

**FABRIKASI DAN KARAKTERISASI BIOPLASTIK BERBASIS
GLUKOMANAN DARI UMBI PORANG (*Amorphophallus muelleri*)
DENGAN PENAMBAHAN KOMBINASI PLASTICIZER SORBITOL DAN
POLIETILEN GLIKOL**

MUHAMMAD JUSLIANDI

H031 18 1331



**DEPARTEMEN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2022**

**FABRIKASI DAN KARAKTERISASI BIOPLASTIK BERBASIS
GLUKOMANAN UMBI PORANG (*Amorphophallus muelleri*) DENGAN
PENAMBAHAN KOMBINASI PLASTICIZER SORBITOL DAN
POLIETILEN GLIKOL**

*Skripsi ini diajukan sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Sains*

Oleh:

MUHAMMAD JUSLIANDI

H031 18 1331



MAKASSAR

2022

HALAMAN PERSEMBAHAN

“Sesungguhnya Allah tidak akan merubah keadaan suatu kaum sehingga mereka merubah keadaan yang ada pada diri merkea sendiri“ (QS. Ar Ra’d : 11)

“Dan bahwasanya seorang manusia tiada memperoleh selain apa yang telah diusahakannya“ (An Najm : 39)

진짜 위험한 것은 아무것도 하지 않은 것이다.

(Kesalahan terbesar adalah tidak melakukan suatu tindakan apa pun)

학습을 중단하는 사람들은 과거의 소유자가되지만, 계속 공부하는 사람은 미래의 소유자가됩니다. 절대로 새로운 것을 배우지 마라.

(Orang orang yang berhenti belajar akan menjadi pemilik masa lalu, tetapi mereka yang terus belajar, akan menjadi pemilik masa depan. Jangan pernah menyerah mempelajari hal baru)

Karya kecil teruntuk ibu, Ayah dan Saudara-saudara Tercinta,

مُتَقَبَّلٌ وَعَمَلًا طَيِّبًا وَرِزْقًا نَافِعًا عِلْمًا أَسْأَلُكَ إِنِّي اللَّهُمَّ

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**FABRIKASI DAN KARAKTERISASI BIOPLASTIK BERBASIS
GLUKOMANAN DARI UMBI PORANG (*Amorphophallus muelleri*)
DENGAN PENAMBAHAN KOMBINASI PLASTICIZER SORBITOL DAN
POLIETILEN GLIKOL**

Disusun dan diajukan oleh

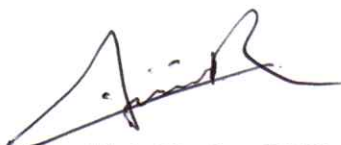
MUHAMMAD JUSLIANDI

H031 18 1331

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Sidang Sarjana Program Studi
Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Hasanuddin
Pada 6 Desember 2022
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama



Dr. Abd. Karim, M.Si
NIP. 19620710 198803 1 001

Pembimbing Pertama



Abdur Rahman Arif, S.Si, M.Si
NIP. 19861008 201504 1 002

Ketua Program Studi



Dr. St. Fauziah, M.Si.
NIP. 19720202199903 2 002

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Jusliandi

NIM : H031181331

Program Studi : Kimia

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa Skripsi dengan judul "Fabrikasi Dan Karakterisasi Bioplastik Berbasis Glukomanan Dari Umbi Porang (*Amorphophallus muelleri*) Dengan Penambahan Kombinasi Plasticizer Sorbitol Dan Polietilen Glikol" adalah karya saya sendiri dan tidak melanggar hak cipta pihak lain. Apabila dikemudian hari terbukti bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini adalah hasil karya orang lain yang saya pergunakan dengan cara melanggar hak cipta pihak lain, maka saya bersedia menerima sanksi.

Makassar, 6 Desember 2022

Yang Menyatakan,



Muhammad Jusliandi

PRAKATA

Assalamuálaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillah rabbil 'alamin, segala puji bagi Allah Subhana Wa Ta'ala tuhan semesta alam yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, telah memberikan rahmat dan hidayah-nya. Shalawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada junjungan Nabi Agung Muhammad SAW yang selalu kita nantikan syafa'atnya di akhirat nanti.

Penulis mengucapkan syukur kepada Allah Subhana Wa Ta'ala atas limpahan nikmat kesehatan, baik sehat fisik maupun akal pikiran, sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi yang berjudul **Fabrikasi dan Karakterisasi Bioplastik Berbasis Glukomanan dari Umbi Porang (*Amorphophallus muelleri*) dengan Penambahan Kombinasi Plasticizer Sorbitol dan Polietilen Glikol** disusun sebagai salah satu persyaratan akademik yang harus dipenuhi untuk menyelesaikan program strata satu (S1) pada Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin.

Banyak halangan serta hambatan yang penulis lewati selama menyelesaikan skripsi ini. Namun dengan bantuan, dukungan, doa, semangat dan kerja sama dari berbagai pihak sehingga skripsi ini dapat diselesaikan. Izinkan penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang tulus kepada Bapak **Dr. Abd. Karim, M.Si** dan Bapak **Abdur Rahman Arif, S.Si, M.Si** selaku pembimbing utama dan pertama yang senantiasa memberikan arahan, bantuan, perhatian, dan motivasi selama proses penyelesaian skripsi ini.

Limpahan rasa hormat dan bakti serta doa yang tulus, penulis persembahkan kepada orang tua Ayah dan Ibu tercinta, **Sudirman** dan **Nurjannah** yang hingga detik ini tidak pernah berhenti mendoakan dan mendukung segalanya. Saudara-saudari penulis **Saldi, Jaswadi, Yusuf dan Nur Azizah Mutiara Fatanah** yang selalu memberi dukungan dan semangat. Keberhasilan penulis sampai pada tahap penulisan skripsi ini tak lepas dari bantuan, baik materil maupun spiritual dari orang-orang di lingkungan penulis. Oleh karena itu, penulis menghaturkan terima kasih kepada:

1. Bapak **Dr. Yusafir Hala, M.Si** yang juga selaku (ketua) dan Bapak **Dr. Djabal Nur Basir, M.Si** (sekretaris) sebagai penguji yang telah meluangkan waktunya untuk memberi saran dan masukan yang sangat berharga.
2. Analis laboratorium kak Hana, ibu Tini, kak Anti, kak Fibi, kak Linda, pak Iqbal dan kak Nure, terkhusus untuk kak Nure terima kasih atas bantuan dan kritikan serta wejangan yang diberikan pada saat penelitian sehingga sangat membantu menyelesaikan penelitian ini.
3. Seluruh **Dosen dan Staff Akademik Unhas** yang membimbing dan mengarahkan penulis hingga ketahap ini.
4. Teman-teman Kimia 2018 yang selama ini telah berjuang melewati masa studi dan yang masih berusaha untuk menyelesaikan studi di departemen Kimia FMIPA Unhas.
5. Sahabat-sahabat terbaik penulis selama di Makassar, **CIRCLE K** (Salman, Ilham, dan Ike) dan **UKMF RESOLUSI D30** yang selalu menemani dan memberikan dukungan sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
6. Teman seperjuangan, tempat berbagi segala kesulitan dan kebahagiaan dalam menyelesaikan penelitian ini, saudari **Reyke Tyara Datu**

7. Sahabat tercinta yang terhalang jarak namun selalu memberi dukungan serta doa dimanapun berada: Rina, Rais, Ryan, Adit, Ima, dan Fira.
8. Teman-teman sesama Peneliti Biokimia Departemen Kimia FMIPA Unhas yang selalu berbagi saran dan pendapat, saling menyemangati dan memotivasi selama berjalannya penelitian ini.
9. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu dalam kesempatan ini.
10. *Last but not least, I wanna thank me, I wanna thank me for believing in me, I wanna thank me for doing all this hard work, I wanna thank me for having no days off, I wanna thank me for never quitting.*

Semoga segala bentuk bantuan yaitu doa, saran, motivasi dan pengorbanan yang telah diberikan kepada penulis dapat bernilai ibadah dan diganjarkan pahala disisi Allah SWT Aamiin

Penulis sadar akan segala kekurangan dalam penulisan skripsi ini, maka penulis sangat menghargai bila ada kritik dan saran demi penyempurnaan isi skripsi ini. Akhirnya penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak yang membaca maupun bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Makassar, November 2022

Penulis

ABSTRAK

Umbi porang (*Amorphophallus muelleri*) berpotensi untuk dilakukan fabrikasi bioplastik karena memiliki kadar glukomanan yang tinggi. Proses ekstraksi dan purifikasi dilakukan menggunakan pelarut etanol 95% dengan perbandingan 1:1 (v/v). Hasil penelitian yang telah dilakukan pada ekstraksi dan purifikasi glukomanan didapatkan kadar glukomanan sebesar 70,56%. Kadar glukomanan yang tinggi dapat dilakukan fabrikasi bioplastik karena glukomanan dapat membentuk gel yang bersifat elastis. Fabrikasi bioplastik berbasis glukomanan dari umbi porang dilakukan dengan penambahan kombinasi pemlastis sorbitol dan polietilen glikol. Penambahan sorbitol sebagai pemlastis dapat meningkatkan kekuatan intermolekul dan fleksibilitas pada bioplastik sehingga dapat memperbaiki sifat elastisitas. Hasil yang diperoleh pada penelitian ini didapatkan formulasi bioplastik yang terbaik yaitu pada sampel BP 2.1 dengan nilai ketebalan 0,246 mm, laju transmisi uap air 1,4032 g/m².hari, tensile strength (kuat tarik) 2,1754± 0,3626 Mpa, dan % elongasi sebesar 38,52± 1,31%.

Kata kunci : Bioplastik; Glukomanan; Polietilen glikol; Umbi porang; Sorbitol.

ABSTRACT

Porang tuber (*Amorphophallus muelleri*) has the potential to be used for bioplastic fabrication because it has a high glucomannan content. The extraction and purification processes were carried out using 95% ethanol fuel in comparison 1:1 (v/v). The results of research that has been done on the extraction and purification of glucomannan obtained glucomannan levels of 70,56%. High levels of glucomannan can be used for bioplastic fabrication because glucomannan can form elastic gels. Fabrication of glucomannan-based bioplastics from porang tubers was carried out by adding a combination of sorbitol and polyethylene glycol plasticizers. The addition of sorbitol as a plasticizer can increase the intermolecular strength and flexibility of bioplastics so that they can improve their elastic properties. The results obtained in this study indicate that the best bioplastic formulation is the sample at BP 2.1 with a thickness value of 0,246 mm. water vapor transmission rate of 1,4032 g/m².day, tensile strength $2,1754 \pm 0,3626$ Mpa, and % elongation of $38,52 \pm 1,31\%$.

Keywords : Bioplastic; Glucomannan; Polyethylene glycol; Porang tubers; Sorbitol.

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|--|---------|
| ABSTRAK..... | ix |
| ABSTRACT | x |
| DAFTAR ISI | xi |
| DAFTAR TABEL | xiv |
| DAFTAR GAMBAR..... | xv |
| DAFTAR LAMPIRAN | xvi |
| DAFTAR ARTI SIMBOL DAN SINGKATAN..... | xvii |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 5 |
| 1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian | 5 |
| 1.3.1 Maksud Penelitian..... | 5 |
| 1.3.2 Tujuan Penelitian..... | 5 |
| 1.4 Manfaat Penelitan..... | 6 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 7 |
| 2.1 Umbi Porang | 7 |
| 2.1.1 Klasifikasi Umbi Porang..... | 8 |
| 2.1.2 Morfologi Porang..... | 9 |
| 2.2 Tepung Porang | 11 |
| 2.3 Glukomanan | 13 |
| 2.4 Baku Mutu Glukomanan | 17 |
| 2.5 Bioplastik | 19 |

| | |
|--|-----------|
| 2.6 Karakterisasi..... | 21 |
| 2.6.1 Sifat Mekanik | 21 |
| 2.6.2 Daya Serap Air..... | 22 |
| 2.6.3 Biodegradasi..... | 23 |
| 2.7 Plasticizer | 24 |
| 2.7.1 Sorbitol..... | 26 |
| 2.4.3 Polietilen Glikol | 27 |
| BAB III METODE PENELITIAN | 28 |
| 3.1 Bahan Penelitian..... | 28 |
| 3.2 Alat Penelitian | 28 |
| 3.3 Waktu dan Tempat Penelitian | 28 |
| 3.4 Prosedur Penelitian..... | 28 |
| 3.4.1 Pengambilan Sampel | 28 |
| 3.4.2 Preparasi Sampel..... | 29 |
| 3.4.3 Purifikasi Glukomanan..... | 29 |
| 3.4.4 Karakterisasi Glukomanan | 29 |
| 3.4.4.1 Analisis Kadar Glukomanan Metode DNS | 29 |
| 3.4.4.2 Analisis Proksimat | 30 |
| 3.4.4.3 Penentuan Gugus Fungsional Spesifik | 31 |
| 3.4.5 Fabrikasi Bioplastik | 31 |
| 3.4.6 Karakterisasi Bioplastik | 32 |
| 3.4.6.1 Uji Ketebalan | 32 |
| 3.4.6.2 Uji Transmisi Uap Air | 32 |
| 3.4.6.3 Uji Tensile Strength..... | 33 |

| | |
|---|-----------|
| 3.4.6.4 Persen Elongasi..... | 33 |
| 3.4.6.5 Uji SEM | 33 |
| 3.4.6.6 Uji FTIR..... | 34 |
| 3.4.6.7 Uji Kemampuan Biodegradasi..... | 34 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | 37 |
| 4.1 Hasil Purifikasi Tepung Porang | 37 |
| 4.2 Hasil Analisis Kadar Glukomanan | 37 |
| 4.3 Hasil Fabrikasi Bioplastik | 39 |
| 4.4 Hasil Karakterisasi Bioplastik..... | 40 |
| 4.4.1 Hasil Uji Ketebalan | 40 |
| 4.4.2 Hasil Uji Transmisi Uap Air | 41 |
| 4.4.3 Sifat Mekanik Bioplastik..... | 43 |
| 4.4.3.1 Hasil Uji Tensile Strength | 45 |
| 4.4.3.2 Hasil Uji Persen Elongasi | 46 |
| 4.4.4 Hasil Uji SEM | 47 |
| 4.4.5 Penentuan Gugus Fungsional KGM dan Bioplastik | 49 |
| 4.4.6 Hasil Uji Kemampuan Biodegradasi..... | 51 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN | 53 |
| 5.1 KESIMPULAN | 53 |
| 5.2 SARAN | 53 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | 54 |
| LAMPIRAN | 63 |

DAFTAR TABEL

| Tabel | halaman |
|---|----------------|
| 1. Kandungan Gizi Umbi Porang..... | 12 |
| 2. Komposisi Tepung Porang | 12 |
| 3. Standar Mutu Glukomanan..... | 17 |
| 4. Beberapa Penelitian Karakterisasi Glukomanan dari Umbi Porang | 18 |
| 5. Sifat Mekanik Ekolabel Plastik | 21 |
| 6. Plasticizer Alami dari Bioplastik..... | 25 |
| 7. Formulasi Bioplastik..... | 33 |
| 8. Hasil Persentase Kadar Glukomanan..... | 38 |
| 9. Hasil Uji Sifat Mekanik Bioplastik..... | 44 |
| 10. Hasil FTIR KGM..... | 50 |
| 11. Hasil Uji Kemampuan Biodegradasi Media Tanah dan Air Laut.... | 52 |

DAFTAR GAMBAR

| Gambar | halaman |
|--|----------------|
| 1. Umbi Porang..... | 9 |
| 2. Bentuk morfologi porang..... | 10 |
| 3. Struktur Glukomanan..... | 14 |
| 4. Struktur Segmen Glukomanan..... | 15 |
| 5. Struktur Kimia Sorbitol.. .. | 26 |
| 6. Struktur PEG..... | 27 |
| 7. Tepung Porang Sebelum dan Sesudah Purifikasi.. .. | 37 |
| 8. Bioplastik Berbasis Glukomanan | 39 |
| 9. Data Ketebalan Bioplastik | 40 |
| 10. Data Laju Transmisi Uap Air | 41 |
| 11. Kurva Tegangan-Regangan Bioplastik..... | 43 |
| 12. Hasil Uji Tensile Strength | 45 |
| 13. Hasil Uji Persen Elongasi | 46 |
| 14. Hasil Uji SEM Perbesaran 100 kali | 48 |
| 15. Hasil Uji SEM Perbesaran 1000 kali..... | 48 |
| 16. Spektra FTIR KGM..... | 50 |
| 17. Spektrum FTIR Bioplastik dan KGM..... | 51 |

DAFTAR LAMPIRAN

| Lampiran | halaman |
|--|----------------|
| 1. Diagram Alir..... | 63 |
| 2. Bagan Kerja..... | 64 |
| 3. Perhitungan Kadar Glukomanan..... | 68 |
| 4. Perhitungan Ketebalan Bioplastik..... | 71 |
| 5. Perhitungan Laju Transmisi Uap Air..... | 72 |
| 6. Perhitungan Formulasi Bioplastik..... | 73 |
| 7. Hasil Fabrikasi Bioplastik..... | 74 |
| 8. Hasil Pengujian Tensile Strength dan Persen Elongasi..... | 75 |
| 9. Hasil Uji SEM..... | 90 |
| 10. Hasil Uji FTIR..... | 100 |
| 11. Hasil Uji Biodegradasi..... | 106 |
| 12. Dokumentasi Penelitian..... | 114 |

DAFTAR ARTI SIMBOL DAN SINGKATAN

Simbol/Singkatan Arti

| | |
|------|-------------------------------------|
| CA | <i>Cellulose Acetat</i> |
| DNS | Dinitrosalicylic acid |
| EG | Etilen Glikol |
| FTIR | <i>Fourier Transform Infra Red</i> |
| GLY | <i>Glycerol</i> |
| KGM | <i>Konjac Glukomannan</i> |
| PEG | Polietylen Glikol |
| SEM | <i>Scanning Electron Microscopy</i> |
| BP | Bioplastik |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Plastik sering dijumpai dan dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari oleh manusia. Plastik merupakan salah satu barang yang tidak dapat dipisahkan dari kehidupan manusia. Ribuan pabrik plastik juga melakukan pembuatan atau fabrikasi sehingga dapat digunakan oleh manusia. Plastik bersifat *non-biodegradable* yang berbahaya bagi lingkungan. Pembuangan limbah plastik merupakan penyebab utama pencemaran lingkungan yang bersifat karsinogenik menyebabkan cacat lahir, gangguan kekebalan, gangguan endokrin, perkembangan dan efek reproduksi bagi manusia (Pavani dan Rajeswari, 2014). Dalam enam dekade terakhir, plastik menjadi produk yang sangat diperlukan dan serbaguna dengan jangkauan sifat komposisi kimia dan aplikasi yang luas. Padahal, plastik awalnya dianggap tidak berbahaya akan tetapi pembuangan plastik selama bertahun-tahun menyebabkan keragaman masalah lingkungan (Okunola A dkk., 2019).

Setiap tahun plastik diproduksi di dunia sekitar 100 juta ton. Dari keseluruhan kebutuhan tersebut diantaranya berupa bioplastik yang mencapai 6,9 % dari 12,3 juta ton. Sedangkan kebutuhan di Indonesia sekitar 2,3 juta ton. Limbah plastik yang dihasilkan meningkat setiap waktunya (Avella, 2009). Kebutuhan plastik saat ini di sektor industri makanan dan minuman merupakan permasalahan yang tinggi, sehingga membuat impor plastik terus menanjak. Produksi plastik yang tinggi bila tidak disertai dengan pengelolaan yang baik akan

menimbulkan pencemaran. Upaya pemerintah untuk mengurangi limbah plastik yaitu dengan kebijakan kantong plastik berbayar, dimana setiap pasar ritel modern di seluruh Indonesia menetapkan harga Rp 200 untuk setiap pembelian kantong belanja plastik. Pemerintah Indonesia juga telah berupaya untuk mengurangi sampah melalui beberapa kegiatan seperti pembatasan timbulan sampah, pendaur ulangan sampah dan pemanfaatan kembali sampah (UU No.18 Tahun 2008 serta PP No.81 Tahun 2012).

Limbah plastik sangat sulit untuk diuraikan secara alami. Untuk menguraikan limbah plastik membutuhkan kurang lebih 80 tahun agar dapat terdegradasi secara sempurna (Wanda, 2019). Sekitar 5 juta ton plastik yang digunakan, hanya seperempat yang didaur ulang dan sisanya ditimbun. Para peneliti telah mengusulkan bahwa pada tahun 2050, lautan mungkin menampung lebih banyak plastik dibanding ikan. Sekitar 500 miliar kantong plastik digunakan dan diperkirakan 13 juta ton berakhir di lautan, membunuh sekitar 100.000 kehidupan yang ada di laut (Worm dkk., 2017).

Menurut Cordova (2020) peneliti di Pusat Penelitian Oseanografi (P2O) LIPI, dari 76 juta plastik yang digunakan oleh manusia, hanya 2% yang didaur ulang. Sementara 32% sisanya masuk ke ekosistem. Keberadaan sampah plastik dapat merusak ekosistem serta membunuh berbagai biota salah satunya biota laut. Sampah plastik yang berada di laut akan menjadi potongan-potongan sampah plastik kecil yang memiliki ukuran dibawah 5 mm disebut sebagai mikroplastik.

Mikroplastik adalah plastik berukuran <5 mm yang dihasilkan dari produksi yang disengaja (primer) atau pemecahan dari potongan-potongan plastik yang berukuran besar (sekunder). Mikroplastik diperkirakan berinteraksi dengan

berbagai organisme yang dapat menyebabkan efek buruk jika tertelan dalam konsentrasi yang cukup tinggi (Prokiè dkk., 2019). Oleh karena itu, penggunaan bahan plastik dapat dikatakan tidak bersahabat ataupun konservatif bagi lingkungan apabila digunakan tanpa batasan tertentu (Wanda, 2019). Plastik memiliki beberapa unsur beracun diantaranya Bisphenol A (BPA), antimon trioksida dan polifluorinasi (PFAS) yang dapat larut sehingga memiliki efek kerugian pada lingkungan dan kesehatan pada masyarakat (Okunola A dkk., 2019). Dampak sumber primer dan sekunder mikroplastik terhadap lingkungan harus segera ditangani. Penelitian lebih lanjut perlu dilakukan untuk mengetahui tingkat keterpaparan yang disebabkan oleh sampah plastik dan bahan kimia dari plastik yang mungkin berdampak pada manusia dan hewan (Verma dkk., 2016).

Solusi yang dapat ditawarkan untuk mengatasi masalah sampah plastik adalah dengan pembuatan (fabrikasi) plastik *biodegradable* (bioplastik). Bioplastik sepenuhnya terdegradasi oleh mikroorganisme tanpa meninggalkan racun, sehingga mengurangi sampah plastik (Arikan and Ozsoy, 2015). Saat ini masih sedikit yang mengetahui keselamatan kimia dari bioplastik dalam hal ini senyawa yang ada dalam bahan dan toksisitas serta paparan manusia terhadap senyawa yang ada dalam bioplastik (Ernststoff dkk., 2019). Senyawa yang digunakan dalam bioplastik termasuk aditif seperti *plasticizer*, antioksidan dan stabilisator yang dapat meningkatkan fungsionalitas material (Hahladakis dkk., 2018). Bioplastik memiliki ciri khas yang menguntungkan seperti murah, ringan, fleksibel dan ramah lingkungan dibandingkan plastik konvensional (Zimmermann dkk., 2020).

Bioplastik dapat terbentuk dari berbagai jenis umbi yang mengandung pati. Bahan-bahan yang digunakan untuk membuat bioplastik adalah senyawa-senyawa

yang terdapat pada tanaman seperti pati, selulosa dan lignin serta pada hewan seperti kitosan, kasein dan kitin. Polisakarida yang ada dalam hasil pertanian terdapat dalam berbagai bentuk yaitu pati dan glukomanan. Pati dan glukomanan sangat potensial sebagai bioplastik karena diproduksi secara massal. Pati merupakan polisakarida yang tersusun oleh rangkaian unit glukosa yang terdiri dari amilosa dan amilopektin sedangkan glukomanan merupakan polisakarida yang tersusun dari glukosa dan manosa. Glukomanan memiliki peranan yang sangat penting dalam pembuatan bioplastik karena glukomanan dapat membentuk gel yang bersifat elastis. Salah satu jenis glukomanan yang potensial berasal dari umbi porang (Situmorang dkk., 2019). Hasil penelitian Pradipta dan Mawarani (2012) umbi porang yang mengandung $\pm 55\%$ glukomanan dapat dimanfaatkan untuk pembuatan bioplastik.

Pemanfaatan umbi porang di Indonesia masih sangat jarang. Umbi porang memiliki kandungan polimer alam yaitu pati dan glukomanan sehingga umbi porang berpotensi besar untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku bioplastik (Dazuki dkk., 2014). Porang merupakan tanaman liar yang tumbuh di hutan maupun di pekarangan rumah. Umbi porang sukar diolah langsung sebagai bahan pangan karena pada umbi porang memiliki kandungan kristal kalsium oksalat yang dapat menimbulkan gatal-gatal. Sehingga, pemanfaatan umbi porang di Indonesia sangat terbatas sebagai bahan pangan (Pradipta dan Mawarani, 2012).

Hasil penelitian yang terkait dimana zat pemlastis (*plasticizer*) gliserol berpengaruh terhadap karakteristik bioplastik yaitu ketebalan, kuat tarik, elongasi dan daya serap air. variasi terbaik yang diperoleh melalui perbandingan nilai kuat tarik dari variasi elastisitas dan daya serap air yang dimiliki glukomanan pada KG2 yaitu sampel yang optimum dibandingkan dengan plastik konvensional (Rahadi

dkk., 2020). Selain itu, suhu dan waktu gelatinisasi serta interaksi berpengaruh terhadap kuat tarik dan elastisitas. Seiring bertambahnya volume gliserol maka nilai kekuatan tarik akan semakin menurun, sebaliknya perpanjangan saat putus akan semakin meningkat (Rinaldi dkk., 2014).

Berdasarkan uraian pada latar belakang, maka peneliti ingin melakukan penelitian tentang “Fabrikasi dan Karakterisasi Bioplastik Berbasis Glukomanan Dari Umbi Porang (*Amorphophallus muelleri*)” untuk mendapatkan formulasi bioplastik berbasis glukomanan dengan karakteristik yang optimum.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. bagaimana karakterisasi glukomanan yang diekstraksi dari umbi porang (*Amorphophallus muelleri*)?
2. berapa konsentrasi optimum glukomanan yang digunakan dalam formulasi bioplastik?
3. bagaimana karakterisasi bioplastik berbasis glukomanan yang dihasilkan?

1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

1.3.1 Maksud Penelitian

Penelitian ini dimaksudkan untuk memperoleh bioplastik berbasis glukomanan umbi porang (*Amorphophallus muelleri*)

1.3.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini antara lain :

1. menguji karakterisasi glukomanan yang diekstraksi dari umbi porang (*Amorphophallus muelleri*)

2. membuat konsentrasi optimum glukomanan yang digunakan dalam formulasi bioplastik
3. menguji karakterisasi bioplastik berbasis glukomanan yang dihasilkan

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah :

1. memberikan informasi kepada masyarakat bahwa tanaman umbi porang dapat dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan bioplastik
2. memberikan informasi kepada peneliti berikutnya tentang kegunaan glukomanan dari tanaman umbi porang
3. menghasilkan bioplastik berbasis tanaman umbi porang (*Amorphophallus muelleri*) yang optimal sehingga bisa menjadi salah satu terobosan baru untuk penggantian plastik yang ramah lingkungan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umbi Porang

Porang (*Amorphophallus oncophyllus* dan *Amorphophallus muerellii blume*) merupakan salah satu jenis tanaman yang memiliki potensial baik secara teknologi maupun secara komersial dalam segi medis, industri serta pangan. Porang memiliki kandungan glukomannan yang tinggi, yaitu sebesar 45-65%. Tanaman porang (*Amorphophallus* sp.) merupakan tanaman yang hidup di hutan tropis dan banyak terdapat di wilayah Indonesia (Aryanti dan Abidin, 2015).

Budidaya porang merupakan upaya diversifikasi bahan pangan serta penyediaan bahan baku industri yang dapat meningkatkan nilai komoditi ekspor di Indonesia. Komposisi umbi porang bersifat rendah kalori, sehingga dapat berguna sebagai makanan diet yang menyehatkan (Sari dan Suhartati, 2015). Umbi porang memiliki kandungan karbohidrat yang terdiri atas pati, glukomannan, serat kasar dan gula. Selain itu, porang juga memiliki kandungan lemak, protein, mineral, vitamin dan serat pangan (Dinas Ketahanan Pangan dan Perikanan, 2021).

Saat ini umbi porang yang diekspor masih berasal dari usaha masyarakat tani dengan mengumpulkan umbi yang tumbuh liar di perkebunan maupun di hutan. Umbi porang dibuat dalam bentuk *chip* yang berupa bahan baku mentah sehingga memiliki nilai jual rendah. Hal ini menunjukkan bahwa umbi porang belum dapat diolah menjadi produk yang bervariasi serta teknologi pengolahannya pun belum berkembang (Sari dan Suhartati, 2015). Sebagai tanaman penghasil karbohidrat, lemak, protein, mineral, vitamin dan serat pangan, tanaman porang sudah lama

dimanfaatkan sebagai bahan pangan dan diekspor sebagai bahan baku industri (Saleh dkk., 2015).

2.1.1 Klasifikasi Umbi Porang

Tumbuhan porang termasuk ke dalam familia Araceae (talas-talasan) dan tergolong genus *Amorphophallus*. Di seluruh dunia marga *Amorphophallus* secara umum dikenal dengan nama bunga bangkai karena bau bunganya yang busuk. Menurut Flach dan Rumawas dalam Nasir Saleh dkk (2015) di Indonesia terdapat empat jenis *Amorphophallus* yang dominan yaitu : (1) *Amorphophallus konjac* Koch, (2) *Amorphophallus muelleri* Blume, (3) *Amorphophallus paeoniifolius* Nicolson dan (4) *Amorphophallus variabilis* Blume.

Taksonomi porang menurut Dawam (2010) dalam Ramdana Sari dan Suhartati (2015) :

Regnum : Plantae

Sub Regnum: Tracheobionta

Super Divisio: Spermatophyta

Divisio : Magnoliophyta

Class : Liliopsida

Sub Class: Arecidae

Ordo : Arales

Familia : Araceae

Genus : *Amorphophallus*

Species : *Amorphophallus oncophyllus*

Porang dapat dipanen setelah tanamannya rebah dan daunnya telah kering. Kandungan glukomanan lebih tinggi dibandingkan pada saat sebelum rebah.

Kandungan glukomanan pada awal pertumbuhan lebih rendah karena digunakan sebagai sumber energi untuk pertumbuhan daun. Setelah daun mengalami pertumbuhan yang maksimal, glukomanan tidak digunakan untuk proses metabolisme, sehingga terakumulasi pada umbi hingga mencapai fase dormansi (Chairiyah dkk., 2014).



Gambar 1. Umbi Porang (Dinas Kesehatan Pangan dan Perikanan, 2021)

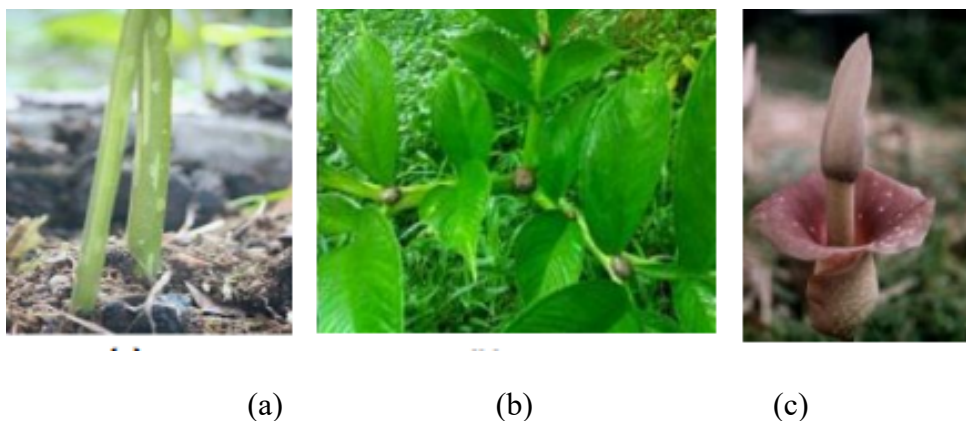
12.1.2 Morfologi Umbi Porang

Secara visual ciri-ciri morfologi umbi porang memang tidak terlalu berbeda dengan suweg dan walur, tetapi apabila dilihat secara detail terdapat beberapa perbedaan diantara ketiganya dan ciri khas tertentu yang dimiliki oleh umbi porang. Ciri pembeda tersebut diantaranya meliputi bentuk corak tangkai, tekstur permukaan tangkai, ada tidaknya bulbil, warna daging umbi, serat umbi dan ada tidaknya tunas di umbi (Sulistiyo dkk., 2015).

Tumbuhan porang memiliki batang yang tegak, lunak, halus berwarna hijau atau hitam dengan bercak putih. Batang tunggal memecah menjadi tiga batang sekunder dan akan memecah menjadi tangkai daun. Perkembangan morfologi daun berupa daun tunggal menjari yang ditopang oleh satu tangkai daun yang bulat. Pada tangkai daun akan keluar beberapa umbi batang sesuai musim tumbuh (Sumarwoto, 2005). Tangkai porang bertekstur halus hingga kasar dan memiliki getah yang dapat

menimbulkan rasa gatal. Titik pangkal daun umbi porang memiliki bulatan kecil berwarna hijau hingga coklat sebagai bakal tumbuh bulbil. Titik tersebut mulai terlihat sejak tanaman berusia kurang lebih 2 bulan (Sulistiyo dkk., 2015). Helaian daun memanjang dengan ukuran antara 60-200 cm dengan tulang daun yang kecil terlihat jelas pada permukaan daun. Panjang tangkai daun antara 40-180 cm dengan daun yang lebih tua berada pada pucuk diantara tiga segmen tangkai daun (Ganjari, 2014).

Penelitian yang telah dilakukan oleh Padusung dkk (2020) mengemukakan bahwa kondisi pengembangan budidaya dan pemanfaatan porang ke depan sangat prospektif karena lahan tersedia, terutama di kawasan hutan sehingga tidak perlu bersaing dengan lahan komoditas pangan lainnya. Pasar tepung porang juga tersedia, terutama untuk tujuan ekspor di samping pasar dalam negeri seiring dengan meningkatnya kesadaran dan kebutuhan masyarakat terhadap pangan fungsional. Berdasarkan hal tersebut dapat dilihat bentuk morfologi porang pada Gambar 2.



Gambar 2. Bentuk morfologi porang. (a) batang porang; (b) daun tanaman; (c) bunga porang (Sari dan Suhartati , 2015)

2.2 Tepung Porang

Umbi orang sering diolah menjadi tepung porang lalu digunakan sebagai bahan baku olahan pangan, pakan ternak, pengikat air, penggumpal atau pembentuk gel, makanan diet rendah kalori dan lemak, serta bahan pengental (Dinas Ketahanan Pangan dan Perikanan, 2021). Umbi porang tidak dapat disimpan dalam waktu yang lama, sehingga harus diolah menjadi tepung agar awet. Cara pengolahan umbi menjadi tepung belum banyak diketahui oleh masyarakat, sehingga umbi ini hanya dapat dibuat dalam bentuk *chip* atau keripik kering yang harga jualnya rendah dan selanjutnya dikirim ke pabrik. Umbi porang juga dapat diolah menjadi bahan dasar pembuatan mie (Sari dan Suhartati, 2015).

Umbi porang banyak mengandung glukomanan dan dikenal dengan nama *Konjac Glucomannan* (KGM). KGM banyak digunakan sebagai makanan tradisional di Asia seperti mie, tofu dan *jelly*. Tepung *konjac* juga merupakan salah satu makanan sehat dari Jepang yang dikenal dengan nama konyaku. Beberapa manfaat dari tepung konjak atau KGM adalah mengurangi kolesterol darah, memperlambat pengosongan perut, mempercepat rasa kenyang sehingga cocok untuk makanan diet dan bagi penderita diabetes, sebagai pengganti agar-agar dan gelatin. Kadar KGM dalam tepung konjak berkisar antara 50-70%. Metode ekstraksi dan purifikasi KGM telah banyak dilakukan. Namun, tepung *konjac* yang diperoleh dengan cara ini menghasilkan kemurnian yang rendah dan dijual sebagai bahan pangan dengan harga rendah. Sedangkan proses basah dapat dilakukan dengan menggunakan timbal asetat, garam (misalnya aluminium sulfat), 2-propanol dan enzim penghidrolisa pati (Aryanti dan Abidin, 2015).

Kandungan gizi umbi porang dan komposisi kimia tepung porang yang dijelaskan secara berturut-turut dapat dilihat pada Tabel 1 dan 2 sebagai berikut:

Tabel 1. Kandungan Gizi Umbi Porang (Kementerian Pertanian, 2013)

| Kandungan | Satuan | Nilai Per 100 gram |
|---------------|--------|--------------------|
| Air | g | 90,07 |
| Karbohidrat | g | 8,82 |
| Protein | g | 0,72 |
| Asam Askorbat | mg | 20,2 |
| Tiamin | mg | 0,020 |
| Riboflavin | mg | 0,029 |
| Niasin | mg | 0,200 |
| Vitamin B6 | mg | 0,0420 |

Tabel 2. Komposisi Tepung Porang (Widjanarko, 2014)

| Komponen | Jumlah (%) |
|-----------------|------------|
| Kadar Air | 8,71 |
| Kadar Abu | 4,47 |
| Pati | 3,09 |
| Glukomanan | 43,98 |
| Protein | 3,34 |
| Lemak | 3,34 |
| Kalsium oksalat | 22,72 |

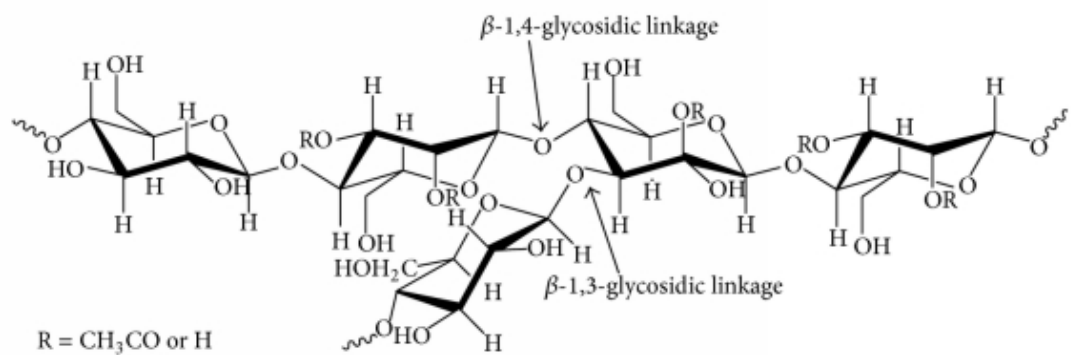
Kadar glukomanan pada umbi ini dipengaruhi oleh berbagai faktor antara lain, jenis tanaman, umur tanaman, lama waktu setelah panen, perlakuan pengeringan, bagian yang digiling dan alat penggiling yang digunakan (Sumarwoto, 2005). Pengolahan umbi porang harus cermat, karena mengandung kalsium oksalat berbentuk jarum yang menyebabkan rasa gatal dan zat konisin penyebab rasa pahit. Asam oksalat dapat menyerap kalsium yang penting untuk fungsi saraf dan serat-serat otot. Asam oksalat yang terlarut akan mengikat kalsium dalam tubuh manusia sehingga terjadi kekurangan kalsium. Oksalat tak larut berupa kalsium oksalat yang dikonsumsi bersama makanan akan terakumulasi pada ginjal yang dapat menyebabkan batu ginjal (Indriyani dkk., 2010).

2.3 Glukomanan

Glukomanan merupakan polisakarida dari jenis hemiselulosa yang terdiri dari ikatan rantai galaktosa, glukosa, dan mannososa. Ikatan rantai utamanya adalah glukosa dan *mannosa* sedangkan cabangnya adalah galaktosa. Ada dua cabang polimer dengan kandungan galaktosa yang berbeda. Glukomanan sangat potensial sebagai bioplastik karena diproduksi secara massal. Glukomanan yang potensial berasal dari umbi porang. Glukomanan memiliki peranan yang sangat penting dalam pembuatan *edible film*, karena glukomanan dapat membentuk gel yang bersifat elastis (Situmorang dkk., 2019).

Glukomanan memiliki sifat khas yakni dapat membentuk larutan kental dalam air, dapat mengembang sangat besar karena daya kembangnya juga besar, dapat membentuk gel, dapat membentuk lapisan tipis ke dalam air yang berasal dari penambahan NaOH atau gliserin dan memiliki sifat ringan seperti dapat digunakan sebagai media pertumbuhan mikroorganisme (Saputro dkk., 2014).

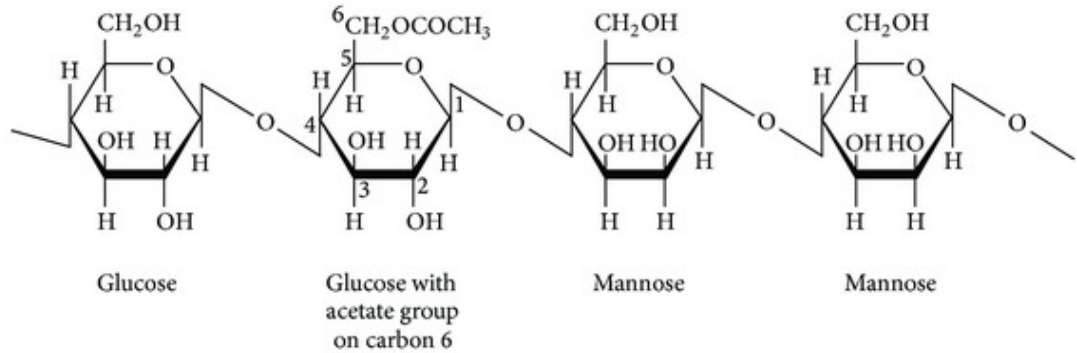
Polisakarida dari glukomanan yang terdiri dari β -1,4 D-Glukosa dan D-Manosa dengan rantai cabang pendek yang terikat pada posisi C-6 dari unit gula (Lin dkk., 2010). Polimer linier ini terikat melalui ikatan antar molekul dan intramolekul, sehingga memungkinkan berbentuk planar yang dapat bergabung menjadi mikrofibril. Selulosa tidak larut dalam air karena gugus hidroksil dalam rantai gula terikat satu sama lain (Khalil dkk., 2012). Peningkatan polimerisasi selulosa dapat dilakukan melalui proses hidrolisis seperti hidrolisis asam, hidrolisis basa, delignifikasi melalui proses oksidasi (Lee dkk., 2014). Struktur kimia glukomanan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Struktur Glukomanan (Nita dan Kharis, 2015)

Glukomanan larut dalam air dan dapat difermentasi melalui proses ekstraksi dari umbi atau akar ubi gajah yang juga dikenal sebagai konjak (*AmorphoHallus* konjak atau *AmorphoHallus rivieri*). Glukomanan relatif tidak berubah di dalam usus besar karena difermentasi oleh bakteri di dalam usus besar (Keithley dkk., 2013). Dalam satu molekul glukomanan terdapat 33% D-Glukosa dan 67% D-mannosa (1:1,6) dengan berat molekul 200.000 hingga 2.000.000 Dalton, bergantung pada jenis umbi porang. Gugus asetil terdapat pada setiap 6 hingga 19 gugus karbon pada posisi C-6 yang mempengaruhi kelarutan

glukomanan dalam air dan perilaku gelatinisasinya saat dipanaskan (Chan, 2009). Struktur segmen glukomanan dengan unit glukosa dan manosa berulang dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Struktur Segmen Glukomanan (Keithley dkk., 2013)

Studi ekstensif telah menunjukkan bahwa gugus asetil dalam rantai molekul KGM merupakan faktor penentu untuk beberapa sifat KGM, terutama untuk sifat gelatinisasi (Jian dkk., 2015). KGM murni tidak dapat menyiapkan gel, proses basa adalah metode yang paling banyak digunakan untuk menyiapkan gel KGM. KGM terdeasetilasi (Da-KGM) diperoleh dengan pengolahan basa KGM yang dapat digunakan untuk membuat gel. Kecepatan gelatinisasi akan meningkat seiring dengan peningkatan modulus elastisitas (Yang dkk., 2017).

Menurut Wang dan Jhonson (2003) dan Mulyono (2010), beberapa sifat/karakter penting glukomanan antara lain :

1. membentuk massa yang kental dengan kemampuan mengembang yang cukup besar (138 hingga 200%)
2. larutan kental tersebut bersifat seperti plastik dengan kekentalan mencapai 35.000 cps pada konsentrasi larutan 1%, sehingga sangat sesuai untuk bahan

pengental. Viskositas ini lebih tinggi dibandingkan dengan bahan pengental alami lainnya

3. mampu membentuk gel dengan penambahan air kapur, larutan kental glukomanan dapat membentuk gel yang khas dan tidak mudah rusak. Dengan pemanasan sampai 85 °C pada kondisi sedikit basa (pH 9-10), terbentuk gel yang bersifat stabil dan *irreversible*, bahkan bila dipanaskan ulang pada suhu 100 hingga 200 °C. sifat ini sesuai untuk penggunaan glukomanan dalam pembuatan sejumlah makanan sehat untuk program penurunan berat badan, seperti *cake*, mie, kue kering, roti, sosis, bakso dan makanan tiruan untuk vegetarian. Namun, glukomanan dapat membentuk gel yang bersifat *reversible* bila dipanaskan bersama-sama dengan *xanthan gum* atau keragenan dan menunjukkan hasil sinergi yang baik pada pH 5. Sifat ini dimanfaatkan dalam pembuatan permen lunak, jeli, selai, yogurt, pudding dan es krim sebagai pengganti gelatin
4. sifat merekat yang kuat dalam air, namun dengan penambahan asam asetat sifat tersebut akan hilang
5. dapat diendapkan dengan etanol dan kristal yang terbentuk dan dapat dilarutkan kembali dengan asam klorida encer. Bentuk kristal yang diperoleh sama persis dengan bentuk kristal glukomanan di dalam umbi. Namun, bila dicampur dengan larutan alkali akan terbentuk kristal baru yang berbentuk massa gel yang bersifat tidak larut dalam air maupun asam encer
6. sifat mencair seperti agar
7. stabil pada kondisi asam dan tidak menggumpal sampai pH di bawah 3,3
8. toleran terhadap konsentrasi garam tinggi

9. mampu membentuk lapisan tipis (*film*) yang bersifat tembus pandang (jernih) dengan penambahan NaOH atau gliserin dapat dihasilkan *film* kedap air.

Berdasarkan sifat-sifat tersebut, glukomanan dapat dimanfaatkan pada berbagai industri pangan, kimia dan farmasi, antara lain untuk produk makanan seperti konnyaku, shirataki (berbentuk mie); sebagai bahan campuran/tambahan pada berbagai produk kue, roti, es krim, permen, jeli, selai, dan lain-lain; bahan pengental pada produk sirup dan sari buah; bahan pengisi dan pengikat tablet; bahan pelapis (*coating* dan *edible film*); bahan perekat (lem, cat tembok); pelapis kedap air; penguat tenunan dalam industri tekstil; media pertumbuhan mikroba; dan bahan pembuatan kertas yang tipis, lemas, dan tahan air (Saleh dkk., 2015).

2.4 Baku Mutu Glukomanan

Glukomanan memiliki baku mutu berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) (2013) baku mutu tersebut meliputi kadar air, kadar glukomanan dan kadar abu dengan batas maksimal kadar air sebesar 12%, sementara itu batas minimal kadar glukomanan yaitu lebih besar dari 35% (mutu I) dan 15% (mutu II). Baku mutu glukomanan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Standar Mutu Glukomanan

| No. | Baku Mutu | Persyaratan SNI 7939:2013 (%) | | |
|-----|------------------|-------------------------------|-----------|------------|
| | | Mutu (I) | Mutu (II) | Mutu (III) |
| 1. | Kadar Air | ≤13 | 13-≤15 | 15-16 |
| 2. | Kadar Glukomanan | >25 | 20-≤25 | 15<20 |
| 3. | Kadar Abu | ≤4 | >4- <5 | 5-6,5 |

Beberapa penelitian terkait hasil ekstraksi glukomanan dari tepung porang yang dilakukan berdasarkan baku mutu glukomanan yakni dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Beberapa Penelitian Karakterisasi Glukomanan dari Umbi Porang

| No. | Metode | Hasil | Referensi |
|-----|--|---|--------------------------|
| 1. | Jumlah umbi yang dianalisis sebanyak limah buah dengan variasi perbedaan berat air dan kadar air menggunakan refluks kondensor | Rata-rata kadar glukomanan pada umbi porang yang dihasilkan berkisar 50,84-70,70%. Perbedaan kadar glukomanan yang dihasilkan disebabkan oleh larutan yang digunakan dan cara memprosesnya | Wigoeno dkk., 2013 |
| 2. | Penentuan KGM menggunakan pereaksi 3,5-DNS | Kadar air yang diperoleh dari tepung porang putih sebesar 13,477% dan tepung porang kuning sebesar 12,326%. Tepung porang putih menghasilkan kadar glukomanan yang lebih besar yaitu sebesar 73,70% untuk pelarut air dibandingkan dengan tepung porang kuning pada pelarut yang sama yaitu sebesar 72,54%. | Aryanti dan Abidin, 2015 |

2.5 Bioplastik

Biodegradable dapat diartikan dari tiga kata yaitu *bio* yang berarti makhluk hidup, *degra* yang berarti terurai dan *able* berarti dapat. Jadi, *biodegradable* plastik adalah plastik yang dapat terurai oleh mikroorganisme. Plastik ini, biasanya digunakan untuk pengemasan. Kelebihan bioplastik antara lain tidak mudah ditembus uap air sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengemas. Plastik *biodegradable* adalah suatu bahan dalam kondisi tertentu, waktu tertentu mengalami perubahan dalam struktur kimia yang mempengaruhi sifat-sifat yang dimiliki karena pengaruh mikroorganisme (Aripin dkk., 2017).

Salah satu bahan untuk membuat *biodegradable plastic* adalah pati yang berasal dari umbi-umbian. *Biodegradable plastic* atau bioplastik merupakan plastik yang dapat digunakan layaknya seperti plastik konvensional, namun akan hancur terurai oleh aktivitas mikroorganisme setelah habis terpakai dan dibuang ke lingkungan (Saputro dan Ovita, 2017). *Biodegradable plastic* berbahan selulosa asetat (CA) merupakan plastik yang dapat terurai di tanah dan air dalam beberapa tahun. Namun, bahan tersebut dapat di daur ulang serta dibakar tanpa memiliki residu. Penelitian yang telah dilakukan oleh Mostafa dkk (2015) tentang sifat-sifat penting selulosa asetat (CA) termasuk kekuatan mekanik, ketahanan benturan, transparansi, kemampuan warna, keserbagunaan fabrikasi dan kemampuan cetakan.

Bioplastik merupakan plastik yang dapat didegradasi dan dibuat dari bahan yang terbarukan sehingga dapat terurai secara hayati. Secara garis besar dapat digambarkan sebagai plastik yang berasal dari bahan tumbuhan atau bahan yang memiliki kemampuan untuk terurai menjadi komponen alami. Plastik biodegradasi berdasarkan bahan baku pertanian dan biomassa terbarukan dapat membentuk dasar

untuk produk yang berkelanjutan, eko-efisien dan dapat dipecah oleh mikroba (Rahman dkk., 2018). Penggunaan bioplastik layaknya seperti plastik konvensional, namun akan terdegradasi oleh aktivitas mikroorganisme menjadi hasil akhir air dan gas karbondioksida setelah habis terpakai dan dibuang ke lingkungan. Bioplastik memiliki sifat yang dapat terurai di alam sehingga bioplastik termasuk bahan plastik yang ramah terhadap lingkungan (Pranamuda, 2003).

Pembuatan bioplastik berbahan dasar pati sudah banyak dikembangkan, namun karakteristik bioplastik yang dihasilkan masih memiliki kelemahan antara lain memiliki sifat mekanik yang rendah, tidak tahan terhadap bahan kimia dan air serta mudah terdegradasi (Hartiati dkk., 2021). Terlepas dari bahan baku atau daya tahannya, semua plastik tampak mirip dengan mata. Pengujian terstandarisasi sering kali mencapai keseimbangan antara pengujian dengan waktu yang efisien. Bioplastik diproduksi dalam bentuk cair sehingga mudah dibentuk dan tidak memerlukan energi yang besar. Hal ini dibandingkan dengan plastik konvensional yang biasanya disimpan dalam bentuk butiran dan membutuhkan energi yang sangat besar sehingga dapat dibentuk dengan pencetakan, injeksi atau ekstrusi (Xiayun and Shuwen, 2013). Penilaian biodegradabilitas secara keseluruhan termasuk ruang dan peralatan laboratorium menjadi mahal dan memakan waktu (Filiciotto dan Rothenberg, 2020).

Badan Standarisasi Nasional menetapkan Standar Nasional Indonesia untuk tas belanja yang terbuat dari bioplastik. Persyaratan ini bertujuan untuk mengedukasi pengguna tentang fungsi plastik yang ramah lingkungan. Sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI) sifat-sifat plastik ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Sifat Mekanik Ekolabel Plastik (SNI No.7188.7:2016)

| No. | Karakterisasi | Nilai |
|-----|------------------------|----------|
| 1 | Kuat Tarik (MPa) | 24,7-302 |
| 2 | Perpanjangan putus (%) | 21-220 |
| 3 | Hidrofobisitas (%) | 99 |

2.6 Karakterisasi

Bioplastik dikarakterisasi terhadap parameter ketebalan, sifat mekanik (kuat tarik, perpanjangan putus dan modulus elastisitas) dan daya serap air (Rahadi, Setiani and Antonius, 2020). Sifat mekanik dipengaruhi oleh besarnya jumlah kandungan komponen-komponen penyusun bioplastik, yaitu pati, kitosan serta sorbitol sebagai *plasticizer*. Bahan bioplastik berbahan pati saja bersifat kurang elastis serta memiliki nilai kekuatan tarik (*tensile strength*) dan modulus Young rendah. Jika kandungan kitosan lebih banyak dibandingkan dengan kandungan pati, kekuatan tarik (*tensile strength*) dan Modulus Young bahan bioplastik akan lebih optimal (Darni dan Utami, 2010).

2.6.1 Sifat Mekanik

Sifat mekanik suatu bahan berupa kekuatan tarik dan perpanjangan menunjukkan kekuatan bahan tersebut. Penggunaan suatu bahan dalam industri atau dalam kehidupan sehari-hari sangat mempengaruhi sifat mekanik bahan tersebut. Sifat mekanik tersebut antara lain kuat tarik yang tinggi dan elastisitas yang baik. Kekuatan tarik suatu bahan merupakan gambaran kualitas mekanik. Bahan uji tarik merupakan uji mekanik dasar yang digunakan untuk mengetahui modulus elastisitas, perpanjangan, kuat tarik dan sifat tarik lainnya. Ketebalan film

juga dipengaruhi oleh banyaknya padatan dalam larutan dan ketebalan cetakan. Ketebalan bioplastik tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kuat tarik dan persen *elongasi* (Saputro dan Ovita, 2017).

Sifat mekanik bioplastik dapat diketahui melalui respon uji tarik. Uji tarik yang dilakukan akan memberikan informasi kuat tarik dan *elongasi* bioplastik. Kuat tarik merupakan gaya maksimum yang dapat ditahan oleh bioplastik sampai terputus (Hartatik dkk., 2014). Material bioplastik yang bersifat rigid cenderung memiliki struktur yang kaku dan tidak elastis sehingga akan sulit memanjang, hal ini dibuktikan dengan hubungan antara tegangan dan regangan yang berbanding terbalik dalam konsep modulus young (Hidayat dkk., 2019). Salah satu yang dapat mempengaruhi sifat mekanik bioplastik yaitu dengan penambahan *plasticizer*.

Pradipta dan Mawarani (2012) mengatakan bahwa terdapat pengaruh penambahan *plasticizer* pada kuat tarik sampel. Penambahan *plasticizer* akan memberikan pengaruh yakni menurunkan nilai kekuatan tarik dari bioplastik karena *plasticizer* menempati ruang intermolekul dalam rantai polimer dan menyebabkan peningkatan fleksibilitas dari bioplastik yang dihasilkan, sehingga molekul-molekul zat pemlastis dapat melakukan suatu pergerakan (mudah bergerak).

2.6.2 Daya Serap Air

Uji *swelling* merupakan cara untuk menentukan daya tahan bioplastik terhadap air (Utomo dkk., 2013). *Swelling* adalah kemampuan plastik untuk mengembang jika dimasukkan dalam suatu larutan. Daya serap air merupakan parameter yang menunjukkan besarnya kemampuan bahan menarik air disekelilingnya untuk berikatan dengan partikel bahan. Ketebalan dari bioplastik dipengaruhi oleh beberapa hal yaitu luas cetakan, volume larutan, dan banyaknya

total padatan terlarut yang dapat berpengaruh dalam penyerapan air. Pati yang tinggi akan meningkatkan jumlah polimer pembentuk bioplastik yang menyebabkan rongga dalam gel yang terbentuk semakin kecil sehingga matriks bioplastik akan semakin tebal dan rapat (Kristiani, 2015).

Nilai daya serap air bioplastik dapat dipengaruhi oleh kerapatan bioplastik, ketebalan dan suhu. Bioplastik yang tebal akan menyebabkan perpindahan air semakin rendah (Nur dkk., 2020). Pengembangan plastik terjadi karena adanya air yang dihitung dengan persentase pengembangan. Jika ditinjau dengan keteraturan kekuatan yang terbentuk dalam bioplastik dapat diketahui melalui perubahan berat pengembangan bioplastik (Kristiani, 2015).

Pada karakterisasi ketahanan air akan terlihat bahwa kemampuan bioplastik untuk menahan serapan air. Semakin besar daya serap air, maka plastik kurang mampu melindungi produk dari air yang dapat menyebabkan produk cepat rusak atau berkurangnya kualitas produk. Tujuan bioplastik sebagai kemasan produk makanan akan lebih diminati jika tahan terhadap air (Setiawati, 2019). Semakin tebal bioplastik maka molekul penyusunnya akan semakin kompleks, menyebabkan pori-pori bioplastik akan semakin kecil (Mustapa dkk., 2017). Selain pati, daya serap air juga dipengaruhi kandungan bahan yang terdapat dalam formula pembuatan bioplastik seperti *plasticizer* dan pati bersifat hidrofilik sehingga mempunyai kemampuan mengikat air dan mempengaruhi daya serap air (Nur dkk., 2020).

2.6.3 Biodegradasi

Biodegradabilitas plastik dalam jangka waktu tertentu dapat diketahui dengan melihat persentase kerusakan bioplastik. Uji biodegradasi melibatkan

mikroorganisme yang memiliki aktivitas degradasi terhadap bioplastik (Anggarini, 2013). Biodegradasi merupakan salah satu parameter pengamatan yang dapat menunjukkan bahwa bioplastik ramah lingkungan atau tidak. Biodegradasi bioplastik dapat diketahui dengan cara melakukan *soil burial test* yang bertujuan untuk mengetahui laju degradasi sampel dengan berbagai variasi, sehingga dapat diketahui waktu degradasi bioplastik akan terurai oleh mikroorganisme dalam tanah (Ardiansyah, 2011). Semakin lama waktu penguburan maka bioplastik yang dihasilkan akan terurai dengan baik, sehingga bioplastik yang tersisa semakin sedikit. Menurut Huda dan Firdaus (2007), bioplastik merupakan plastik yang memiliki bahan dasar alam yang dalam keadaan dan waktu tertentu akan mengalami perubahan struktur kimia yang dipengaruhi oleh mikroorganisme (bakteri, jamur, alga). Bioplastik didegradasi oleh bakteri dengan memotong rantai polimer menjadi monomer-monomer. Hasil biodegradasi polimer tersebut menghasilkan senyawa organik yang relatif tidak berbahaya bagi lingkungan.

Uji biodegradasi film glukomanan lebih cepat dibandingkan film pati. Kemampuan biodegradasi biopolimer glukomanan lebih cepat dikarenakan pendeknya rantai ikatan yang dimiliki. Semakin rendah berat molekul, maka polimer akan semakin cepat terdegradasi (Stevens, 2001). Penelitian yang dilakukan oleh Pradipta dan Mawarani (2012) polimer ramah lingkungan yang telah dibuat lalu diuji kemampuan biodegradasi dengan bantuan *effective microorganism* atau bakteri *EM4* yang merupakan bakteri pengompos. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, diperoleh film glukomanan terdegradasi secara biologis pada hari ke-9 dengan rentang degradasi 45% hingga 100%.

2.7 Plasticizer

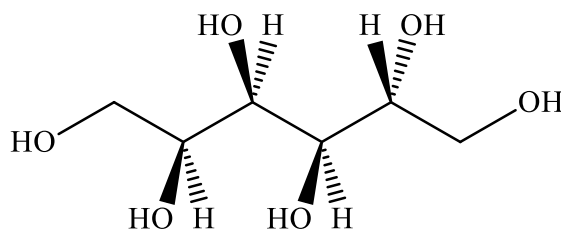
Plasticizer adalah bahan tambahan pada pembuatan bioplastik. *Plasticizer* akan mengurangi gaya intramolekul yang dapat menyebabkan peningkatan mobilitas dan ruang molekul dari bioplastik (Radhiyatullah, 2015). Sifat dan jumlah *plasticizer* dapat mempengaruhi pembentukan *film* dari bioplastik. Berdasarkan sifat *plasticizer*, maka diklasifikasikan menjadi dua kategori yaitu *plasticizer* hidrofilik dan hidrofobik. *Plasticizer* hidrofilik meliputi gliserol, polietilen glikol (PEG), etilen glikol. *Plasticizer* hidrofobik meliputi fenil eter, fenil ester, stearil dimana dapat menyebabkan penurunan penyerapan air karena menutup rongga mikro dalam *film* (Tyagi and Bhattacharya, 2019). Berikut merupakan *plasticizer* yang digunakan dalam biodegradasi plastik dari produk biomassa (polisakarida, protein dan lipid) yang disajikan dalam Tabel 6.

Tabel 6. *Plasticizer* Alami dari Bioplastik

| Tipe | Sistem Aplikasi | <i>Plasticizer</i> | Referensi |
|-------------------|------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Polisakarida | Tepung Kentang | GLY dan EG | Smits dkk., 2003 |
| | Gelatin | GLY, sorbitol dan sukrosa | Arvanitoyannis dkk., 1997 |
| | Tepung Jagung | Etanolamin | Huang dkk., 2007 |
| | Tepung Singkong | GLY | Stein dkk., 1999 |
| | Kitosan | GLY, EG dan PEG | Suyatma dkk., 2005 |
| | Konjak Glukomanan | Sorbitol dan GLY | Cheng dkk., 2006 |
| Protein dan lipid | β -Laktoglobulin | Sorbitol, GLY dan PEG | Bourtoom, 2009 |

2.7.1 Sorbitol

Sorbitol dengan rumus kimia $C_6H_{14}O_6$ adalah monosakarida poliol (1,2,3,4,5,6-*hexanahexol*). Sorbitol berbentuk granula atau kristal berwarna putih yang memiliki titik leleh antara 89 °C-101 °C dan memiliki rasa manis. Sorbitol termasuk golongan GRASS (*Generally Recognized as Safe*) artinya tidak memiliki efek toksik sehingga aman dikonsumsi manusia (Cahyadi, 2008). Struktur kimia sorbitol dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Struktur Kimia Sorbitol (Jap dkk., 2014)

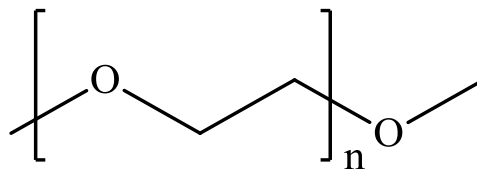
Sorbitol sering digunakan sebagai *plasticizer* dalam pembuatan bioplastik. Pembuatan bioplastik sangat memerlukan penambahan *plasticizer* karena *plasticizer* digunakan untuk memperbaiki sifat elastisitas dan mengurangi sifat mekanik film. Penambahan *plasticizer* dapat meningkatkan kekuatan intermolekul dan fleksibilitas. Penambahan sorbitol pada *film* meningkatkan kelarutan dalam air karena sorbitol bersifat hidrofilik (Widyaningsih dkk., 2012). Sorbitol tidak bersifat toksik sehingga aman dikonsumsi manusia dan tidak menyebabkan karies gigi serta sebagai alternatif gula bagi penderita diabetes dan diet rendah kalori (BPOM, 2008).

Berdasarkan penelitian Wirawan (2012) pengaruh penambahan *plasticizer* sorbitol yaitu semakin banyak *plasticizer* yang ditambahkan nilai kuat tarik cenderung menurun sedangkan persen elongasi cenderung meningkat dan sorbitol memberikan nilai ketahanan terhadap kuat tarik lebih tinggi dibanding gliserol,

tetapi memberikan nilai elongasi yang rendah dibandingkan dengan gliserol karena sorbitol lebih rapuh.

2.7.2 Polietilen Glikol

Polietilen glikol adalah molekul yang sederhana dengan struktur linier atau bercabang. PEG larut dalam air dan larut dalam beberapa pelarut organik seperti aseton, methanol, toluene dan metilklorida tetapi tidak larut dalam heksana dan hidrokarbon alifatik yang sejenis (Nisa, 2005). PEG mempunyai kelarutan yang baik dalam air dan tingkat keasaman secara struktur kimia karena adanya gugus hidroksil primer pada ujung rantai polieter yang mengandung oksietilen $H(OCH_2CH_2)_nOH$ sehingga PEG meningkatkan kompatibilitas dan sifat mekanik, memiliki sifat yang stabil, tidak beracun, nonkorosif, tidak berwarna dan tidak berbau (Stevens, 2001). Rumus struktur PEG dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Struktur PEG (Stevens, 2001)

Polietilen glikol (PEG) merupakan salah satu *plasticizer* yang digunakan untuk membuat bioplastik. PEG merupakan senyawa biokompatibel, hidrofilik dan anti *fouling*. Menurut Syamsu dkk (2007), penambahan PEG berfungsi untuk meningkatkan kompatibilitas, sifat mekanik meliputi kuat tarik dan elongasi, serta kestabilan terhadap termal. Selain itu, penambahan PEG juga dapat mendegradasi hasil bioplastik secara efisien karena memiliki sifat hidrofilik.