

**SKRIPSI**

**KARAKTERISASI SIFAT MEKANIK BIOPLASTIK BERBAHAN DASAR  
PATI PORANG (*AMORPHOPHALLUS MUELLERI* BLUME) DENGAN  
PENAMBAHAN KITOSAN**

**Disusun dan diajukan oleh**

**NURAFIKASARI SIREGAR**

**H021 19 1080**



**DEPARTEMEN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2023**

**KARAKTERISASI SIFAT MEKANIK BIOPLASTIK BERBAHAN DASAR  
PATI PORANG (*AMORPHOPHALLUS MUELLERI* BLUME) DENGAN  
PENAMBAHAN KITOSAN**

**SKRIPSI**



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

**NURAFIKASARI SIREGAR**

**H021 19 1080**

**DEPARTEMEN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2023**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**KARAKTERISASI SIFAT MEKANIK BIOPLASTIK BERBAHAN DASAR  
PATI PORANG (*AMORPHOPHALLUS MUELLERI* BLUME) DENGAN  
PENAMBAHAN KITOSAN**

**Disusun dan diajukan oleh:**

**NURAFIKASARI SIREGAR**

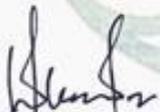
**H021 19 1080**

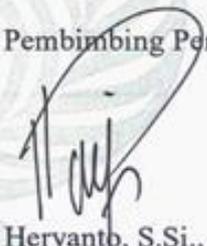
Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin pada tanggal 27 September 2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pertama,

  
Prof. Dr. Dahlang Tahir, 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 di bawah ini:

Nama : Nurafikasari Siregar

NIM : H021191080

Program Studi: Fisika

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

### **KARAKTERISASI SIFAT MEKANIK BIOPLASTIK BERBAHAN DASAR PATI PORANG (*AMORPHOPHALLUS MUELLERI* BLUME) DENGAN PENAMBAHAN KITOSAN**

merupakan skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau seluruh skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 28 September 2023

Yang Menyatakan



Nurafikasari Siregar

## ABSTRAK

Bioplastik berbahan dasar pati porang mulai dikembangkan karena kandungan glukomanan yang tinggi, ketersediaannya yang melimpah, memiliki sifat sebagai pengental dan dapat membentuk film yang baik. Namun, kinerja mekanik bioplastik berbasis pati yang buruk karena sifat hidrofiliknya, mengakibatkan keterbatasan penggunaan bioplastik berbasis pati. Pencampuran polimer bioplastic berbasis pati dengan kitosan diharapkan dapat menghasilkan film dengan sifat mekanik yang lebih baik dan dapat terdegradasi secara alami. Bioplastik dibuat dengan metode solution casting, dengan variasi jumlah kitosan yang berbeda untuk setiap sampel, kemudian dikarakterisasi untuk mengetahui kinerja mekanik dari bioplastik. Analisis XRD mengidentifikasi karakteristik semi-kristal dalam bioplastic dan menunjukkan penambahan 1 gram kitosan menghasilkan bioplastic dengan persentase fase amorf tertinggi senilai 86,50%. Spektrum FTIR menunjukkan adanya ikatan silang antara komponen bioplastik yang menunjukkan penambahan 2 gram kitosan menunjukkan intensitas spektrum paling rendah yang mengindikasikan penurunan sifat hidrofilik dari bioplastik. Terjadi peningkatan ketahanan terhadap air dan kuat tarik bioplastik seiring penambahan kitosan. Namun pada konsentrasi tertinggi kitosan, bioplastik mengalami penurunan kuat tarik. Uji biodegradabilitas menunjukkan bahwa bioplastik berbasis pati porang dengan pencampuran biopolimer lain dapat terdegradasi sepenuhnya selama lima hari.

**Kata kunci :** *Bioplastik, Pati, Kitosan, Hidrofilik, Pencampuran Polimer*

## ABSTRACT

Bioplastics based on porang starch begins to be developed due to its high glucomannan content, abundant availability, has properties as a thickener and ability to form good films. However, the mechanical performance of starch-based bioplastics due to their hydrophilic nature has limited the use of starch-based bioplastics. Polymer blending on starch-based bioplastic with chitosan is expected to produce films with better mechanical properties and can be degraded naturally. Bioplastics were made using the solution casting method, with variations in the amount of chitosan for each sample, then characterized to determine the mechanical performance of the bioplastics. XRD analysis identified semi-crystalline characteristics in the bioplastic and showed the addition of 1 gram of chitosan produced a bioplastic with the highest percentage of amorphous phase at 86.50%. FTIR spectrum to shows the bonding cross linking between the bioplastic components which shows the addition of 2 grams of chitosan shows the lowest spectrum intensity indicating a decrease in the hydrophilic nature of the bioplastic. There was an increase in water resistance and tensile strength of bioplastics with the addition of chitosan. However, at the highest concentration of chitosan, bioplastics reached a decrease in tensile strength. The biodegradability test showed that porang starch-based bioplastics mixed with other biopolymers could be completely degraded within five days.

**Keywords :** *Bioplastic, Starch, Chitosan, Hydrophilic, Polymers blending*

## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabaraktuh*

Puji Syukur penulis panjatkan kehadiran Allah *Subhanahu Wa Ta'ala*, yang telah memberikan rahmat melimpah dan kesehatan, sehingga penulis bisa menyelesaikan skripsi dengan judul “Karakterisasi Sifat Mekanik Bioplastik Berbahan Dasar Pati Porang (*Amorphophallus Muelleri* Blume) dengan Penambahan Kitosan”, sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Sarjana (S1) Departemen Fisika Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin. Dalam pengerjaan skripsi penulis telah mengalami berbagai hambatan mulai dari tahap awal penelitian sampai akhir penyusunan skripsi. Oleh karena itu, penulis sadar betul bahwa karya skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, mengingat keterbatasan pengetahuan yang dimiliki. Namun, berkat kehendak-Nya serta bantuan, bimbingan, nasehat dan dukungan yang tulus dari berbagai pihak, penulis tetap termotivasi dan penuh semangat untuk menyelesaikan penyusunan skripsi ini. Dengan segala kerendahan hati, penulis mengucapkan banyak terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Orangtua tercinta, Ibu **Nurham** dan Bapak **Said** yang selalu mendoakan, memberi semangat, kasih sayang, dan nasehat baik secara moral maupun material kepada penulis. Semoga Allah SWT senantiasa memberikan kesehatan, keberkahan, dan meridhoi penulis untuk selalu membahagiakan dan membanggakan beliau. Terima kasih yang tulus kepada Almarhum Ayahanda **Siregar** yang telah memberikan inspirasi, dukungan, dan cinta selama hidupnya. Semoga amal ibadah beliau diterima di sisi-Nya dan menjadi bagian dari keberkahan dalam penyelesaian skripsi ini.
2. Pua **Amran**, terima kasih telah menjadi wali penulis sejak masih duduk di bangku sekolah dasar hingga memasuki perguruan tinggi dan menyandang gelar Sarjana, terima kasih sudah sangat sabar dalam mendidik, semoga penulis dapat menjadi sumber kebahagiaan dan kebanggaan beliau.
3. **Prof. Dr. Dahlang Tahir, S.Si., M.Si.**, selaku Dosen Pembimbing Utama dan Bapak **Heryanto, S.Si., M.Si.**, selaku Dosen Pembimbing Pertama yang telah

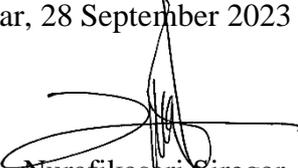
banyak membimbing dan meluangkan waktu, tenaga, serta pemikirannya untuk penulis sehingga skripsi ini dapat diselesaikan. Semoga Prof dan Bapak selalu diberi kesehatan oleh Allah SWT.

4. **Prof. Dr. Sri Suryani, DEA.** dan **Prof. Dr. Arifin, M.T.,** selaku Dosen Penguji yang telah meluangkan waktu dan tenaga untuk memberikan saran, diskusi, dan ilmu untuk menjadikan skripsi ini lebih baik. Semoga Ibu dan Bapak selalu diberi kesehatan oleh Allah SWT.
5. Ibu/Bapak **Dosen Pengajar** yang telah senantiasa memberikan ilmu yang bermanfaat dan menjadi bekal penulis untuk masa depan, dan Staf Departemen Fisika **Pak Syukur, Bu Rana** dan **Bu Evi** yang selalu membantu penulis selama proses administrasi di kampus.
6. Kakak **Nurariva Siregar, M. Pd,** kakak **Ahmad Syaiful Siregar** dan adik **Agam Farhamsyah** yang telah memberi dukungan dan semangat kepada penulis.
7. Saudari-saudariku, **Nabila AR. Lamaniu, Siti Nurul Hikma Syawalia, Wahyuni Putri Adeningsih** dan **Septia Ulum Pajri,** terima kasih atas kehadiran kalian dalam hidup penulis, selalu mendengarkan keluh kesah, memberikan saran yang berharga, dan menjadi bagian penting dalam pencapaian tugas akhir ini. Semoga persahabatan kita terus berlanjut dan sukses selalu menghampiri kita semua.
8. *Partner in Crime*-ku, **Andi Sitti Rahmah,** sahabat yang selalu kebersamai penulis, baik saat berada di Himafi, menjalani perkuliahan, hingga menyelesaikan tugas akhir, dan banyak hal lainnya. Terima kasih sudah menemani dan mendukung penulis hingga kita bisa menyanggah gelar Sarjana bersama.
9. **Kak Syarif, Kak Roni, Kak Azlan, Rifqah,** dan **Faradiba** yang telah membantu dan mengarahkan penulis dalam pengerjaan tugas akhir.
10. Teman seperjuangan di Laboratorium Material dan Energi, **Razak, Gunawan, Hajrul, Rati, Stania, Yoriska, Alya, Enjel, Maria, Rinan, Lela, Agung, Ghalib, Yusri, Novi, Fatma** dan **Putri,** terima kasih sudah menemani dan mendukung penulis selama melakukan preparasi sampel di Laboratorium.

11. Teman-teman Fisika 2019, **Eni, Umni, Ifah, Fitri, Nara, Tiche, Suci, Salsa, Ratih, Hasniah, Widya, Hartini, Ikram, Agus, Israil, Jasmine, Rara, Daya, Atul, Risma, Elivia, Hajar, Pitti, Gisel, Mutiara, Mahar** dan semua teman lainnya yang telah bersama-sama menghadapi segala lika-liku perkuliahan. Penulis sangat berterima kasih atas segala dukungan dan bantuan kalian.
12. Keluarga besar **Himafi FMIPA Unhas**, terima kasih atas dukungan moral, semangat kepemimpinan, dan persahabatan yang telah kita bagikan selama bertahun-tahun. Terima kasih telah menjadi bagian tak terpisahkan dari perjalanan akademik dan kehidupan sosial penulis. Keberhasilan tugas akhir ini tidak lepas dari kontribusi, dukungan, dan semangat kolaborasi kita semua. Semoga persahabatan dan kerjasama kita terus berlanjut dalam perjalanan hidup kita masing-masing. Organisasi ini adalah tempat di mana kita telah belajar, tumbuh, dan membangun kenangan berharga bersama. Semoga kita terus mencapai kesuksesan dalam berbagai aspek kehidupan kita.
13. Sahabat Nongki **Fitrahan, Devi, Tika, Odang, Iccang, Ginola, Fandi** dan **Daus** yang senantiasa menemani penulis dalam setiap langkah perjalanan kuliah di Makassar, membawa keceriaan dan dukungan untuk penulis.
14. Teman-teman KKN Posko 7 Kopi Kahayya 108, **Umbet, Pute, Farah, Ucy, Zul, Anti, Erik, Parbat, Shafik, Eca** dan **Alif**, terima kasih atas keceriaan, persahabatan dan dukungan yang selalu hadir dalam perjalanan penulis.
15. Semua pihak yang telah membantu penyusunan skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu. Terima kasih atas segala dukungan, partisipasi, dan apresiasinya yang diberikan kepada penulis.

Harapan dari penulis hasil penelitian yang telah dilakukan semoga dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca. Penulis memohon maaf atas segala kekurangan yang terdapat dalam skripsi. Semoga ilmu yang diperoleh menjadi berkah.

Makassar, 28 September 2023



Nurafikasari Siregar

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
ABSTRAK .....	iv
ABSTRACT .....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
I.1 Latar Belakang .....	1
I.2 Rumusan Masalah .....	3
I.3 Tujuan Penelitian .....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
II.1 Bioplastik.....	4
II.2 Umbi Porang.....	5
II.3 Pati .....	6
II.4 Kitosan.....	7
II.5 Asam Sitrat .....	7
II.6 Gelatin.....	8
II.7 Sorbitol.....	8
II.8 Metode <i>Casting Solution</i> .....	9
BAB III METODE PENELITIAN.....	10

III.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	10
III.2 Alat dan Bahan .....	10
III.2.1 Alat.....	10
III.2.2 Bahan .....	11
III.3 Prosedur Penelitian.....	11
III.3.1 Pembuatan Bioplastik Pati Porang.....	11
III.3.2 Uji Karakterisasi .....	12
III.4 Bagan Alir Penerlitan .....	14
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	15
IV.1 Analisis <i>X-ray Diffraction</i> (XRD).....	15
IV.2 Analisis Fourier Transforms Infra-Red (FTIR).....	16
IV.3 Uji kekuatan tarik ( <i>tensile strength</i> ).....	18
IV.4 Uji Biodegradabilitas.....	20
IV.5 Uji Ketahanan terhadap Air.....	21
BAB V.....	23
PENUTUP.....	23
V.1 Kesimpulan.....	23
V.2 Saran .....	23
DAFTAR PUSTAKA .....	24
LAMPIRAN.....	32

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Halaman</b>
<b>Tabel 2. 1</b> Komposisi bioplastik.....	12
<b>Tabel 4. 1</b> Gugus fungsi yang terdapat dalam bioplastik pati porang.....	17
<b>Tabel 4. 2</b> Hasil dari degradasi dalam tanah bioplastik dari pati porang. ....	20

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar</b>	<b>Halaman</b>
<b>Gambar 2. 1</b> Klasifikasi bahan penyusun bioplastik .....	4
<b>Gambar 2. 2</b> Struktur kimia glukomanan .....	5
<b>Gambar 2. 3</b> Struktur kimia kitosan.....	7
<b>Gambar 3. 1</b> Bagan alir penelitian.....	14
<b>Gambar 4. 1</b> Bioplastik dengan variasi konsentrasi penguat kitosan.....	15
<b>Gambar 4. 2</b> Spektrum XRD dari bioplastik berbahan dasar pati porang. ....	15
<b>Gambar 4. 3</b> Spektrum FTIR dari bioplastik berbahan dasar pati porang. ....	16
<b>Gambar 4. 4</b> Diagram modulus Young, tensile strength, dan elongation break bioplastik dari pati porang.....	18
<b>Gambar 4. 5</b> Grafik ketahanan terhadap air bioplasik pati porang .....	21

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran</b>	<b>Halaman</b>
<b>Lampiran 1.</b> Alat, Bahan dan Prosedur Penelitian .....	32
<b>Lampiran 2.</b> Analisis Data.....	33
<b>Lampiran 3.</b> Hasil Uji Kekuatan Tarik (Tensile Strength) pada Bioplastik.....	35
<b>Lampiran 4.</b> Hasil Perhitungan Uji Ketahanan Terhadap Air pada Bioplastik...	39

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **I.1 Latar Belakang**

Salah satu cara untuk melindungi dan mempertahankan kualitas produk pangan yaitu dengan metode pengemasan. Sebagian besar bahan yang digunakan dalam industri pengemasan adalah bahan polimer sintetik berbasis minyak bumi karena sifat mekanik dan penghalangnya yang unggul [1]. Namun, polimer sintetik ini memiliki kelemahan besar yaitu tidak dapat terurai secara hayati dan tidak mungkin untuk didaur ulang yang akan menyebabkan toksisitas dan pencemaran lingkungan [2]. Polimer berbasis bio atau biasa disebut bioplastik adalah bahan yang ideal untuk menggantikan polimer berbasis minyak bumi karena dapat diperbarui, dapat terurai secara hayati, dan ramah lingkungan [3].

Bioplastik merupakan lapisan tipis yang digunakan pada makanan atau diantara bahan-bahannya, terbuat dari beberapa jenis polimer berbasis bio seperti polisakarida, protein, dan lipid [3]. Pati adalah jenis polisakarida yang sangat populer digunakan sebagai bahan pembuatan film yang bisa dikonsumsi dan pembentukan lapisan karena tersedia dalam jumlah yang melimpah, memiliki biaya produksi yang efisien, non-toksik, biodegradabilitas, biokompatibilitas, dan kemampuan pembentukan film yang sangat baik [4, 5]. Pati dapat diperoleh dari tanaman umbi-umbian seperti umbi porang yang mengandung glukomanan dalam jumlah hingga 75%, tertinggi dibandingkan jenis lain yang tumbuh di Indonesia dan sering disebut mannan, yaitu polimer yang terdiri dari monomer D-mannose dan D-glukosa yang terhubung dengan  $\beta$ -1,4 [6, 7]. Kandungan glukomanan dalam umbi porang dapat diaplikasikan dalam bidang pangan sebagai bahan tambahan pangan karena memiliki sifat sebagai pengental, bersifat biokompatibel, mudah terurai secara hayati, dan dapat membentuk gel yang baik [8]. Namun, bioplastik berbasis pati memiliki karakteristik penghalang air yang rendah dan kinerja mekanik yang buruk dibandingkan dengan polimer non-alam. Hal ini disebabkan karena sifat hidrofilik dan afinitasnya yang tinggi terhadap air. Kelemahan tersebut secara signifikan membatasi penggunaan bioplastik berbasis pati secara luas [9].

Pencampuran polimer adalah proses terkenal yang digunakan untuk mengembangkan bahan baru dan mengoptimalkan sifat polimer, menghasilkan bahan dengan sifat mekanik yang lebih baik [10]. Penambahan kitosan dapat menjadi alternatif yang menarik untuk meningkatkan sifat mekanik film berbasis pati. Kitosan merupakan biopolimer dengan kelarutan air yang rendah, sehingga dapat membantu meningkatkan sifat penghalang air dan kinerja mekanik bioplastik [11]. Kitosan yang diperoleh dengan deasetilasi parsial kitin memiliki sifat pembentuk film yang sangat baik, serta memiliki potensi yang signifikan untuk aplikasi kemasan makanan karena kemampuan biodegradasi, tidak beracun, aktivitas antioksidan, dan antimikroba [3].

Selain itu, pencampuran dua atau lebih polimer alami juga efisien untuk meningkatkan sifat mekanik film berbasis biopolimer. Dengan menggabungkan pati, kitosan, gelatin dan plasticizer dalam campuran polimer, film yang lebih fleksibel diperoleh jika dibandingkan dengan film yang hanya berbahan dasar pati [11]. Penambahan plasticizer merupakan pilihan yang menarik untuk meningkatkan sifat mekanik film pati, karena cenderung dapat menurunkan interaksi antara rantai pati, sehingga meningkatkan mobilitasnya. Salah satu plasticizer yang dapat digunakan adalah sorbitol [11]. Sorbitol adalah plasticizer yang dapat mengurangi kerapuhan, meningkatkan fleksibilitas dan ketahanan film. Penggunaan sorbitol sebagai plasticizer diketahui lebih efektif, karena menghasilkan film dengan uap air yang lebih rendah [12].

Pada penelitian ini, akan dilakukan penelitian untuk menghasilkan bioplastik berbahan dasar pati dengan campuran polimer alami yaitu kitosan sebagai penguat. Tujuan penelitian ini adalah untuk menghasilkan film yang dapat terdegradasi secara alami dengan sifat mekanik yang lebih baik, sehingga mampu melindungi dan mempertahankan kualitas produk pangan. Film akan disintesis menggunakan metode *solution casting* dan dikarakterisasi menggunakan analisis *Fourier Transform Infrared* (FTIR) untuk mengetahui ikatan kimia antara komponen-komponen dalam biopolimer, *X-ray Diffraction* (XRD) untuk mengetahui sifat struktur dari kombinasi bahan biopolymer yang digunakan, uji kekuatan tarik (*tensile strength*) dilakukan dengan tujuan untuk mengevaluasi

kekuatan film, uji biodegradabilitas dilakukan untuk mengetahui lamanya waktu degradasi bioplastik dalam tanah, dan uji ketahanan terhadap air untuk mengetahui ketahanan terhadap air.

### **I.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh penambahan kitosan terhadap karakteristik ikatan kimia, sifat struktur dan sifat mekanik pada bioplastik berbahan dasar pati porang?
2. Bagaimana pengaruh penambahan kitosan terhadap karakteristik biodegradabilitas dan ketahanan terhadap air pada bioplastik berbahan dasar pati porang?

### **I.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan yang melatarbelakangi penelitian ini adalah:

1. Menganalisis pengaruh penambahan kitosan terhadap karakteristik ikatan kimia, sifat struktur dan sifat mekanik pada bioplastik berbahan dasar pati porang.
2. Menganalisis pengaruh penambahan kitosan terhadap karakteristik biodegradabilitas dan ketahanan terhadap air pada bioplastik berbahan dasar pati porang.

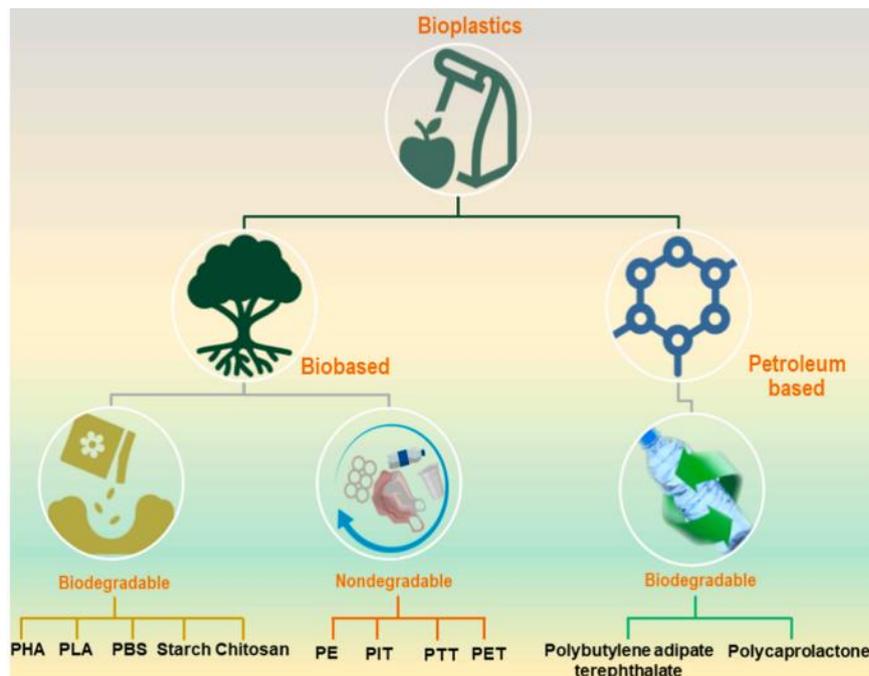
## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### II.1 Bioplastik

Bioplastik merupakan inovasi yang telah terbukti menjadi alternatif ramah lingkungan yang berpotensi menggantikan plastik konvensional karena bersifat biodegradable, berkelanjutan dan terbarukan [9]. Menurut *European Bioplastik Association*, bioplastik dapat diklasifikasikan menjadi tiga kelompok utama. Pertama, berasal dari alam dan dapat terurai secara hayati/dapat dibuat kompos, misalnya polilaktida dan polihidroksialkanoat. Kedua, berasal dari bahan bakar fosil dan dapat terurai secara hayati, misalnya polikaprolakton. Ketiga, berasal dari alam dan tidak dapat terurai secara hayati, misalnya bio-polietilen (BIO-PE) dan bio-polietilen tereftalat (BIO-PET) [13].

Bioplastik disintesis dari bahan organik alami seperti polisakarida, protein, dan lipid. Pati, kitin, lignin, dan selulosa adalah polisakarida umum yang digunakan untuk sintesis bioplastik, sedangkan gelatin, kasein dan gluten, serta minyak tumbuhan dan lemak hewan masing-masing adalah protein dan lipid alami [14].



**Gambar 2. 1** Klasifikasi bahan penyusun bioplastik [15]

## II.2 Umbi Porang

Porang (*Amorphophallus muelleri* Blume) merupakan komoditas tanaman yang termasuk dalam famili Araceae dan tanaman dengan umbi tunggal di dalam tanah [16]. Porang banyak ditemukan tumbuh secara alami di hutan tropis Indonesia, telah dibudidayakan secara komersial oleh petani di sekitar hutan di pulau Jawa dan pulau-pulau lain di Indonesia [17]. Menurut Tjitrosoepomo (2002), secara taksonomi, tanaman porang mempunyai klasifikasi botani sebagai berikut [18]:

Kingdom: Plantae

Divisi: Magnoliophyta

Kelas: Liliopsida

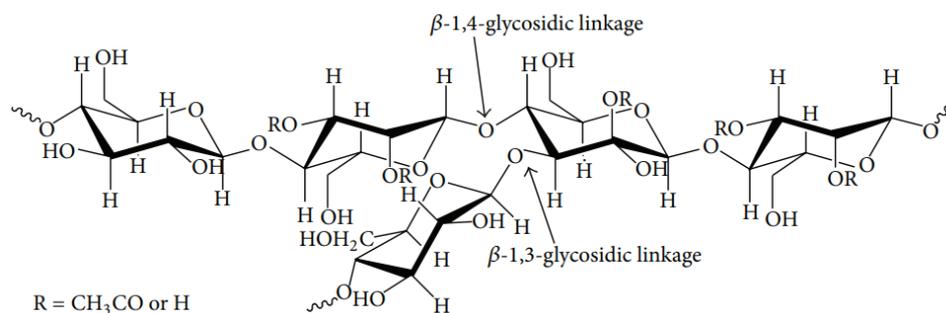
Ordo: Arales

Famili: Araceae

Genus: *Amorphophallus*

Spesies: *Amorphophallus muelleri* Blume

Umbi porang mengandung glukomanan tertinggi dibandingkan jenis lain yang tumbuh di Indonesia. Glukomanan adalah polisakarida yang terdiri dari monomer D-mannose dan D-glukosa yang terhubung dengan  $\beta$ -1,4 [7]. Glukomanan dapat membentuk film dan gelas yang baik, ramah lingkungan, dan biokompatibel [8]. Sifat dan manfaat glukomanan telah banyak dipelajari. Dalam industri makanan, glukomanan digunakan sebagai bahan tambahan makanan untuk pengental, tekstur, pembentuk gel, pengemulsi, penstabil, dan bahan pengikat air di beberapa makanan, seperti sup, saus, mayones, selai, dan film yang dapat dimakan [7].



**Gambar 2. 2** Struktur kimia glukomanan [19]

Seiring meningkatnya pemanfaatan umbi porang, permintaan umbi porang meningkat pesat dari tahun ke tahun [16]. Selama dekade terakhir, tanaman porang di Indonesia, telah menjadi produk perkebunan utama dengan nilai ekonomi tinggi baik di pasar domestik maupun luar negeri [6]. Berdasarkan data Kementerian Pertanian RI, luas lahan porang pada tahun 2020 seluas 19.950 ha, dan pada tahun 2021 meningkat menjadi 47.461 ha [20]. Volume ekspor sebesar USD 1,52 juta untuk periode Januari hingga Februari 2021, meningkat 160,72% dibandingkan tahun sebelumnya. Pada periode yang sama, volume ekspor porang mencapai 965,5 ton, meningkat 32,31% [6].

### **II.3 Pati**

Pati merupakan karbohidrat dengan senyawa polimer glukosa yang terdiri dari dua komponen utama yaitu amilosa dan amilopektin [21]. Berdasarkan sifat tanaman, komposisi amilosa akan berbeda dari 20 sampai 25% dan kandungan amilopektin bervariasi dari 75 sampai 80% berat. Amilopektin adalah molekul yang lebih besar dari amilosa [22]. Pati mungkin merupakan polisakarida tanaman yang paling populer untuk film yang dapat dimakan dan pembentukan lapisan karena kemampuan pembentukan film yang sangat baik [4].

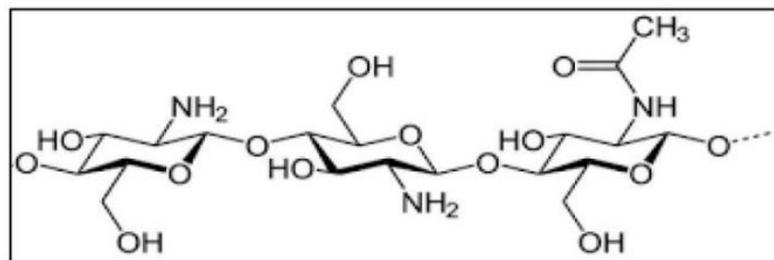
Pembuatan film berbahan dasar pati pada dasarnya menggunakan prinsip gelatinisasi. Dengan penambahan air dalam jumlah tertentu dan dipanaskan pada suhu tinggi akan terjadi gel. Gelatinisasi menyebabkan ikatan amilosa cenderung dekat satu sama lain karena adanya ikatan hidrogen. Proses pengeringan akan menimbulkan penyusutan akibat keluarnya air, sehingga gel akan membentuk film yang stabil [21]. Beberapa pati dari sumber yang berbeda, baik sendiri atau dalam kombinasi dengan biopolimer lainnya, telah dinilai sebagai agen pengemas biodegradable atau sebagai pelapis yang dapat dimakan untuk memperpanjang umur simpan produk segar [4].

Pati merupakan bahan biodegradable dan biokompatibel yang paling menjanjikan dibandingkan dengan polimer alam lainnya yang mendapat perhatian lebih karena ketersediaannya yang luas dari sumber tanaman, dapat diperbarui, kemampuan membentuk film, tidak beracun, biaya rendah dan sumber pendapatan bagi masyarakat pada sektor pertanian. Namun, film pati memiliki beberapa

keterbatasan seperti sifat hidrofilik yang kuat, yang membuat kontak sensitivitas kelembaban tinggi dengan air, dan sifat mekanik yang lebih rendah [23].

#### II.4 Kitosan

Kitosan adalah biopolimer paling melimpah kedua di bumi setelah selulosa dan berasal dari kerangka luar krustasea, invertebrata, dan jamur [1, 24]. Udang dan kepiting adalah sumber yang paling umum dikutip dalam literatur sebagai mentah bahan pembuatan kitosan, sedangkan jenis lain seperti lobster, udang karang dan tiram juga telah dimanfaatkan [25]. Struktur kitosan terdiri dari  $\beta$ -1,4-linked 2-amino-2-deoxy- $\beta$ -D-glukosa (deacetylated D-glucosamine) dan unit N-acetyl-D-glucosamine dalam rantai polisakarida linier [26, 24]. Kitosan memiliki tiga jenis gugus fungsi reaktif, gugus amino, dan gugus hidroksil primer dan sekunder masing-masing pada posisi C-2, C-3, dan C-6 [24].



**Gambar 2. 3** Struktur kimia kitosan [27]

Kitosan telah mendapatkan minat komersial yang meningkat sebagai bahan baku karena sifatnya yang sangat baik termasuk biokompatibilitas, biodegradabilitas, adsorpsi, dan kemampuan untuk menyebar sebagai film tipis dan dikelat dengan ion logam [1]. Karena sifat molekulnya yang mudah dimodifikasi, kitosan memiliki keuntungan besar dalam berbagai aplikasi dan proses biologis seperti pengolahan air limbah, pertanian, industri tekstil, teknik jaringan, kosmetik, dan industri farmasi [24]. Selain itu, berkat sifat pembentuk lapisannya yang luar biasa, kitosan telah diteliti untuk digunakan terutama dalam industri makanan, biomedis, dan kimia [28].

#### II.5 Asam Sitrat

Asam sitrat adalah asam polikarboksilat berbasis bio yang ada dalam buah-buahan, secara komersial tersedia dengan biaya rendah, yang bersifat tidak beracun karena diproduksi sebagai bahan metabolisme produk tubuh (Krebs atau siklus

asam sitrat) di semua sel hidup yang menggunakan oksigen sebagai bagiannya dari respirasi sel [29]. Asam sitrat, baru-baru ini difokuskan pada penggunaannya sebagai pengikat silang karena kemampuannya untuk bereaksi dan menstabilkan bahan polisakarida dengan efisiensi tinggi. Mekanisme pengikatan silang disebabkan oleh ikatan kovalen dalam di-ester termolekular antara gugus karboksil dari agen pengikat silang dan gugus hidroksil dari polisakarida [30].

Penggunaan asam sitrat untuk meningkatkan berbagai sifat fisik, kekuatan ikatan hidrogen dan penghalang film berbasis polisakarida [30, 31]. Penggabungan asam sitrat ke dalam film pati meningkatkan ketahanan termal, kekuatan fraktur, dan kelarutan air sambil mempromosikan tingkat tinggi gugus hidrofilik yang meningkatkan transmisi uap air dan hidrofilitas permukaan film [31]. Film kitosan yang digabungkan dengan asam sitrat, yang menunjukkan ketahanan air yang lebih baik karena ikatan silang karena nilai kadar air, penyerapan air, dan permeabilitas uap air menurun [30].

## **II.6 Gelatin**

Gelatin adalah protein hewani yang berasal dari hidrolisis parsial kolagen asli, yang merupakan protein struktural paling banyak ditemukan di kulit, tulang, dan jaringan ikat [32]. Gelatin mampu meningkatkan sifat mekanik karena kemampuannya dalam membentuk film yang sangat baik [11]. Gelatin bersifat kental, transparent, tidak berwarna, tidak berbau, tidak berasa dan mudah larut yang dapat membentuk gel transparan padat dan menghasilkan kekuatan pengikat yang positif [33, 34].

## **II.7 Sorbitol**

Sorbitol, yang juga dikenal sebagai glucitol, adalah sejenis alkohol gula dengan enam karbon dan ditemukan secara alami dalam jumlah yang signifikan dalam berbagai sumber, termasuk sayuran, buah-buahan, tembakau, dan rumput laut [35]. Sorbitol berbentuk kristal, larut dan stabil dalam air meskipun pemanasannya lama. Penambahan sorbitol dalam pembuatan edible film yaitu sebagai plasticizer untuk meningkatkan persentase perpanjangan lapisan yang dapat dimakan secara eksponensial dengan peningkatan kelembaban, menurunkan laju

transmisi uap air, mengurangi kerapuhan, meningkatkan kelenturan dan ketahanan film [36, 37].

Sorbitol umumnya digunakan sebagai plasticizer dalam pembuatan film pati, meningkatkan fleksibilitas film pati dengan mengurangi ikatan hidrogen antar molekul dan meningkatkan jarak antar molekul antara polimer pada interkalasinya ke dalam jaringan polimer pati [38]. Penambahan sorbitol yang terlalu tinggi dapat menurunkan nilai proses pemanjangan sehingga edible film tidak lentur, kadar air meningkat, warna yang dihasilkan tidak transparan dan tampilan kurang menarik [37].

## **II.8 Metode *Casting Solution***

Metode *casting solution* atau pengecoran larutan menggabungkan polimer dan prapolimer secara merata dan dibuat larut dalam larutan yang sesuai. Polimer menjadi fase matriks yang mudah larut dalam larutan, sedangkan nanopartikel terdispersi dalam larutan yang sama atau larutan yang berbeda [39]. Metode pengecoran merupakan sebuah metode skala laboratorium yang digunakan untuk membuat film kecil dengan cara mendistribusikan larutan atau suspensi dengan menggunakan peralatan yang ekonomis dan dalam ruangan yang terbatas. Namun, metode ini memiliki beberapa masalah, seperti waktu pengeringan yang lama tergantung pada komposisi dan ketebalan film, sulit untuk meningkatkan ke skala industri, serta biaya pemrosesan yang tinggi dikarenakan produksi yang rendah [13].