jenjang : S1

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa karya tulisan saya yang berjudul:

**BIOPLASTIK BERBASIS PEKTIN KULIT PISANG KEPOK
(*Musa Paradisiaca Forma Typica*) DENGAN PENAMBAHAN VARIASI
KITOSAN**

Adalah karya tulis berdasarkan hasil pemikiran dan penelitian saya, bukan merupakan hasil pengambil alihan tulisan maupun pemikiran orang lain. Jika terdapat karya orang lain dalam skripsi ini, maka akan dicantumkan sumber yang benar dan jelas. Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, jika dikemudian hari terdapat ketidakbenaran dan penyimpangan dalam pernyataan ini, maka saya berhak menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 23 Februari 2024

Yang Menyatakan



Yoriska Patrisia Amba Layuk
H021191051

ABSTRAK

Penggunaan plastik terus meningkat, terutama dalam aktivitas pengemasan, transportasi, industri, pertanian dan sektor lainnya. Plastik memiliki keunggulan utama berupa sifat ringan, tahan lama, kuat, dan murah, namun kelemahannya adalah sulit untuk terurai secara alami. Salah satu solusi yang dapat dilakukan sebagai solusi dari masalah yang di sebabkan oleh plastik konvensional adalah pembuatan bioplastik. Pada penelitian ini, membandingkan pektin yang diekstraksi dari limbah kulit pisang dan pektin P-IRT No: 6053578040927 yang kemudian disintesis menjadi bioplastik dengan kitosan yang divariasikan jumlahnya sebagai pengisi, dan gliserol sebagai pemlastis. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh kitosan terhadap sifat mekanik dan kemampuan degradasi bioplastik. Penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui pengaruh struktur kristal dan ikatan kimia terhadap sifat mekanik dan degradasi bioplastik. Bioplastik pektin dikarakterisasi menggunakan X-Ray Diffraction (XRD), Fourier Transform Infra-Red (FTIR), Texture Analyzer, dan biodegradasi bioplastik di dalam tanah dan air laut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan kitosan (0 g, 0,5 g, 1 g dan 1,5 g) pada kedua jenis pektin yang digunakan (pektin kulit pisang kepok dan P-IRT No: 6053578040927), kristalinitas bioplastik masing-masing sebesar 16,04%; 9,4%;12,4%; 13,7%, dan 15,9%; 12,5%; 13,1%; 13,8%. Spektrum FTIR menunjukkan interaksi fisik antar komponen bioplastik, dengan peningkatan hidrofobisitas film setelah penambahan kitosan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah kitosan pada bioplastik meningkatkan kekuatan tarik, modulus young dan menurunkan perpanjangan putus bioplastik. Bioplastik yang tidak ditambahkan kitosan pada bioplastik pektin kulit pisang kepok dan pektin P-IRT No: 6053578040927, terurai sempurna dalam tanah pada hari ke-3 dan ke-1, sedangkan pada air laut pada hari ke-5 dan ke-3. Bioplastik dengan penambahan kitosan masing-masing terurai sempurna pada hari ke-14 dan hari ke-7. Semakin banyak kitosan yang ditambahkan ke dalam bioplastik, semakin sulit terurai baik di tanah maupun air.

Kata Kunci : Bioplastik, Pektin, Biodegradasi

ABSTRACT

The use of plastic continues to increase, especially in packaging, transportation, industry, agriculture, and other sectors. Plastic has the main advantage of being lightweight, durable, strong, and cheap, but its weakness is that it is difficult to biodegrade naturally. Bioplastics have been the focus of research as a sustainable and environmentally friendly alternative to solve the problem of plastic pollution. In this study, pectin extracted from banana peel waste and P-IRT No: 6053578040927 pectin were compared and synthesized into bioplastics with chitosan as a filler and glycerol as a plasticizer. The aim of this study was to determine the effect of chitosan on the mechanical properties and degradation ability of bioplastics. This study also aimed to determine the effect of crystal structure and chemical bonding on the mechanical properties and degradation of bioplastics. The results showed that the addition of chitosan (0 g, 0.5 g, 1 g, and 1.5 g) to both types of pectin used (banana peel pectin and P-IRT No: 6053578040927 pectin) resulted in the crystallinity of the bioplastics being 16.04%; 9.4%; 12.4%; 13.7%, and 15.9%; 12.5%; 13.1%; 13.8%, respectively. The FTIR spectrum showed physical interactions between the bioplastic components, with an increase in hydrophobicity of the film after the addition of chitosan. The results showed that the amount of chitosan in the bioplastics increased the tensile strength and Young's modulus and decreased the elongation at break of the bioplastics. Bioplastics without the addition of chitosan in banana peel pectin bioplastics and P-IRT No: 6053578040927 pectin bioplastics completely degraded in soil on the 3rd and 1st day, respectively, while in seawater on the 5th and 3rd day, respectively. Bioplastics with the addition of chitosan completely degraded on the 14th and 7th day, respectively. The more chitosan added to the bioplastics, the more difficult it was to degrade both in soil and water.

Keywords: *Bioplastic, Pectin, Biodegradation*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul “**BIOPLASTIK BERBASIS PEKTIN KULIT PISANG KEPOK (*Musa Paradisiaca Forma Typica*) DENGAN PENAMBAHAN VARIASI KITOSAN**”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat akademik untuk memperoleh gelar sarjana pada Program Studi Fisika Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin. Penulis menyadari bahwa penyelesaian skripsi ini tidak terlepas dari bantuan dan dorongan yang diberikan oleh berbagai pihak yang secara konsisten memberikan bantuan baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, pada kesempatan ini perkenankanlah penulis untuk menyampaikan ucapan terima kasih yang tulus kepada:

1. Kepada Orang tua, Ibunda tercinta **Marselina Tandira'pak** dan ayahanda terkasih **Pither Amba Layuk** yang selalu membantu dalam jerih payahnya, keringatnya, doa, harapannya, dan semangat yang selalu diberikan yang memotivasi saya untuk dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini sesegera mungkin.
2. Kepada Nenek Terkasih **Alm. Yohana B. Panggarra** dan Kakek **Bartholomeus Tara** yang sudah merawat penulis saat kecil.
3. Kepada saudaraku **Cynthia Putri Ratna, Tri Mutiara, Imanuel Restu, Imanuel Reno**, dan **Queen Amoreiza** yang selalu mendukung dan memberi semangat kepada penulis agar tidak putus asa dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. Kepada seluruh keluarga besar yang selalu mendukung dan memberikan saran dan dukungan berupa moril maupun material, semoga Tuhan senantiasa Memberkati.
5. Kepada Bapak **Prof. Dr. Arifin, M.T.** selaku ketua Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.
6. Kepada Bapak **Prof. Dr. Dahlang Tahir, S.Si., M.Si.** selaku pembimbing utama dan Bapak **Heryanto, S.Si., M.Si.** selaku pembimbing pertama

yang telah banyak memberikan waktunya untuk membimbing, mendukung serta memberi saran selama proses penelitian, dan penulisan hingga penyelesaian skripsi ini.

7. Kepada Ibu **Prof. Dr. Paulus Lobo Gareso, M.Sc.** dan Ibu **Prof. Dr. Tasrief Surungan, M.Sc.** selaku tim penguji dalam melaksanakan seminar proposal penelitian, seminar hasil penelitian dan ujian sidang skripsi fisika.
8. Kepada seluruh Bapak dan Ibu Dosen Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam yang telah mendidik dan membagi ilmunya kepada penulis.
9. Kepada seluruh staf akademik Departemen Fisika Fakultas MIPA yang dengan tulus hati membantu penulis dalam menyelesaikan urusan-urusan akademik.
10. Untuk sahabatku tercinta **Aprilia Ekklesia Marante**, yang selalu menemani penulis dari jaman bayi sampai sekarang. Terimakasih untuk semua kasih, canda tawa, kegilaan dan semua hal yang telah kita lalui. Berharap hal baik akan kita lalui di masa yang akan mendatang.
11. Untuk sahabat **Penggata No Counter (Elmada Rosario, Yusri Yosua, Wilda, Febrianus Arnol, Agusta Dirga, Asiz Asyandi, Aslan)** selaku teman sepermainan di kampung halaman. Terimakasih untuk semua moment yang berharga. Semangat cari kerja dan selamat berjuang untuk kalian.
12. Teman-teman **Crazy Rich (Stania Marsela Omes, Maria Antoinet Tulalit , Enjelin Burjo, dan Gunawan Kiu kiu)** yang sudah menemani penulis selama 4 tahun lebih. Terima kasih untuk omelan, canda gurau, semangat dan moment berharga yang terjadi selama ini. Untuk Maria dan Enjel terimakasih untuk kosnya yang selalu ku tumpangi.
13. Untuk bestieku **Andrianus Mujiawan a.k.a Atten** orang ternyolot, moodyan, dan paling emosian, terimakasih selalu menghibur dengan kebodoaanmu. Semoga sukses.
14. Teman-teman Material 2019 (**Abdul Rasak, Hajrul Farawansya, Rati B, Rifqah Nurul Ihsani, Faradiba Tsani Arif, Ririn Annur, Nur Afikasari Siregar, Nur Alya, Nurlaela, dan Andi Siti Rahma**) yang sudah

menemani penulis selama berada di Lab. Material dan Energi. Terima kasih teman-teman.

15. Teman-teman k lab elins **Tiche, Suci** dan **Salsa** yang sudah bersedia labnya digunakan untuk nonton segala perfilman.
16. Seluruh teman-teman **Fisika 2019** yang telah bersama-sama melewati semester demi semester hingga kini ada yang perjuangannya akan berakhir dan ada yang masih melanjutkan perjuangannya.
17. Kepada teman-teman KKNT Gelombang 108, Kabupaten Tana Toraja, Desa Pakala, (**Sela, Tasya, Izul, Jonli, Hendri dan Kevin**) terima kasih atas dukungannya, sukses selalu untuk kalian.
18. Seluruh pihak yang tidak bisa saya sebutkan satu per satu, yang memberikan bantuan baik secara langsung maupun tidak langsung sejak awal masa perkuliahan hingga terselesaikannya laporan tugas akhir ini.

Dalam penulisan tugas akhir ini, penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dan kesalahan. Oleh karena itu, penulis menerima segala bentuk kritik maupun saran untuk perbaikan di masa yang akan datang.

Akhir kata, semoga penelitian tugas akhir ini dapat bermanfaat khususnya bagi penulis, dan pada segala pihak yang membutuhkan pada umumnya.

Makassar, Februari 2024

Yoriska Patrisia Amba Layuk
H021 191051

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
II.1 Bioplastik	4
II.2 Pisang (<i>Musa Paradisiaca</i>)	5
II.3 Pektin	6
II.4 Gliserol	7
II.5 Kitosan	8
II.6 Asam Sitrat	8
II.7 Metode <i>Solution Casting</i>	9
II. 8 Biodegradasi	9
BAB III METODE PENELITIAN	11
III.1 Waktu dan Tempat Penelitian	11
III.2 Alat dan Bahan	11
III.3 Prosedur Penelitian	12
III.4 Bagan Alir	17
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	18

IV.1 Pektin.....	18
IV.2 Bioplastik.....	18
IV.3 Analisis XRD.....	19
IV.4 Analisis FTIR.....	21
IV.5 Analisis Sifat Mekanik.....	24
IV.6 Analisis Biodegradabilitas.....	29
BAB V PENUTUP.....	34
V.1 Kesimpulan.....	34
V.2 Saran.....	35
DAFTAR PUSTAKA.....	36
LAMPIRAN.....	43

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Klasifikasi Bioplastik	4
Gambar 2.2 Pisang	5
Gambar 2.3 Struktur kimia pektin	6
Gambar 2.4 Struktur gliserol	7
Gambar 2.5 Struktur kimia kitosan	8
Gambar 2.6 Mekanisme biodegradasi	10
Gambar 3.1 Ilustrasi Ekstraksi Pektin.....	13
Gambar 3.2 Ilustrasi Pembuatan Bioplastik	14
Gambar 3.3 Bagan Alir Penelitian	17
Gambar 4.1 Bubuk Pektin P-IRT	18
Gambar 4.2 Bubuk Pektin Kulit Pisang Kepok	18
Gambar 4.3 Bioplastik Pektin P-IRT.....	19
Gambar 4.4 Bioplastik Pektin Kulit Pisang Kepok	19
Gambar 4.5 Grafik XRD Bioplastik Pektin P-IRT	20
Gambar 4.6 Grafik XRD Bioplastik Pektin Kulit Pisang Kepok	21
Gambar 4.7 Spektrum FTIR Bioplastik Pektin P-IRT	22
Gambar 4.8 Spektrum FTIR Bioplastik Pektin Kulit Pisang Kepok	23
Gambar 4.9 Kekuatan Mekanik Bioplastik Pektin P-IRT	24
Gambar 4.10 Kekuatan Mekanik Bioplastik Pektin Kulit Pisang Kepok.....	26

DAFTAR TABEL

Tabel IV.1 Identifikasi Gugus Fungsi Spektrum FTIR	23
Tabel IV.2 Hasil pengujian biodegrabilitas dalam tanah dari bioplastik pektin (P-IRT)	29
Tabel IV.3 Hasil pengujian biodegrabilitas dalam tanah dari bioplastik Pektin Kulit Pisang Kepok	30
Tabel IV.4 Hasil pengujian biodegrabilitas menggunakan air laut dari bioplastik pektin (P-IRT)	31
Tabel IV.5 Hasil pengujian biodegrabilitas menggunakan air laut dari bioplastik Pektin Kulit Pisang Kepok	32

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Plastik merupakan material buatan yang terbuat dari senyawa hidrokarbon, yang dapat diubah menjadi bentuk padat dengan beragam bentuk dan ukuran. Penggunaan plastik terus meningkat karena sifatnya yang menguntungkan, murah, tahan lama, ringan, melimpah, dan dapat diproduksi dalam bentuk apa pun yang diinginkan selama abad ke-20 [1]. Saat ini, semakin banyak plastik yang digunakan untuk tujuan sekali pakai sehingga banyak sampah plastik yang mulai menumpuk di lingkungan alam. Plastik konvensional yang banyak digunakan memiliki sifat yang tidak ramah lingkungan karena sulit terurai secara alami dan menyebabkan pencemaran lingkungan yang serius [2]. Plastik dapat terurai di tanah 1000 tahun lamanya, sedangkan kantong plastik 10 hingga 1000 tahun [3]. Botol plastik dapat terurai di alam sekitar 450 tahun [4]. “Menurut data statistik Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN), sampah plastik menempati urutan ke-2 terbesar setelah sampah organik kuliner. Plastik sudah menjadi salah satu bahan yang paling umum digunakan dalam kehidupan kita sehari-hari, pada tahun 2021 Indonesia menghasilkan 25,95 juta ton atau 15,96% dari total sampah yang dihasilkan” [5].

Pengembangan plastik biodegradable atau bioplastik yang dapat terdegradasi oleh mikroorganisme dan air merupakan salah satu pendekatan untuk mengatasi masalah sampah plastik [6]. Bioplastik merupakan jenis plastik yang diproduksi menggunakan bahan-bahan alami atau organik, seperti tumbuhan, alga, pati, pektin dan mikroorganisme. Tidak seperti plastik konvensional yang berasal dari minyak bumi, bioplastik menggunakan sumber daya yang dapat diperbaharui. Bioplastik merupakan biopolimer yang dapat digunakan sebagai alternatif berkelanjutan karena kemampuan biodegradabilitas dan kompostabilitasnya [7].

Pektin merupakan polimer nabati dengan berbagai manfaat, tidak beracun, terjangkau, mudah diakses di alam, dan dapat terurai secara hayati. Pektin adalah komponen sel tanaman yang dapat ditemukan di dinding sel dan lamella tengah jaringan tanaman. Pektin merupakan polisakarida alami dan terbarukan digunakan

dalam industri makanan sebagai zat penstabil, penebalan dan enkapsulasi, dianggap sebagai polimer dengan potensi besar untuk pengembangan di masa depan [8].

Salah satu bahan yang dapat digunakan dalam produksi bioplastik adalah kulit pisang. Pisang adalah buah tropis yang tumbuh di lebih dari 122 negara di seluruh dunia dan memiliki produksi dalam jumlah ton. Setiap bagian pisang memiliki manfaat, termasuk kulitnya yang seringkali dianggap limbah karena tidak dikonsumsi oleh manusia. Limbah kulit pisang terdapat pektin sebanyak 22,4% yang dapat menjadi bioplastik, yang dapat memberikan manfaat ganda dengan mengurangi limbah plastik dan mendukung lingkungan. Penggunaan kulit pisang memiliki kelebihan yaitu fleksibilitas, ramah pengguna, dan mudah terhidrasi [9].

Kitosan sebagai filler dapat digunakan untuk meningkatkan sifat mekanik film berbasis pektin dan mengurangi permeabilitas uap air. Kitosan merupakan biopolimer dengan kelarutan air yang rendah, sehingga dapat membantu meningkatkan sifat penghalang air dan kinerja mekanik bioplastik. Selain itu, kitosan relatif tahan terhadap migrasi oksigen dan karbon dioksida, menjadikannya bahan yang dapat digunakan untuk produksi bioplastik. [10].

Penambahan plasticizer gliserol dapat menghasilkan bioplastik yang lebih fleksibel. Gliserol dapat digunakan sebagai bahan pembuatan film hidrofilik karena gliserol merupakan plasticizer hidrofilik, bioplastik yang ditambahkan gliserol berpengaruh terhadap penggunaan bahan baku berupa pati dan juga pektin. Gliserol lebih menguntungkan daripada sorbitol karena lebih larut dalam air (hidrofilik) dan larut dalam larutan film [11].

Berdasarkan uraian diatas dilakukan penelitian dengan tujuan menghasilkan bioplastik yang terbuat dari pektin, yang diperkuat dengan campuran polimer alami yaitu kitosan. Proses pembuatan film menggunakan metode *solution casting*, karakterisasi menggunakan teknik analisis *Fourier Transform Infrared* (FTIR) untuk mengidentifikasi interaksi fisik antara komponen-komponen dalam biopolimer, *X-ray Diffraction* (XRD) untuk memahami sifat struktur dari gabungan bahan biopolymer yang digunakan. Uji kekuatan tarik (*tensile strength*) akan dilakukan untuk mengetahui kekuatan film

yang dihasilkan, serta uji biodegradasi untuk mengetahui seberapa cepat bioplastik terdegradasi oleh mikroorganisme di suatu lingkungan.

I.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh penambahan variasi kitosan pada bioplastik berbahan dasar pektin (P-IRT No : 6053578040927) dan pektin kulit pisang kepok terhadap sifat mekanik dan kemampuan degradasi bioplastik?
2. Bagaimana pengaruh struktur kristal dan ikatan kimia pada sifat mekanik dan degradasi pada bioplastik?

I.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang melatarbelakangi penelitian ini adalah sebagai berikut:

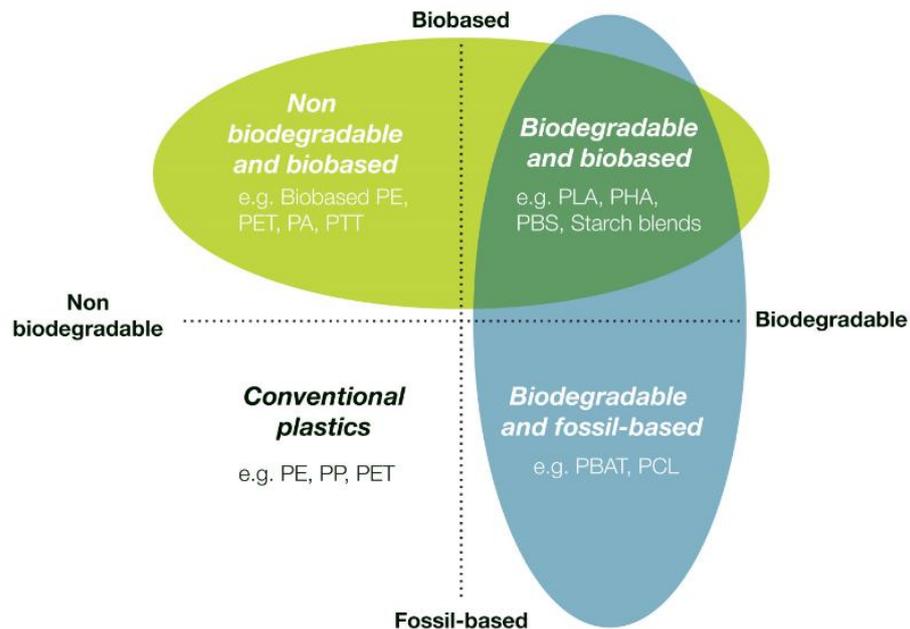
1. Menganalisis pengaruh penambahan variasi kitosan pada bioplastik berbahan dasar pektin (P-IRT No : 6053578040927) dan pektin kulit pisang kepok terhadap sifat mekanik dan kemampuan degradasi bioplastik.
2. Menganalisis pengaruh struktur kristal dan ikatan kimia pada sifat mekanik dan degradasi pada bioplastik.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Bioplastik

Bioplastik adalah jenis plastik yang dibuat dari bahan-bahan organik atau sumber-sumber alami yang dapat terurai secara alami. Bahan-bahan ini mencakup komponen seperti pati, pektin, selulosa, lignin, kitosan, minyak nabati, dan lain-lain, yang dapat diperoleh dari tanaman, mikroorganisme, atau limbah organik. Sifat unggul bioplastik terletak pada kemampuannya untuk mengalami degradasi secara alami dengan bantuan mikroorganisme atau melalui proses daur ulang. Dalam menghadapi masalah lingkungan akibat penggunaan plastik konvensional yang sulit terurai, bioplastik menjadi alternatif yang lebih ramah lingkungan, karena proses degradasinya tidak menyebabkan akumulasi sampah plastik yang berbahaya bagi lingkungan [12].



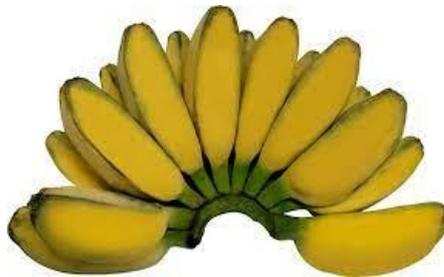
Gambar 2.1 Klasifikasi Bioplastik [12]

Bioplastik memberikan manfaat tambahan dibandingkan plastik yang diperoleh dari minyak, seperti pengurangan jejak karbon, fungsionalitas yang lebih baik, dan memberikan pilihan tambahan dalam pengelolaan limbah, seperti daur ulang organik [7]. Penggunaan plastik berbasis bio dapat mengurangi

konsumsi bahan baku tak terbarukan, yang harganya mungkin akan meningkat secara signifikan dalam beberapa dekade mendatang karena ketersediaannya yang semakin terbatas. Bioplastik memiliki keunggulan dalam mengurangi emisi gas rumah kaca karena tanaman yang ditanam untuk produksinya berkontribusi terhadap penyerapan CO₂ dari atmosfer selama masa pertumbuhannya [13].

II.2 Pisang (*Musa Paradisiaca*)

Pisang merupakan buah tropis terkemuka dengan nilai gizi tinggi. Pisang dikonsumsi atau diolah menjadi produk berbeda, seperti makanan ringan, pestisida, atau pewarna makanan. Popularitas pisang sebagai makanan fungsional meningkat secara signifikan karena kandungan karbohidratnya yang tinggi dan daya cerna yang rendah, berat kulitnya menyumbang 35% dari total berat buah. Dengan demikian, sekitar 39,9 juta ton kulit pisang diproduksi setiap tahunnya. Kulit pisang sebagai limbahnya mempunyai kapasitas antioksidan dan sifat antimikroba yang tinggi. Kulit pisang mengandung pektin, yang merupakan polisakarida dengan kemampuan membentuk gel dan berfungsi sebagai pengikat alami [14].



Gambar 2.2 Pisang (*Musa Paradisiaca*)

Klasifikasi ilmiah atau taksonomi pisang adalah sebagai berikut [15]:

Kerajaan: *Plantae* (Tumbuhan)

Divisi: *Magnoliophyta* (Tumbuhan berbunga)

Kelas: *Liliopsida* (Monokotil)

Ordo: *Zingiberales* (Zingiberales)

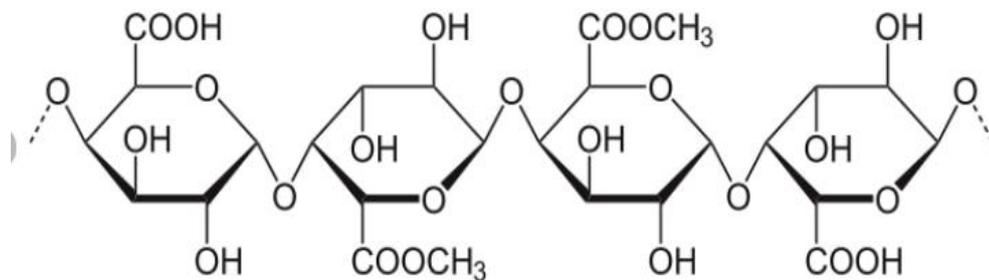
Famili: *Musaceae* (Suku Pisang)

Genus: *Musa* (Genus Pisang)

Spesies: *Musa spp.* (Nama spesies bervariasi tergantung pada jenis/jenis pisang yang spesifik)

Di Indonesia, banyak jenis tanaman pisang yang bisa tumbuh, salah satunya adalah pisang kepok. Pisang kepok banyak digunakan karena ukurannya yang relatif besar ukuran dengan tekstur buah padat atau tidak mudah hancur. Pisang kepok banyak digunakan sebagai bahan makanan mulai dari industri rumah tangga hingga industri skala besar, sehingga ketersediaan limbah dari kulit pisang kepok cukup banyak. Kulit pisang merupakan limbah itu dapat diolah menjadi bio plastik. Kelebihan limbah kulit pisang murah, mudah didapat, tidak berbahaya, bahan alami, dan ramah lingkungan [9].

II.3 Pektin



Gambar 2.3 Struktur kimia pektin [16]

Pektin adalah sejenis polisakarida yang terdapat dalam dinding sel tanaman. Secara kimia, pektin merupakan polimer yang tersusun atas unit monomer galakturonat. Pektin memiliki struktur yang kompleks dan terdiri dari berbagai jenis rantai polimer, termasuk rantai lurus yang terdiri dari asam galakturonat dan rantai bercabang yang terdiri dari residu gula lainnya. Pektin dapat membentuk gel dan memiliki sifat pengikat yang sangat baik [16].

Pektin umumnya ditemukan pada buah-buahan, seperti jeruk, apel, stroberi, dan pisang, serta dalam beberapa sayuran, seperti wortel dan labu. Penggunaan utama pektin adalah dalam industri pangan dan farmasi. Dalam industri pangan, pektin digunakan sebagai bahan tambahan untuk membentuk dan mengentalkan makanan, seperti selai, jeli, yogurt, dan es krim. Selain itu, pektin juga digunakan dalam pembuatan bioplastik film sebagai pengganti plastik konvensional dalam pengemasan makanan [17].

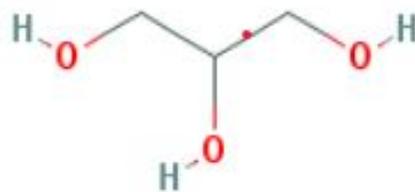
Dalam proses produksi bioplastik, pektin dari kulit pisang dapat membentuk matriks polimer yang kuat dan dapat terurai secara alami, mengurangi

dampak negatif terhadap lingkungan. Pemanfaatan pisang sebagai bioplastik dapat membantu dalam mengurangi penggunaan plastik konvensional yang sulit terurai dan memberikan alternatif yang lebih berkelanjutan. Selain itu, dengan menggunakan kulit pisang sebagai bahan baku bioplastik, limbah pertanian dari pisang yang sebelumnya dibuang dapat dimanfaatkan secara lebih efektif [14].

Penggunaan pektin dalam pembuatan bioplastik film memberikan keuntungan tambahan karena pektin dapat berperan sebagai pengental dan memberikan tekstur yang baik pada film. Selain itu, pektin sebagai bahan bioplastik juga memiliki biodegradabilitas yang baik. Bioplastik yang terbuat dari pektin dapat terurai secara alami oleh mikroorganisme dalam lingkungan, mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan dan mengatasi masalah limbah plastik yang sulit terurai [17].

II.4 Gliserol

Gliserol ($C_3H_8O_3$) juga dikenal sebagai 1,2,3-propana tri-ol atau gliserin [18]. Gliserol merupakan molekul yang bersifat hidrofilik dan relatif kecil, sehingga dengan mudah dapat dimasukkan di antara rantai protein dan membentuk ikatan hidrogen dengan amida [19]. Gliserol adalah senyawa organik yang terdapat di sebagian besar minyak dan lemak hewani dan nabati, mengandung tiga gugus hidroksil, yang mencirikannya sebagai alkohol [20].



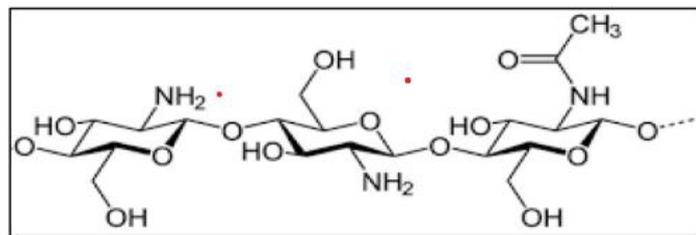
Gambar 2.4 Struktur gliserol [18]

Gliserol efektif sebagai plasticizer pada film hidrofilik seperti film yang terbuat dari pati, gelatin, pektin, dan karbohidrat lainnya termasuk kitosan. Penggunaan gliserol akan menyebabkan film tersebut menjadi lebih fleksibel dan halus. Gliserol merupakan molekul yang bersifat hidrofilik dan relatif kecil, sehingga dengan mudah dapat dimasukkan di antara rantai protein dan

membentuk ikatan hidrogen dengan amida. Dengan penambahan gliserol, pengikatan air pada edible film dapat meningkat [19].

II.5 Kitosan

Kitosan adalah kopolimer yang terbentuk dari unit berulang 2-amino-2-unit deoksi-D-glukopiranososa, dan unit sisa 2-asetamido-2-deoksi-Dglukopiranososa [21]. Kitosan adalah polisakarida kationik dan diperoleh melalui deasetilasi kitin [10]. Kitosan memiliki potensi besar dalam pengembangan berbagai aplikasi di berbagai bidang, namun masih ada beberapa tantangan yang perlu diatasi, seperti kekuatan mekanik yang cukup untuk menembus kulit tanpa menyebabkan rasa sakit dan kerusakan kulit, serta metode sterilisasi yang efisien [21].



Gambar 2.5 Struktur kimia kitosan [21]

Kehadiran gugus hidroksil dan amino yang reaktif dalam kitosan memberikan berbagai sifat fisikokimia. Sifat bio-adhesif, biokompatibel, dan biodegradabel dari kitosan membuatnya menjadi salah satu bahan yang paling umum dalam penelitian polimer. Bahan bioplastik dapat dibuat menggunakan kitosan sebagai bahan yang dapat terdegradasi secara alami. Kitosan dapat digunakan sebagai kopolimer dan bahan pengisi dengan polimer alami lainnya untuk meningkatkan karakteristik fisikokimia dan daya tahan dari film bioplastik [12].

II.6 Asam Sitrat

Asam sitrat merupakan aditif yang berasal dari sumber terbarukan sumber daya dan itu tidak beracun. Asam sitrat dapat meningkatkan sifat mekanik dan mengurangi hidrofilitas film kitosan [22]. Asam sitrat (*Citric Acid*) adalah asam organik yang umumnya ditemukan dalam berbagai buah-buahan seperti jeruk nipis, lemon, jeruk, nanas, dan jeruk bali. Buah-buahan adalah bahan alami yang membantu detoksifikasi, menjaga energi, tingkat

energi, dan mendukung pencernaan yang sehat dan fungsi ginjal. Asam sitrat bersifat sedikit asam dan menyegarkan yang dapat digunakan untuk menyeimbangkan manis dalam minuman ringan, jus, dan minuman lainnya. Asam sitrat digunakan dalam industri makanan dan minuman karena sifat antioksidannya untuk mengawetkan makanan atau sebagai pengasam yang meningkatkan rasa dan aroma jus buah, es krim, dan selai jeruk. Di bidang farmasi industri, digunakan sebagai antioksidan untuk mengawetkan vitamin, effervescent, korektor pH, pengawet darah, tablet besi sitrat sebagai sumber zat besi untuk tubuh, salep dan sediaan kosmetik, dan lain sebagainya. Dalam industri kimia, untuk pelunakan dan perawatan tekstil, digunakan sebagai bahan pembusa. Dalam metalurgi, logam-logam tertentu dimanfaatkan dalam bentuk sitrat [23].

II.7 Metode *Solution Casting*

Metode *solution casting* merupakan metode yang digunakan dalam produksi film tipis atau bahan padat lainnya dengan cara mencampurkan bahan polimer dalam bentuk larutan, kemudian mengeringkan larutan tersebut untuk membentuk film atau lapisan padat [24].

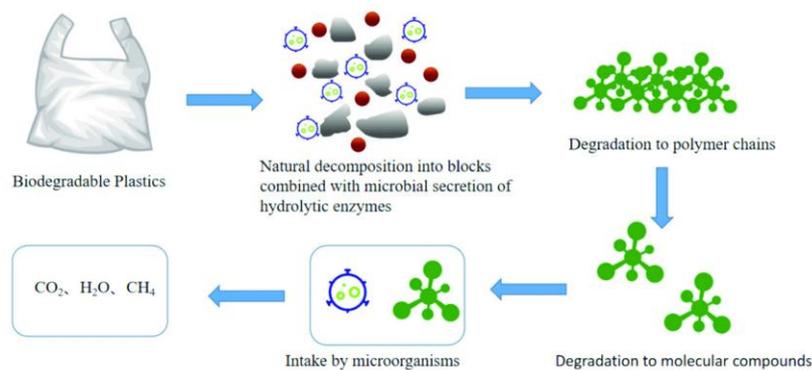
II. 8 Biodegradasi

Degradasi adalah sebuah proses dekomposisi yang berhenti pada fragmentasi polimer melalui pengaruh panas, kelembaban, sinar matahari, dan/atau enzim, yang mengakibatkan melemahnya rantai polimer sehingga menyebabkan kerataan partikel yang lebih persisten. Biodegradasi adalah mineralisasi bahan secara lengkap dalam senyawa seperti karbon dioksida (CO_2), air (H_2O), amonium (NH_4^+), nitrogen (N_2), hidrogen (H_2) dan biomassa melalui aksi biologis mikroorganisme seperti bakteri, alga dan jamur [25].

Proses biodegradasi tergantung pada faktor-faktor seperti kelembaban, suhu, kandungan oksigen, pH, waktu nutrisi ketersediaan radiasi UV dan keberadaan mikroorganisme. Faktor lain yang mempengaruhi laju biodegradasi adalah ketebalan bahan yang dapat terbiodegradasi. Semakin tebal produknya, semakin lama kemampuan terurai secara hayati [26].

Secara umum, tahapan utama degradasi meliputi, biodeteriorasi, fotodegradasi, dan biodegradasi oleh mikroorganisme [27]. Proses biodeteriorasi

merupakan tahap awal dalam degradasi bioplastik, di mana sifat fisik, kimia, dan mekanik bioplastik dimodifikasi oleh faktor abiotik seperti cahaya, suhu, dan bahan kimia di lingkungan. Biodeteriorasi dapat melemahkan struktur bioplastik dan memungkinkan degradasi lebih lanjut. Tahap ini dapat terjadi baik di lingkungan aerob maupun anaerob [28]. Tahap selanjutnya adalah fotodegradasi, dalam proses ini, bioplastik dipecah oleh paparan sinar UV dari matahari atau sumber buatan. Paparan ini memasukkan molekul oksigen ke dalam struktur bioplastik, sehingga memecah polimer kompleks menjadi molekul yang lebih sederhana [29]. Tahap selanjutnya adalah biodegradasi oleh mikroorganisme, bioplastik dapat didegradasi oleh mikroorganisme seperti bakteri dan fungi. Biodegradasi adalah proses kompleks yang tergantung pada beberapa faktor, seperti ketersediaan substrat, karakteristik permukaan, morfologi, dan berat molekul polimer. Mekanisme ini dapat lebih efisien jika didahului oleh fotodegradasi dan degradasi termo-oksidatif, karena serpihan plastik dipecah dari bahan kompleks menjadi bahan sederhana, sehingga memudahkan biodegradasi [30].



Gambar 2.6 Mekanisme biodegradasi [30]

Pada proses degradasi bioplastik, ikatan kimia yang paling umum lepas adalah ikatan ester dalam molekul polimer. Ikatan ester umum ditemukan dalam banyak jenis bioplastik, seperti polilaktat (PLA), polyhydroxyalkanoates (PHA), dan lainnya. Ikatan ester ini rentan terhadap hidrolisis, yaitu reaksi kimia yang terjadi saat molekul air memecah ikatan ester. Proses hidrolisis ini mengakibatkan pemecahan rantai polimer menjadi fragmen-fragmen yang lebih kecil, akhirnya memungkinkan bioplastik mengalami degradasi [26].