

*Skripsi*

**ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN KITOSAN TERHADAP  
KARAKTERISTIK BIOPLASTIK BERBAHAN DASAR KERATIN**

**GUNAWAN**

**H021 19 1064**



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

**ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN KITOSAN TERHADAP  
KARAKTERISTIK BIOPLASTIK BERBAHAN DASAR KERATIN**

**SKRIPSI**

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Sains  
Pada Program Studi Fisika Departemen Fisika  
Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam*

**GUNAWAN  
H021 19 1064**

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

**MAKASSAR**

**2024**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN KITOSAN TERHADAP  
KARAKTERISTIK BIOPLASTIK BERBAHAN DASAR KERATIN**

Disusun dan diajukan Oleh:

**GUNAWAN  
H021 19 1064**

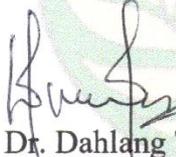
Telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam Rangka  
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Fisika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin  
Pada 15 Januari 2024

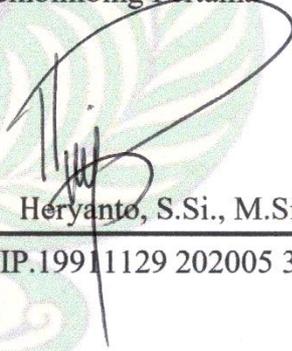
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan:

Menyetujui,

Pembimbing Utama

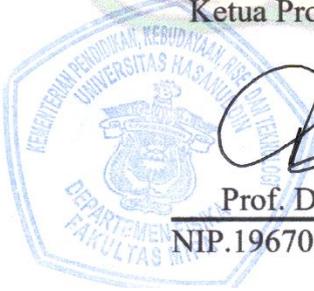
Pembimbing Pertama

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

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

Ketua Program Studi

  
Prof. Dr. Arifin, M.T.  
NIP.19670520 199403 1 002



## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : GUNAWAN  
NIM : H021191064  
Program Studi : Fisika  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa karya tulisan saya yang berjudul:

### **ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN KITOSAN TERHADAP KARAKTERISTIK BIOPLASTIK BERBAHAN DASAR KERATIN**

Adalah karya tulis berdasarkan hasil pemikiran dan penelitian saya, bukan merupakan hasil pengambilalihan 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, 15 Januari 2024

Yang menyatakan,



GUNAWAN  
H021 19 1064

## ABSTRAK

Pada penelitian ini digunakan keratin dari bulu ayam sebagai bahan dasar, yang ditambahkan dengan kitosan yang divariasikan jumlahnya sebagai pengisi, polivinil alkohol (PVA), dan gliserol sebagai pemlastis. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh kitosan terhadap struktur, ikatan kimia, dan sifat mekanik bioplastik berbasis keratin. Metode eksperimental yang digunakan adalah hidrolisis basa untuk mengekstrak keratin dari bulu ayam, dan metode casting untuk menghasilkan bioplastik dengan penambahan 0%, 2%, 5%, dan 8% kitosan. Bioplastik keratin dikarakterisasi menggunakan X-Ray Diffraction (XRD), Fourier Transform Infra-Red (FTIR), Texture Analyzer, dan biodegradasi bioplastik di dalam tanah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan kitosan (0%, 2%, 5%, dan 8%) meningkatkan kristalinitas bioplastik masing-masing sebesar 11,83%, 11,12%, 18,99%, dan 17,03%. Hal ini menyebabkan penurunan kuat tarik dan elastisitas bioplastik seiring dengan penambahan kitosan. Uji degradasi bioplastik menunjukkan bahwa penambahan kitosan dapat menurunkan waktu degradasi bioplastik yang berbanding lurus dengan hilangnya ikatan C=O. Laju degradasi bioplastik tertinggi diperoleh pada bioplastik dengan kadar kitosan tertinggi yaitu kitosan 8% dengan laju degradasi sebesar 89,29% selama 49 hari.

***Kata Kunci:*** *Bulu Ayam, Keratin, Kitosan, Bioplastik.*

## ABSTRACT

In this study, keratin from chicken feathers as the base material, which is added with various amount of chitosan as a filler, polyvinyl alcohol (PVA) and glycerol as a plasticizer. The purpose of this study is to determine the effect of chitosan on the structural, chemical bonding, and mechanical properties of keratin-based bioplastics. The experimental method involved alkaline hydrolysis to extract keratin from chicken feathers, and casting method in producing bioplastics with additional 0%, 2%, 5%, and 8% of chitosan. Keratin bioplastics characterized using X-ray Diffraction (XRD), Fourier Transform Infra-Red (FTIR), Texture Analyzer, and biodegradation of bioplastics in the soil was performed. It found that the addition of chitosan (0%, 2%, 5%, and 8%) increased the crystallinity of bioplastics by 11.83%, 11.12%, 18.99%, and 17.03%, respectively. Which causes a decrease in tensile strength and elasticity of bioplastics along with the addition of chitosan. The bioplastic degradation test shows that the addition of chitosan can reduce the degradation time of bioplastic which is directly proportional to the loss of C=O bonds. The highest bioplastic degradation rate was obtained in bioplastics with the highest chitosan content of 8% chitosan with a degradation rate of 89.29% for 49 days.

**Keywords:** *Chicken Feathers; Keratin; Chitosan; Bioplastics.*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul “Analisis Pengaruh Penambahan Kitosan Terhadap Karakteristik Bioplastik Berbahan Dasar Keratin”. 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. Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya selama masa perkuliahan dan pengerjaan tugas akhir ini. Karunia berupa kemudahan dan kelancaran dalam pengerjaan seperti kesehatan, keuangan, waktu, serta yang terpenting iman dan islam yang Alhamdulillah menjadi salah satu faktor penting dalam terselesaikannya laporan tugas akhir ini dengan tepat waktu.
2. Nabi Muhammad SAW, yang menjadi role model, bagi hidup penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini dalam keadaan yang inshaa Allah lebih baik daripada ketika saya memulainya.
3. Kepada Orang tua, Ibunda tercinta **Hj. Herawati** dan ayahanda terkasih **Salimun** 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.
4. Kepada saudaraku **Fitri Mariyani, Widya Jayanti, Agustina** dan **Dimas Hidayat** yang selalu mendukung dan memberi semangat kepada penulis agar tidak putus asa dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Kepada seluruh keluarga besar yang selalu mendukung dan memberikan saran dan dukungan berupa moril maupun material, semoga Tuhan senantiasa Memberkati.

6. Kepada Bapak **Prof. Dr. Arifin, M.T.** selaku ketua Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.
7. 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.
8. Kepada Ibu **Prof. Dr. Sri Suryani, DEA.** dan Ibu **Prof. Dr. Tasrief Surungan, M.Sc.** selaku tim penguji dalam melaksanakan seminar proposal penelitian, seminar hasil penelitian dan ujian sidang skripsi fisika.
9. Kepada seluruh Bapak dan Ibu Dosen Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam yang telah mendidik dan membagi ilmunya kepada penulis.
10. Kepada seluruh staf akademik Departemen Fisika Fakultas MIPA yang dengan tulus hati membantu penulis dalam menyelesaikan urusan-urusan akademik.
11. Teman-teman Crazy Rich (**Stania Marsela, Maria Antoinet, Enjelin,** dan **Yoriska Patrisia,**) yang sudah menemani penulis selama 4 tahun lebih. Terima kasih untuk omelan, canda gurau, semangat dan moment berharga yang terjadi selama ini. Sukses selalu untuk teman-teman, dan dilancarkan penelitiannya yang masih berjuang.
12. Teman-teman Studi S2 Daun Kering (**Hajrul Farawansya dan Abdul Rasak**) yang sudah menemani penulis selama lebih 4 tahun. Terima kasih untuk support dan dorongan yang selalu diberikan agar penulis dapat menyelesaikan penelitian ini, serta canda gurau, julid-an, juga moment berharga yang terjadi selama ini. Sukses selalu untuk kalian.
13. Teman-teman Material 2019 (**Rati B, Rifqah Nurul Ihsani, Faradiba Tsani Arif, Ririn Annur, dan Nur Alya**) yang sudah menemani penulis selama berada di Lab. Material dan Energi. Terima kasih teman-teman.

14. 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.
15. Kepada teman-teman KKNT Gelombang 108, Kabupaten Maros, Desa Baruga, (**Nuthy, Yuni, Nunung, Wahyu, Farah Kamilah, Farah Bahaweres, Aqsha, Erwin, Wanda, Wahdah, dan Devi**) terima kasih atas dukungannya, sukses selalu untuk kalian.
16. 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, 15 Januari 2024

  
GUNAWAN  
H021 19 1064

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>HALAMAN SAMPUL</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN</b> .....	<b>iv</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>v</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>vi</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xiv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
I.1 Latar Belakang .....	1
I.2 Rumusan Masalah .....	3
I.3 Tujuan Penelitian .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>4</b>
II.1 Bioplastik .....	4
II.2 Bulu.....	5
II.3 Keratin .....	6
II.4 Ekstraksi Keratin .....	6
II.5 Kitosan .....	8
II.6 PVA .....	9
II.7 Gliserol .....	9
II.8 Kuat Tarik ( <i>Tensile Strength</i> ) .....	10
II.9 Perpanjangan putus ( <i>Elongation Break</i> ).....	11
II.10 Biodegradasi .....	11
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	<b>12</b>

III.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	12
III.2 Alat dan Bahan Penelitian .....	12
III.2.1 Alat Penelitian.....	12
III.2.2 Bahan Penelitian .....	13
III.3 Prosedur Penelitian.....	13
III.3.1 Ekstraksi Keratin.....	13
III.3.2 Pembuatan Bioplastik .....	15
III.2.3 Karakterisasi Sampel .....	15
III.4 Bagan Alir Penelitian .....	16
<b>BAB IV PEMBAHASAN.....</b>	<b>17</b>
IV.1 Bioplastik .....	17
IV.2 XRD .....	18
IV.3 FTIR .....	19
IV.4 Sifat Mekanik .....	21
IV.5 Biodegradasi.....	24
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>26</b>
V.1 Kesimpulan.....	26
V.2 Saran .....	27
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>28</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>33</b>

## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
<b>Gambar 1.</b> Klasifikasi biopolimer berdasarkan sumbernya.....	4
<b>Gambar 2.</b> Struktur bulu ayam .....	5
<b>Gambar 3.</b> Komponen keratin .....	6
<b>Gambar 4.</b> Faktor pengaruh ekstraksi keratin.....	8
<b>Gambar 5.</b> Struktur molekul Gliserol .....	10
<b>Gambar 6.</b> Proses Ekstraksi Keratin. ....	14
<b>Gambar 7.</b> Proses Pembuatan Bioplastik.....	15
<b>Gambar 8.</b> Bagan Alir Penelitian.....	16
<b>Gambar 9.</b> Gambar bioplastik yang disintesis dengan variasi kitosan yang berbeda .....	17
<b>Gambar 10.</b> Grafik hasil XRD dan kristalinitas bioplastik keratin.....	18
<b>Gambar 11.</b> Hasil FTIR bioplastik keratin .....	20
<b>Gambar 12.</b> Grafik hasil Sifat Mekanik Bioplastik .....	23

## DAFTAR TABEL

	<b>Halaman</b>
<b>Tabel 1.</b> Variasi sampel bioplastik Keratin/Kitosan.....	15
<b>Tabel 2.</b> Spektrum FTIR keratin.....	21
<b>Tabel 3.</b> Perbandingan Kuat Tarik, Elongasi, dan Waktu degradasi dari bioplastik berbahan dasar dan pengisi keratin .....	24
<b>Tabel 4.</b> Hasil Uji Biodegradasi .....	25

## DAFTAR LAMPIRAN

	<b>Halaman</b>
<b>Lampiran 1.</b> Hasil Pengujian XRD .....	33
<b>Lampiran 2.</b> Hasil Pengujian FTIR .....	34
<b>Lampiran 3.</b> Hasil Pengujian Texture Analyzer .....	38
<b>Lampiran 4.</b> Dokumentasi Penelitian .....	40

# BAB I

## PENDAHULUAN

### I.1 Latar Belakang

Plastik merupakan polimer sintetik yang telah digunakan oleh masyarakat di era modern. Penggunaan plastik dalam kehidupan sehari-hari meliputi alat pengemasan, peralatan olahraga, perangkat biomedis, dan komponen elektronik [1]. Plastik yang sering digunakan saat ini yaitu *polyofelin* (*polyethylene*, *polypropylene*, *polyvinylchloride*) yang terbuat dari bahan dasar minyak bumi. Jenis plastik *polyeofelin* memiliki sifat kuat, ringan dan memiliki stabilitas tinggi tetapi sulit diurai oleh mikroorganisme, sehingga dapat menjadi masalah bagi lingkungan [2], [3]. Sejak tahun 1970-an setelah diperkenalkannya kantong plastik, kantong plastik kemudian menjadi elemen penting dalam kehidupan manusia sehari-hari [4]. Kantong plastik merupakan sebuah wadah atau tempat yang berguna sebagai tas untuk membawa berbagai macam barang, biasanya berukuran lebar dan panjang dengan berbagai keunggulan seperti mampu membawa barang yang sangat berat, higienis, tahan air, berguna untuk berbagai aplikasi, dan sangat terjangkau. Namun, kantong plastik yang digunakan untuk membawa barang belanjaan menimbulkan masalah lingkungan mulai dari proses pengadaan bahan baku hingga proses pembuangan [5].

“Laporan Indonesia National Action Plan (NPAP) mengungkapkan, sekitar 4,8 juta ton atau 70% dari keseluruhan sampah plastik di Indonesia tidak terkelola. Diperkirakan, 0.62 juta ton atau 9% dari sampah plastik yang tidak terkelola tersebut berakhir atau bermuara di perairan dan laut Indonesia. Data terkait juga diungkap oleh Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) yang menyebutkan bahwa terdapat sekitar 0.27-0.60 juta ton sampah plastik yang masuk ke laut Indonesia setiap tahunnya.” [6]. Terlepas dari kelebihan plastik berbasis minyak bumi telah memenuhi persyaratan kinerja banyak aplikasi, fakta bahwa keadaan darurat sampah plastik di Indonesia menunjukkan perlu dilakukannya penelitian bahan biodegradable untuk menggantikan peran plastik berbasis minyak bumi agar dapat menghindari berbagai permasalahan lingkungan, yang dikenal dengan bioplastik [4].

Pengembangan plastik biodegradable atau bioplastik yang dapat didegradasi oleh mikroorganisme seperti bakteri dan jamur, merupakan salah satu pendekatan untuk memecahkan masalah sampah plastik berbasis minyak bumi [3]. Bioplastik adalah salah satu jenis plastik yang dapat dihasilkan dari sumber daya alam seperti pati dan minyak nabati. Pengembangan bioplastik dari biopolimer seperti polisakarida (pati, selulosa), protein (gelatin, keratin), dan lipid telah menarik banyak upaya penelitian belakangan ini. Tidak seperti polimer sintetis atau polimer berbasis hidrokarbon, polimer berbasis biologi dapat dimakan, ramah lingkungan, mudah dijangkau, dan banyak tersedia di alam. Bioplastik yang terbuat dari tumbuhan yang banyak mengandung pati seperti ubi jalar, sagu, singkong, talas, dan kentang dianggap sebagai sumber daya hayati yang berkelanjutan untuk berbagai aplikasi industri karena kemampuannya yang melimpah dan biayanya yang rendah. Terlebih lagi, tidak seperti polimer alami lainnya seperti selulosa dan gom, pati dapat diperoleh dalam bentuk murni dengan menggunakan teknik yang relatif mudah. Namun, penggunaan bahan-bahan tersebut dapat mengurangi ketersediaan jumlah kebutuhan pangan apabila dilakukan produksi dengan skala besar [3], [7].

Bulu adalah salah satu sumber daya potensial yang paling signifikan untuk memproduksi bahan yang dapat terurai secara hayati. Bulu akan terus dihasilkan selama produksi unggas berjalan [4]. Industri pengolahan protein seperti rumah potong hewan, pengemasan daging, dan pabrik pengolahan kulit menghasilkan limbah yang mengandung keratin dalam jumlah yang sangat besar. Industri pemotongan unggas memimpin sekitar tujuh miliar ton limbah bulu ayam setiap tahunnya. Artinya kontribusi limbah bulu ayam terhadap total limbah padat sangat besar, sehingga dibutuhkan strategi pengelolaan yang bertujuan untuk mengurangi dampak lingkungan dari limbah bulu ayam sangat diperlukan [7].

Bulu mengandung 90% protein yang disebut sebagai keratin [8]. Keratin merupakan sumber asam amino hidrofobik seperti sistein, arginin, dan treonin serta memiliki potensi nutrisi yang tinggi yang banyak diproduksi oleh industri unggas di seluruh dunia [9]. Keratin secara alami memiliki sifat hidrofobik, biokompatibel, biodegradable, dan dapat dimanfaatkan dalam berbagai aplikasi. Produksi bahan

biodegradable menggunakan protein keratin dari bulu ayam dapat menjadi cara yang menjanjikan untuk memproduksi berbagai material yang ramah lingkungan [10], [11].

Bioplastik yang dibuat dari bahan dasar protein murni sangat rapuh, sehingga untuk meningkatkan sifat mekaniknya, dibutuhkan pemlastis dan bahan tambahan lain sebagai *filler* (pengisi) yang dapat meningkatkan sifat mekaniknya agar dapat digunakan dalam aplikasi komersil [11]. Jenis bahan pengisi yang umum digunakan adalah kitosan yang memiliki kontribusi tinggi untuk meningkatkan kekuatan tarik bioplastik [12]. Kitosan merupakan polisakarida berwarna putih, keras, tidak beracun bagi manusia dan lingkungan, terurai secara hayati, serta antimikroba dan jamur yang baik [13]–[15]. Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Basma Y. Alashwal, 2019) menunjukkan karakteristik yang baik dari bioplastik berbahan dasar keratin dengan campuran PVA dan gliserol [11]. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan kitosan terhadap karakteristik bioplastik berbahan dasar keratin dengan tujuan agar diperoleh bioplastik dengan sifat mekanik yang baik dengan menggunakan pemlastis PVA dan gliserol.

## **I.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh penambahan variasi kitosan pada bioplastik Keratin/Kitosan/PVA/Gliserol terhadap kemampuan uji tarik, kristalinitas, ikatan kimia dan laju degradasi bioplastik?
2. Bagaimana potensi penerapan bioplastik Keratin/Kitosan?

## **I.3 Tujuan Penelitian**

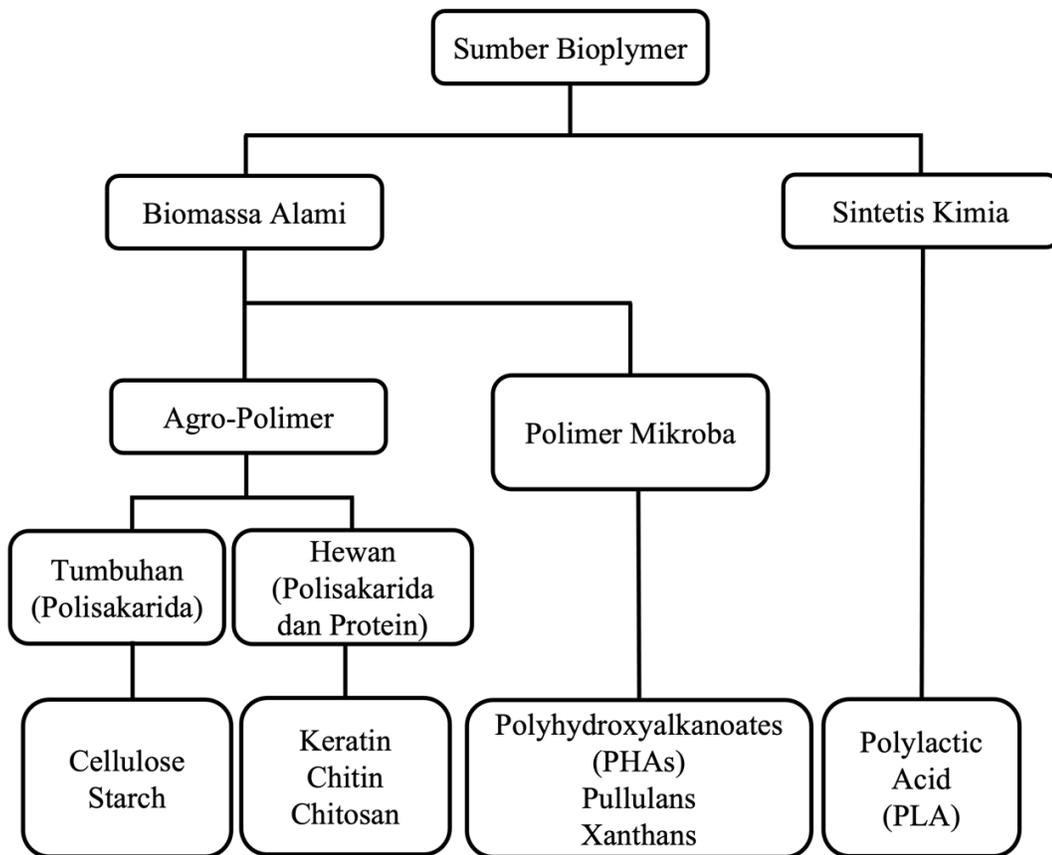
Tujuan yang melatar belakangi penelitian ini adalah:

1. Menganalisis pengaruh penambahan variasi kitosan pada bioplastik Keratin/Kitosan/PVA/Gliserol terhadap kemampuan uji tarik, kristalinitas, ikatan kimia dan laju degradasi bioplastik.
3. Menganalisis bagaimana potensi penerapan bioplastik Keratin/Kitosan.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### II.1 Bioplastik

Bioplastik adalah plastik yang diproduksi dari bahan baku alami dan terbarukan, seperti sumber agro/pangan, pati, selulosa, protein, minyak nabati, lemak, bakteri, dan ganggang. Bioplastik tidak berbahaya bagi lingkungan karena mudah terdegradasi oleh aktivitas mikroba. Berdasarkan sumbernya, bioplastik dapat diklasifikasikan seperti Gambar 1 [10].



**Gambar 1.** Klasifikasi biopolimer berdasarkan sumbernya

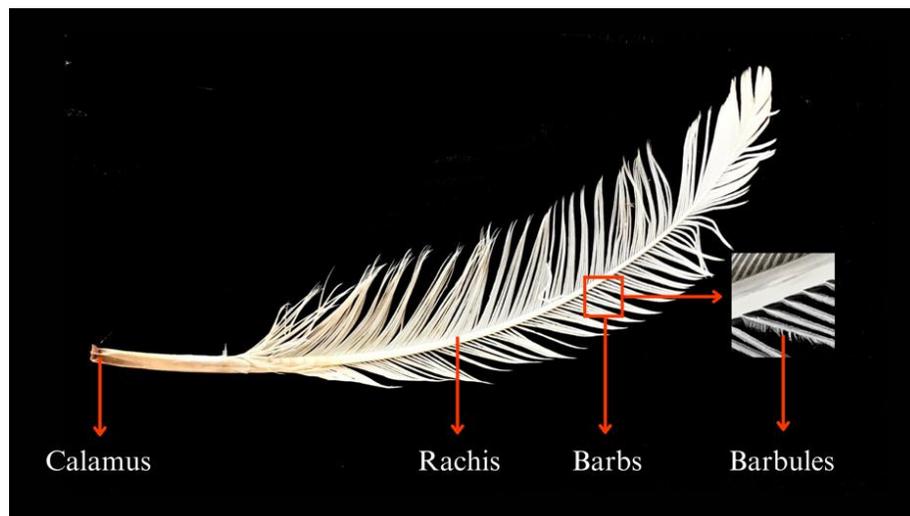
Umumnya, bioplastik berasal dari bahan baku yang berbasis hayati atau dapat terurai secara hayati. Meskipun bioplastik aman dan ramah lingkungan, bioplastik memiliki beberapa keterbatasan seperti biaya produksi yang tinggi atau sifat mekanik yang buruk dibanding plastik konvensional. Namun, sumber-sumber yang murah

seperti limbah hewan dan tumbuhan untuk memproduksi bioplastik dapat digunakan untuk mengatasi biaya produksi yang tinggi, serta campuran dua atau lebih biopolimer dapat digunakan untuk meningkatkan sifat mekanik bioplastik yang buruk [10].

## II.2 Bulu

Bulu mengandung 90% protein yang disebut sebagai keratin. Keratin merupakan sumber asam amino hidrofobik seperti sistein, arginin, dan treonin serta memiliki potensi nutrisi yang tinggi yang banyak diproduksi oleh industri unggas di seluruh dunia [9], [10]. Keratin secara alami memiliki sifat hidrofobik, biokompatibel, biodegradable, dan dapat dimanfaatkan dalam berbagai aplikasi. Produksi bahan biodegradable menggunakan protein keratin dari bulu ayam dapat menjadi cara yang menjanjikan untuk memproduksi berbagai material yang ramah lingkungan [10], [11].

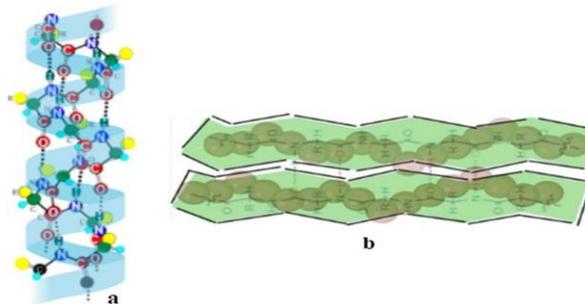
Bulu terdiri dari tiga struktur yang terpisah yaitu, (i) rachis/pena bulu atau poros tengah, dengan panjang sekitar 7 inci; (ii) duri, dengan panjang sekitar 1-4,5 cm; dan (iii) barbules, dengan panjang sekitar 0.3-0.5 mm (Gambar 2). Duri dan barbula terutama terdiri dari konformasi  $\alpha$ -helix, dan beberapa struktur  $\beta$ -sheets [8].



**Gambar 2.** Struktur bulu ayam

### II.3 Keratin

Keratin adalah protein yang ditemukan pada kuku, wol, rambut, dan bulu berbagai hewan. Keratin adalah polipeptida yang mengandung berbagai asam amino dengan. Pelipatan serat keratin secara berurutan disebabkan oleh adanya rantai samping yang terdapat pada tulang punggung polipeptida. Elastisitas pada keratin disebabkan oleh adanya  $\alpha$ -helix dan  $\beta$ -sheets pada makromolekul. Keratin dibedakan menjadi  $\alpha$ -helix dan  $\beta$ -sheets keratin. Jaringan lembut seperti wol, rambut, dan kulit mengandung  $\alpha$ -helix yang memiliki berat molekul tinggi dan kaya akan sistein, sedangkan  $\beta$ -sheets yang keras ditemukan pada kuku, bulu burung, dan sisik ikan memiliki berat molekul rendah dan kaya akan asam amino seperti alanin dan glisin. Representasi skematis dari komponen keratin ditunjukkan pada Gambar 3. Keratin tidak larut dan memiliki reaktivitas kimiawi yang rendah; namun, kelarutannya meningkat pada pH asam, suhu tinggi, dan dengan adanya zat pereduksi seperti  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  atau  $\text{Na}_2\text{S}$ . Keratin telah dipelajari secara luas karena sifatnya yang dapat terurai secara hayati dan tidak beracun, karena biopolimer keratin dapat digunakan sebagai biofilm, *gel*, dan berbagai aplikasi dibidang industri kosmetik, makanan, dan farmasi [10].



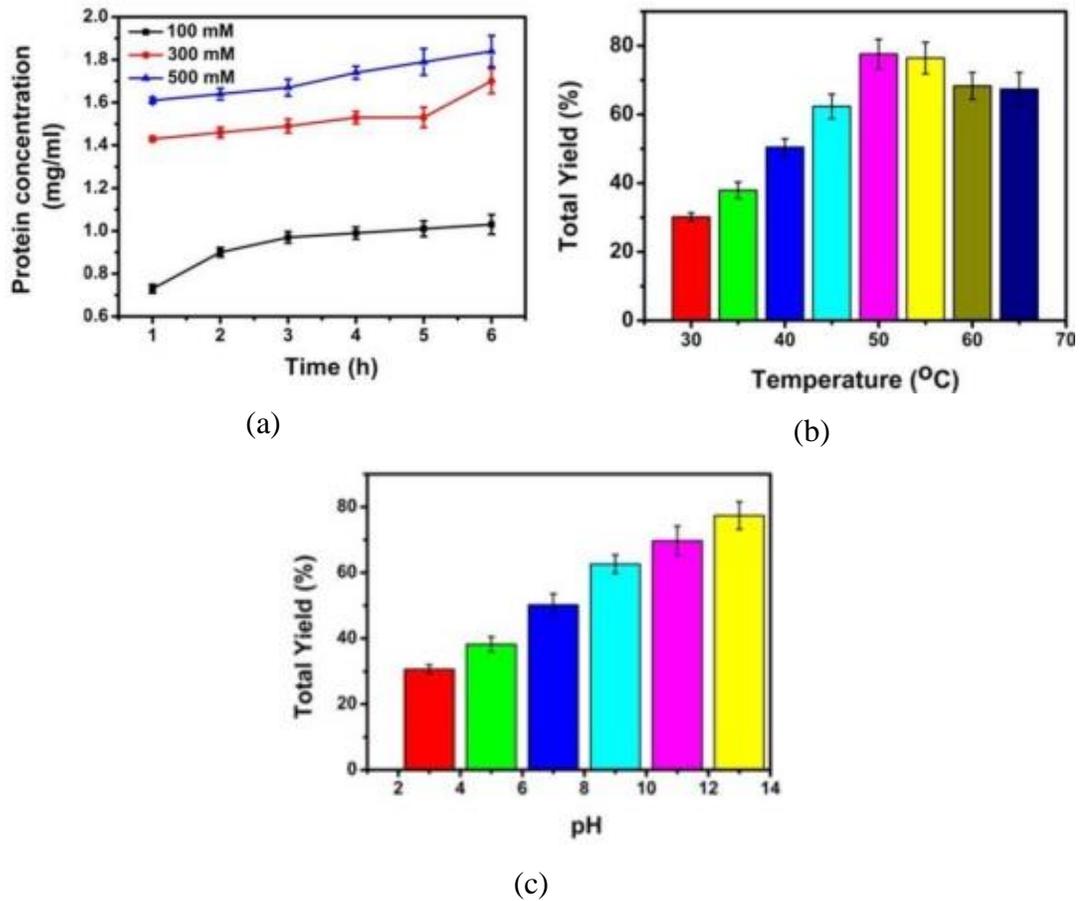
**Gambar 3.** Komponen keratin: (a)  $\alpha$ -helix, dan (b) konformasi  $\beta$ -sheets protein keratin

### II.4 Ekstraksi Keratin

Ekstraksi keratin dari berbagai sumber biomassa adalah langkah utama untuk memanfaatkan keratin secara berkelanjutan. Ekstraksi keratin dari bulu ayam tanpa merusak struktur sekundernya merupakan tugas menantang yang membutuhkan

keahlian tinggi dan teknik yang efisien. Berbagai metode dan teknik termasuk bahan kimia, enzim, dan larutan ionik digunakan untuk mengekstrak keratin fungsional dari limbah biomassa. Selama ekstraksi keratin, diperlukan kehati-hatian yang tinggi karena hidrolisis asam dapat merusak struktur sekundernya, yang dapat membuat kualitas keratin menurun karena hilangnya sifat polimer. Disisi lain, hidrolisis enzimatik merupakan proses yang lambat sehingga tidak memungkinkan untuk dilakukan secara komersial. Sistein yang berikatan silang dengan rantai peptida memberikan kekuatan pada struktur protein dengan membentuk ikatan disulfida. Kekuatan keratin pada bulu dapat diminimalkan dengan memutus ikatan disulfida. Menggunakan zat pengoksidasi untuk tujuan ini menghasilkan proses yang lambat. Meskipun demikian, metode yang lebih efektif untuk mengekstrak protein tanpa perubahan kimiawi adalah dengan menggunakan zat pereduksi yang dapat dengan cepat melarutkan protein keras. Urea, natrium sulfida ( $\text{Na}_2\text{S}$ ), dan natrium hidroksida ( $\text{NaOH}$ ) adalah beberapa zat pengoksidasi yang digunakan untuk tujuan ini. Larutan natrium sulfida menunjukkan hasil terbaik dan memberikan hasil protein yang tinggi [9].

Faktor-faktor seperti pH, suhu, dan rasio agen pereduksi dipertimbangkan saat melakukan prosedur ekstraksi. Prosedur ini biasanya dilakukan dengan melarutkan bulu ayam menggunakan zat pereduksi yang berbeda dan kemudian mengekstraksi protein dari bahan kimia untuk persiapan lebih lanjut dari film bioplastik [10]. Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Swati Sharma dkk, 2018), menunjukkan pengaruh suhu, waktu, temperature, dan pH yang efektif pada ekstraksi keratin. Penelitian yang dilakukan menunjukkan hasil maksimum 80.2% ekstrak keratin diperoleh dalam waktu 6 jam pengadukan, dan dengan inkubasi lebih lanjut tetap tidak berubah (Gambar 4a). Pengaruh suhu pada ekstraksi keratin dari 30 hingga 65 °C dipelajari pada kondisi waktu inkubasi dan pH yang dioptimalkan (Gambar 4b). Hasil maksimum keratin diperoleh pada suhu 50°C, sedangkan peningkatan suhu reaksi lebih lanjut mengakibatkan penurunan total hasil ekstrak keratin. Efek pH dalam kisaran 3-13 dipelajari, dan hasil maksimum diamati pada pH 13 (Gambar 4c) [9].



**Gambar 4.** Faktor pengaruh ekstraksi keratin: (a) Pengaruh waktu pengadukan, (b) Pengaruh Suhu, (c) Pengaruh pH.

## II.5 Kitosan

Kitosan adalah polisakarida kationik dan diperoleh melalui deasetilasi kitin. Kitosan merupakan yang merupakan polimer rantai panjang glukosamin. Mayoritas kitin yang tersedia di dunia diperoleh dari limbah krustasea, dan karena biokompatibilitas, biodegradabilitas, serta sifat muko-adhesif yang baik membuat kitosan banyak diaplikasikan dibidang pertanian, industri makanan, dan bidang medis. Membran kitosan bersifat semipermeabel terhadap gas, dan memiliki penghalang uap air yang moderat. Untuk meningkatkan kinerja film berbasis kitosan, gliserol ditambahkan ke membran kitosan untuk mendapatkan bahan bioplastik yang

memiliki sifat mekanik yang baik. Memanfaatkan kitosan yang mudah didapat dan murah, dapat dijadikan sebagai bahan utama dalam produksi bioplastik skala besar untuk menggantikan plastik konvensional yang tidak dapat terurai secara hayati [10].

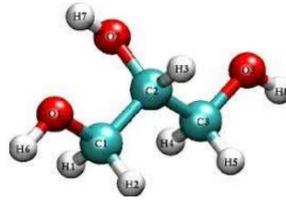
## **II.6 PVA**

Polivinil alkohol (PVA) adalah polimer sintesis yang dapat terurai secara hayati. PVA adalah polimer berstruktur linier, larut dalam air, tidak beracun dan non-karsinogenik serta memiliki sifat fisik, ketahanan kimiawi dan biodegradabilitas yang baik [16], [17]. PVA larut dalam air tetapi tahan terhadap sebagian besar pelarut organik. PVA biasanya digunakan dalam pembuatan kemasan makanan karena kemampuan pembentukan film yang sangat baik dan sifat penghalang oksigen [18]. Badan Pengawas Obat dan Makanan Amerika Serikat (FDA) dan Eropa Badan Obat-obatan Eropa (EMA) telah menyetujui PVA untuk penggunaan manusia dan dapat digunakan dalam aplikasi pengemasan makanan. Film PVA memiliki struktur semikristalin yang menghasilkan kapasitas adsorpsi air rendah, kekuatan dan fleksibilitas tarik tinggi, serta sifat penghalang oksigen dan aromatik yang baik. Penggabungan PVA telah terbukti meningkatkan sifat mekanik dan ketahanan air dari kemasan *biodegradable* berdasarkan beberapa hidrokoloid termasuk protein *whey* yang diisolasi. Kombinasi biopolimer dengan PVA memungkinkan untuk mendapatkan bahan dengan kinerja mekanik yang sangat baik dengan biaya yang lebih rendah daripada jika PVA digunakan sendiri [19]. Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Basma Y. Alashwal dkk, 2019) menunjukkan karakteristik yang baik dari bioplastik berbahan dasar keratin dengan campuran PVA dan gliserol [11].

## **II.7 Gliserol**

Gliserol atau 1,2,3-propanotriol, adalah senyawa organik yang terdapat di sebagian besar minyak dan lemak hewani dan nabati, mengandung tiga gugus hidroksil, yang mencirikananya sebagai alkohol dan juga biasanya disebut gliserin seperti pada gambar 5 [17], [20]. Gliserol mudah larut dalam beberapa zat seperti air, fenol, etilen glikol, propilen glikol, dan banyak alkohol (metil, etil, isopropil, isobutil, n-butil). Gliserol juga sedikit larut dalam dioksan dan eter, dan sebagian tidak larut

dalam asam lemak, hidrokarbon, dan alkohol superior. Gliserol biasa digunakan dalam industri makanan, farmasi, kosmetik, dan tekstil [17]. Penelitian yang dilakukan (Ramakhrisnan dkk, 2018) menunjukkan adanya pengaruh konsentrasi gliserol terhadap bioplastik berbahan dasar keratin dari bulu ayam, yaitu dapat menurunkan kekuatan tarik bioplastik jika dengan konsentrasi gliserol tinggi; sebaliknya degradasi bioplastik berbahan dasar keratin semakin cepat dengan peningkatan konsentrasi gliserol [4].



**Gambar 5.** Struktur molekul Gliserol

## II.8 Kuat Tarik (Tensile Strength)

Kekuatan tarik adalah tegangan maksimum yang dapat ditahan oleh material saat diregangkan atau ditarik sebelum putus, dapat dihitung menggunakan persamaan 1 [21]. Kekuatan tarik bioplastik masih berada dalam standar sifat bioplastik moderat, yaitu 1-10 MPa dan Standar Nasional Indonesia (SNI) plastik konvensional (24-302 MPa) [12]. Kekuatan tarik plastik berbasis keratin umumnya memiliki nilai kekuatan tarik yang lebih rendah dibandingkan dengan plastik biodegradable lainnya seperti film berbasis pati dan sitrat film plastik ikatan silang asam. Film yang terbuat dari sianetilasi bulu memiliki kekuatan dan perpanjangan mulai dari 1,6 hingga 4,2 MPa dan 5,8 hingga 14% [4].

$$\sigma = \frac{F_{Max}}{A_0} \quad (1)$$

Penilaian kualitas kekuatan tarik bioplastik tidak hanya dipengaruhi oleh jenis matriks yang digunakan. Bahan tambahan lain seperti pengisi dan pemlastis mempengaruhi kualitas akhir bioplastik pada parameter kuat tarik, jenis-jenis pengisi yang biasa digunakan adalah kitosan, *clay*, dan ZnO memiliki kontribusi yang tinggi untuk meningkatkan kekuatan tarik pada bioplastik [12].

## II.9 Perpanjangan putus (*Elongation Break*)

Perpanjangan putus adalah persentase pertambahan panjang yang akan dicapai oleh material sebelum putus untuk mengkaji sifat mekanik dari plastik bioplastik yang dapat dihitung menggunakan persamaan 2. Perpanjangan putus merupakan salah satu indikator fleksibilitas material. Menurut Standar Industri Jepang, persentase perpanjangan atau fleksibilitas dikategorikan baik jika di atas 10%, dan dikategorikan sangat baik jika melebihi 50%. Sementara untuk perpanjangan putus kantong plastik komersial adalah 222.5% [21], [22].

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \times 100\% \quad (2)$$

## II.10 Biodegradasi

Proses biodegradasi didefinisikan sebagai degradasi polimer oleh mikroorganisme biologis menjadi CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, biomassa, dan metana melalui pengomposan, biodegradasi tanah, biodegradasi laut, atau proses biodegradasi lainnya [23]. Plastik yang dapat terdegradasi secara hayati disertifikasi menurut beberapa standar yang mendefinisikan kondisi yang tepat untuk pengomposan. Sebagai contoh, ASTM D6400-19 menyatakan bahwa tiga persyaratan utama harus dipenuhi untuk mengidentifikasi suatu produk sebagai kompos di fasilitas aerobik kota atau industri, yaitu (i) produk harus hancur selama pengomposan dalam 84 hari dan maksimum 10% dari berat aslinya yang tersisa, (ii) 90% karbon organik harus diubah menjadi CO<sub>2</sub> dalam 180 hari, dan (iii) produk tersebut tidak boleh secara negatif memengaruhi kemampuan kompos untuk mendukung pertumbuhan tanaman jika dibandingkan dengan kompos turunan sampah organik yang tidak mengandung produk tersebut (Fredri). Laju degradasi bioplastik dapat dihitung dengan persamaan (2), dimana  $M_{initial}$  adalah massa awal dan  $M_{final}$  adalah massa setelah terdegradasi [24].

$$M_{loss} = \frac{M_{initial} - M_{final}}{M_{initial}} \times 100\% \quad (2)$$