

***BIOPLASTIC PROPERTIES OF BANANA WEEVIL STARCH WITH VARIATION GLYCEROL CONCENTRATIONS*****KARAKTERISTIK BIOPLASTIK PATI BONGGOL PISANG DENGAN VARIASI KONSENTRASI GLISEROL**

**Endo Pebri Dani Putra<sup>\*</sup>, Dyah Putri Larassati, Rizky Aden Wijayani, Elfa Susanti Thamrin, Teny Sylvia, Deni Subara, Untung Trimmo Laksono**

Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sumatera, Lampung Selatan, Lampung, Kode pos : 35365; Telp/Fax : (0721) 8030-188.

Diterima 26 Februari 2025 / Disetujui 26 Juni 2025

***ABSTRACT***

*Plastic packaging is extensively utilized in contemporary society. The non-biodegradable nature of plastic poses significant environmental challenges; consequently, an alternative solution, namely bioplastic, is necessitated. Bioplastics are environmentally sustainable polymers that readily decompose in natural environments through microbial action. Banana weevil starch serves as a primary component in bioplastic production. Glycerol, an additional constituent in bioplastics, functions as a plasticizer to enhance the elasticity of the resultant bioplastics. This study aims to analyze the effect of glycerol concentration variations on the characteristics of banana hump starch bioplastic and determine the optimal glycerol concentration for achieving desired bioplastic properties. The research methodology employed a Completely Randomized Design (CRD) with five variables, specifically glycerol concentrations of 1%, 2%, 3%, 4%, and 5%. The evaluation of bioplastic characteristics encompassed thickness, density, water absorption, tensile strength, elongation, Young's modulus, and biodegradation of bioplastics. The research findings indicate that the most favorable bioplastic characteristics were observed at a glycerol concentration of 1%, with a thickness of  $0.106 \text{ mm} + 0.006$ , density of  $1.534 \text{ g/cm}^3 + 0.065$ , water absorption capacity of  $58.682\% + 0.075$ , tensile strength of  $16.490 \text{ MPa} + 2.497$ , elongation of  $14.413\%$ , Young's modulus of  $121.362 \text{ MPa} + 34.505$ , and degradation percentage of  $12.992\% + 0.012$ .*

**Keywords :** *Bioplastic; Banana weevil starch; Glycerol*

**ABSTRAK**

Kemasan yang banyak digunakan saat ini adalah kemasan plastik. Kemasan plastik konvensional terbuat dari polimer sintesis minyak bumi yang bersifat sulit terdegradasi dan dapat menyebabkan masalah lingkungan sehingga diperlukan alternatif pengganti. Salah satu alternatif pengganti yaitu bioplastik. Bioplastik merupakan plastik ramah lingkungan yang bersifat mudah terurai di alam dengan bantuan mikroorganisme. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi konsentrasi gliserol terhadap karakteristik bioplastik pati bonggol pisang dan mendapatkan konsentrasi terbaik pada variasi gliserol terhadap karakteristik bioplastik pati bonggol pisang. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) 5 variabel dan 3 ulangan, yaitu konsentrasi gliserol sebesar 1%, 2%, 3%, 4% dan 5%. Pengujian karakteristik bioplastik meliputi ketebalan, densitas, daya serap air, kuat tarik, elongasi, modulus

---

\* Korespondensi Penulis :

Email: [endo.putra@tip.itera.ac.id](mailto:endo.putra@tip.itera.ac.id)

young, dan biodegradasi bioplastik. Berdasarkan hasil penelitian menyatakan variasi konsentrasi gliserol berpengaruh terhadap ketebalan, densitas, daya serap air, kuat tarik, modulus young, biodegradasi dan berpengaruh tidak nyata terhadap nilai elongasi. Bioplastik terbaik pada konsentrasi gliserol 1% dengan karakteristik ketebalan  $0,106 \text{ mm} \pm 0,006$ , densitas  $1,534 \text{ g/cm}^3 \pm 0,065$ , daya serap air  $58,682\% \pm 0,075$ , kuat tarik  $16,490 \text{ MPa} \pm 2,497$ , elongasi  $14,413\%$ , modulus young  $121,362 \text{ MPa} \pm 34,505$  dan persen degradasi yaitu  $12,992\% + 0,012$ .

**Kata kunci :** Bioplastik; Bonggol Pisang; Gliserol

## PENDAHULUAN

Plastik dalam kehidupan manusia banyak digunakan sebagai bahan kemasan makanan dan minuman (Ilmiawati et al., 2017). Plastik sebagai kemasan umumnya digunakan sekali pakai kemudian dibuang sehingga menjadi sampah. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2022, sampah plastik di Indonesia pada tahun 2021 jumlahnya adalah 66 juta ton per tahun. Plastik bersifat sulit untuk terdegradasi sehingga menyebabkan plastik menjadi sumber sampah di dunia. Plastik dapat terurai dengan waktu 500 – 1000 tahun lamanya (Melani et al., 2018). Banyaknya jumlah sampah plastik akan berbahaya bagi makhluk hidup dan menyebabkan penumpukan sampah plastik yang mengakibatkan terjadinya kerusakan lingkungan (Qodriyatun, 2018).

Plastik yang banyak digunakan bersifat *nondegradable* dengan jumlah terbatas. Penggunaan bioplastik adalah alternatif yang dapat dilakukan. Bioplastik adalah jenis plastik yang mudah terurai di alam oleh bantuan mikroorganisme (Nur et al., 2020). Bioplastik terbuat dari bahan alami yang mudah terurai dan bersifat ramah lingkungan, akan tetapi dapat digunakan layaknya plastik konvensional (Melani et al., 2018). Bahan utama yang digunakan pada pembuatan bioplastik berasal dari bahan pertanian seperti pati (Agustin dan Padmawijaya, 2016). Pati adalah polimer alami yang dapat digunakan sebagai bahan kemasan yang efektif karena pati bersifat mudah terurai di alam menjadi senyawa yang bersifat ramah lingkungan, mudah didapatkan serta memiliki biaya yang rendah (Budiman et al., 2018). Pati banyak didapatkan pada biji-bijian dan umbi-umbian (A. D. Putra et al., 2019). Bonggol pisang merupakan jenis umbi yang dapat dimanfaatkan patinya (Arifki dan Barliana, 2019).

Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (2023), produksi pisang di Indonesia pada tahun 2022 adalah sebanyak 9,59 juta ton. Produksi pisang di Provinsi Lampung menurut Badan Pusat Statistik tahun 2022 adalah sebanyak 1.391.437 ton yang merupakan penghasil tertinggi setelah Jawa Timur. Bonggol pisang adalah bagian tanaman yang terletak di bawah akar yang mengembung seperti umbi. Bonggol pisang memiliki banyak kandungan pati. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Saragih (2013) menjelaskan bahwa bonggol pisang memiliki kandungan pati sebanyak 76%, air 20%, sisanya merupakan protein, vitamin, dan mineral. Tingginya jumlah pati pada limbah bonggol pisang memungkinkan untuk dimanfaatkan sebagai bahan komposit pada pembuatan bioplastik (Nafiayanto, 2019).

Pemanfaatan bonggol pisang menjadi bahan komposit dalam pembuatan bioplastik dapat meningkatkan nilai dan fungsi dari bonggol pisang (Prasetya et al., 2016). Bioplastik dengan bahan dasar pati memiliki kelemahan yaitu mudah rapuh dan bersifat kaku (Marsa et al., 2023). Oleh sebab itu, perlu diberi penambahan *plasticizer* untuk memberikan elastisitas dan memperbaiki sifat mudah rapuh pada bioplastik (Putra dan Thamrin, 2022). Jenis *plasticizer* yang banyak digunakan sebagai bahan tambahan pembuatan bioplastik adalah sorbitol dan gliserol (Megawati dan Machsunah, 2016). Jenis *plasticizer* yang digunakan pada pembuatan bioplastik dari pati bonggol pisang adalah gliserol, hal ini dikarenakan penggunaan gliserol akan memberikan kelarutan yang

lebih tinggi dibandingkan dengan sorbitol pada bioplastik berbahan pati (Coniwanti et al., 2015) Penambahan gliserol sebagai *plasticizer* berfungsi untuk meningkatkan elastisitas dan fleksibilitas karena pada penambahan *plasticizer* mengakibatkan daya ikat molekul sepanjang rantai polimer menurun sehingga fleksibilitas bioplastik meningkat (Septiosari et al., 2014) dan bersifat hidrofilik yang memberikan kelarutan tinggi pada bioplastik (Nulfia dan Etika, 2022).

Penelitian oleh Sinaga et al., (2014) tentang bioplastik umbi talas dengan variasi gliserol menghasilkan bioplastik terbaik dengan penambahan konsentrasi gliserol 1% dengan nilai kuat tarik 18,49 MPa. Penelitian lainnya yang dilakukan oleh (Yanti, 2020) menghasilkan tentang *edible film* menghasilkan konsentrasi terbaik dengan penambahan gliserol 5% dengan nilai kuat tarik 3,6 MPa. Penambahan gliserol terlalu banyak akan menyebabkan bioplastik yang dihasilkan mudah sobek karena sifat elastisitas yang terlalu tinggi (Elean et al., 2018) serta dapat menurunkan kualitas bioplastik yang dihasilkan karena bioplastik yang dihasilkan bersifat basah dan lengket (Layudha et al., 2015). Oleh sebab itu penulis mengambil konsentrasi terbaik yaitu 1%, 2%, 3%, 4% dan 5%. Berdasarkan uraian diatas, tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh variasi konsentrasi gliserol terhadap karakteristik bioplastik pati bonggol pisang dan mendapatkan konsentrasi terbaik pada variasi gliserol terhadap karakteristik bioplastik pati bonggol pisang.

## METODE PENELITIAN

### Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah bonggol pisang kepok gembor sebagai pati (dari desa Podosari, Kecamatan Pringsewu, Lampung), gliserol sebagai *plasticizer*, kitosan (kulit udang) sebagai penguat, aquades, asam asetat glasial sebagai pelarut/*compatibilizer* dan kapur sirih. Alat-alat yang digunakan pada penelitian adalah thermometer, beaker glass, gelas ukur, magnetic stirrer, hotplate, neraca analitik, spatula, ayakan 100 mesh, oven, plat kaca, mortar, wadah, mikrometer sekrup, dan Universal Testing Machine (UTM) standar ASTM D882 Zwick/roell Z250.

### Rancangan Penelitian

Rancangan yang digunakan pada penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 5 perlakuan dan 3 kali ulangan. Data pengamatan dianalisis dengan *Analysis of Variance* (ANOVA) 1 arah dan jika berbeda nyata dilanjutkan dengan uji *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf 5 %. Perlakuan yang digunakan adalah penambahan gel lidah buaya. Kelima perlakuan tersebut adalah:

- Perlakuan 1 = penambahan gliserol 1% (v/v)
- Perlakuan 2 = penambahan gliserol 2% (v/v)
- Perlakuan 3 = penambahan gliserol 3% (v/v)
- Perlakuan 4 = penambahan gliserol 4% (v/v)
- Perlakuan 5 = penambahan gliserol 5% (v/v)

### Pelaksanaan Penelitian

#### Ekstraksi Pati Bonggol Pisang

Pembuatan pati bonggol pisang mengacu pada penelitian Wardah dan Hastuti, (2015). Bonggol pisang sebanyak 500 gram dipisahkan dari batangnya. Bonggol pisang dipotong menjadi beberapa bagian dan direndam pada larutan kapur sirih 50% (w/v) selama 10 menit. Pemberian kapur sirih

bertujuan untuk mencegah proses pencoklatan pada bonggol pisang sehingga menghasilkan pati yang berwarna putih. Bonggol pisang yang telah direndam kemudian dihaluskan dengan mesin pamarut. Bonggol pisang yang telah dihaluskan selanjutnya disaring dengan menggunakan kain hingga terpisah antara ampas dan air pati bonggol pisang. Air hasil perasan didiamkan selama 24 jam hingga pati mengendap. Pati yang mengendap dijemur di bawah sinar matahari selama 8 jam dan dihaluskan menggunakan mortar. Pati yang telah dihaluskan kemudian diayak menggunakan saringan 100 mesh hingga menjadi berbentuk serbuk.

### **Pembuatan Bioplastik Pati Bonggol Pisang**

Pembuatan bioplastik pati bonggol pisang mengacu pada penelitian (Nafiayanto, 2019), (Unsa dan Paramastri, 2018) dan (Wardah dan Hastuti, 2015). Dimulai dengan menimbang kitosan sebanyak 1 gram yang kemudian dicampurkan dengan larutan asam asetat 1 mL agar kitosan dapat larut dengan sempurna dalam *beaker glass*. Selanjutnya, larutan tersebut ditambahkan pati sebanyak 5 gram. Akuades dan gliserol ditambahkan sesuai dengan perlakuan variasi konsentrasi gliserol. Kemudian larutan tersebut dipanaskan di atas *hotplate* dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* pada suhu 70 °C selama 40 menit hingga homogen. Setelah homogen, larutan didiamkan terlebih dahulu selama 5 menit agar tidak terdapat gelembung-gelembung pada *film* plastik. Selanjutnya gel bioplastik dituangkan pada plat kaca ukuran 20 x 20 cm, dan dikeringkan dalam oven selama 5 jam dengan suhu 70 °C. Lapisan bioplastik dikeluarkan dari oven dan didiamkan selama 24 jam pada suhu ruang hingga bioplastik bisa dilepaskan dari cetakan.

### **Pengujian Bioplastik Pati Bonggol Pisang**

Pengujian bioplastik pati bonggol pisang berupa pengujian sifat fisik (ketebalan, densitas, dan daya serap air), pengujian sifat mekanik (kuat tarik, elongasi, dan modulus young), dan uji biodegradasi. Uji ketebalan bioplastik dilakukan mengacu pada metode (Yupa et al., 2021), bioplastik diukur menggunakan jangka sorong yang memiliki ketelitian 0,01 mm pada 5 titik yang berbeda. Pengujian densitas berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Sutanti dan Dewi, (2018) dilakukan dengan cara sampel yang telah diukur ketebalannya selanjutnya dihitung volumenya dengan rumus volume (panjang x lebar x tebal). Pengujian daya serap air atau % swelling dilakukan mengikuti metode yang dilakukan oleh [AOAC], (1983), uji penyerapan air dilakukan dengan memotong plastik berukuran diameter 2 x 2 cm kemudian sampel ditimbang beratnya.

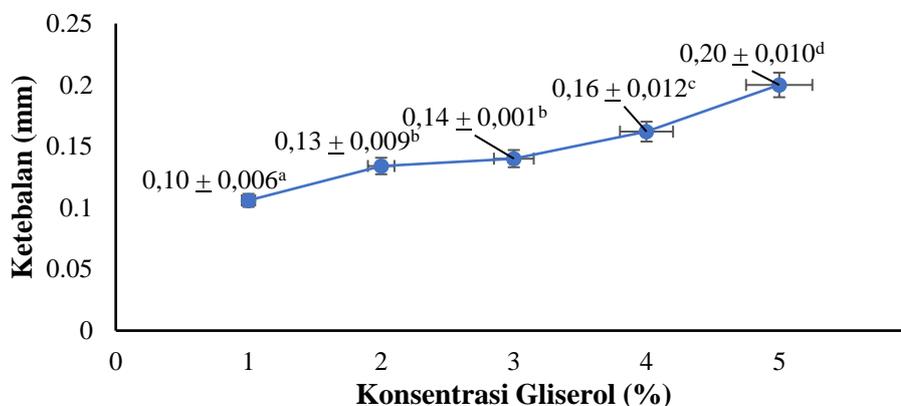
Pengujian kuat tarik berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh (Nulfia & Etika, 2022) dengan menggunakan alat tensile strength *Universal Testing Machine* (UTM). Sampel bioplastik dipotong dengan ukuran 1 x 10 cm. Sampel diuji menggunakan alat UTM standar ASTM D882 Zwick/Roell Z250. Pengujian biodegradable dilakukan dengan cara sampel dipotong dengan ukuran 5 x 1 cm dan ditimbang massa awalnya, selanjutnya sampel dikubur dalam tanah selama 15 hari dengan rentang interval waktu 5, 10 dan 15 hari. Dikeluarkan sampel bioplastik dari dalam tanah kemudian ditimbang kembali massanya pada setiap sampel yang diambil.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Ketebalan Bioplastik**

Pengujian ketebalan bertujuan untuk menentukan kualitas bioplastik (Marsa et al., 2023). Pengujian ketebalan penting dilakukan karena berpengaruh pada penggunaan bioplastik sebagai bahan kemasan produk (Nur et al., 2020). Pengujian ketebalan dilakukan menggunakan mikrometer sekrup. Nilai ketebalan bioplastik didapatkan dari nilai rata-rata pengukuran pada 4

titik berbeda pada bioplastik. Hasil pengamatan analisis ketebalan bioplastik dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik Hasil Analisis Ketebalan Bioplastik

Berdasarkan Gambar 1 terlihat bahwa nilai hasil analisis ketebalan bioplastik dari pati bonggol pisang dengan penambahan variasi konsentrasi gliserol 1% – 5% memiliki nilai ketebalan dengan rentang antara 0,10 – 0,20 mm. Terlihat pada grafik bahwa penambahan gliserol berbanding lurus dengan nilai ketebalan yang didapatkan yaitu ketebalan bioplastik terus meningkat seiring dengan penambahan jumlah variasi konsentrasi gliserol yang diberikan. Nilai ketebalan bioplastik dari pati bonggol pisang dengan penambahan variasi konsentrasi gliserol telah memenuhi standar Japanese Industrial Standart 1975 dengan nilai ketebalan < 0,25 mm (Ariska dan Suyatno, 2015).

Berdasarkan hasil analisis ANOVA menyatakan bahwa penambahan variasi konsentrasi gliserol berpengaruh secara nyata pada nilai ketebalan bioplastik dengan nilai signifikan (*p-value*) 0,000 lebih kecil dari 0,05, kemudian dilakukan uji duncan ( $\alpha=0,05$ ) yang menyatakan bahwa bioplastik dengan penambahan konsentrasi gliserol 1%, 2%, 3%, 4%, dan 5% memiliki nilai ketebalan dengan notasi huruf yang berbeda pada sampel bioplastik yang dihasilkan.

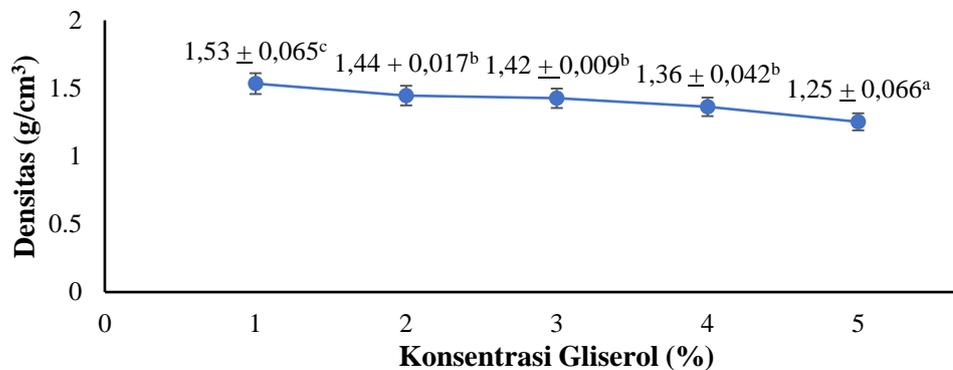
Penelitian ini membuktikan bahwa terdapat hubungan antara konsentrasi gliserol dengan ketebalan bioplastik, yaitu semakin tinggi konsentrasi gliserol maka ketebalan yang semakin meningkat. Hasil pada penelitian ini sejalan dengan penelitian Sitompul dan Zubaidah, (2017) yang menjelaskan bahwa peningkatan ketebalan dikarenakan gliserol dapat meningkatkan viskositas/kekentalan sehingga ketebalan bioplastik akan meningkat. Hal ini juga sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Basuki et al., (2014) bahwa nilai ketebalan bioplastik meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah bahan penyusun bioplastik pati bonggol pisang dan gliserol sehingga menyebabkan bioplastik semakin tebal.

Meningkatnya jumlah gliserol yang diberikan maka akan meningkatkan polimer penyusun matriks film sehingga bioplastik yang dihasilkan akan semakin tebal (Unsa & Paramastri, 2018). Bioplastik yang terlalu tebal akan menyebabkan plastik yang tidak transparan dan dapat meningkatkan biaya produksi sehingga bioplastik yang digunakan harus disesuaikan dengan standar yang telah ditetapkan (Nur et al., 2020).

### Densitas Bioplastik

Pengujian densitas bertujuan untuk mengetahui kerapatan bioplastik, semakin rapat bioplastik maka keteraturan bioplastik akan semakin besar (Putra & Saputra, 2020). Pengujian densitas penting dilakukan karena densitas dapat menunjukkan struktur plastik yang dihasilkan (Bani, 2019).

Bioplastik dengan kerapatan yang tinggi mampu untuk melindungi produk dan mencegah terjadinya migrasi uap air sehingga bioplastik dapat menjaga keawetan produk (Azwar et al., 2022). Hasil analisis densitas bioplastik dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Hasil Analisis Densitas Bioplastik

Berdasarkan Gambar 2 terlihat bahwa nilai hasil analisis densitas bioplastik dari pati bonggol pisang dengan variasi konsentrasi gliserol memiliki nilai densitas yang bervariasi yaitu antara 1,25 g/cm<sup>3</sup> – 1,53 g/cm<sup>3</sup>. Terlihat pada grafik bahwa nilai densitas bioplastik mengalami penurunan sesuai dengan penambahan variasi konsentrasi gliserol yang diberikan. Berdasarkan hasil analisis ANOVA menyatakan bahwa penambahan variasi konsentrasi gliserol berpengaruh secara nyata terhadap nilai densitas bioplastik dengan nilai signifikan (*p-value*) 0,000 lebih kecil dari 0,05, kemudian dilakukan uji duncan ( $\alpha=0,05$ ) yang menyatakan bahwa bioplastik dengan penambahan variasi konsentrasi gliserol 1%, 2%, 3%, 4% dan 5% memiliki notasi huruf yang berbeda pada sampel bioplastik yang dihasilkan, artinya perlakuan 1% dan 5% berbeda sangat nyata dengan perlakuan lainnya serta perlakuan 2%, 3%, 4% tidak berbeda secara nyata.

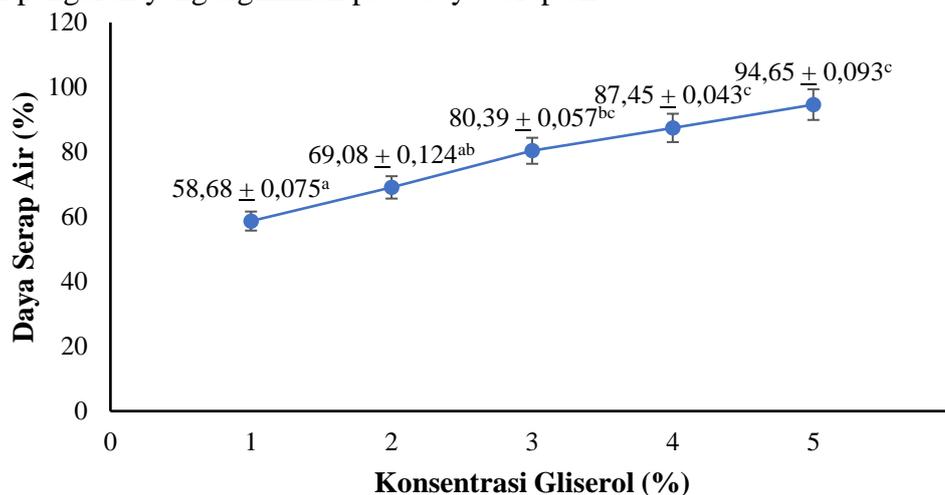
Hasil penelitian ini membuktikan bahwa semakin banyak konsentrasi gliserol yang diberikan maka semakin rendah nilai densitas yang dihasilkan. Nilai densitas yang semakin menurun disebabkan karena rantai polimer pada bioplastik yang semakin melemah dan terputus yang mengakibatkan pergerakan antara molekul menjadi lebih mudah sehingga menyebabkan nilai densitas bioplastik semakin menurun (Amalia et al., 2019). Bioplastik yang memiliki nilai densitas tinggi menunjukkan bahwa ruang antar molekul memiliki jarak yang saling berdekatan dan rapat sehingga udara tidak memiliki ruang untuk masuk (Azwar et al., 2022). Gliserol memiliki kemampuan untuk meningkatkan ruang kosong dan mencegah interaksi rantai polimer sehingga kerapatan/densitas pada bioplastik menurun seiring dengan penambahan gliserol (Nurhaliza et al., 2022). Bioplastik dengan nilai densitas rendah menunjukkan bahwa bioplastik memiliki struktur yang terbuka sehingga mudah untuk ditembus air, karbondioksida dan oksigen (Darni et al., 2016).

### Daya Serap Bioplastik

Pengujian daya serap air bertujuan untuk mengetahui bioplastik untuk menahan dan menyerap air. Semakin tinggi nilai daya serap air bioplastik menandakan bahwa ketahanan bioplastik terhadap air semakin rendah (Nurhaliza et al., 2022). Hasil analisis daya serap air dapat dilihat pada Gambar 3.

Berdasarkan Gambar 3 terlihat bahwa nilai hasil analisis daya serap air bioplastik dari pati bonggol pisang dengan variasi konsentrasi gliserol memiliki nilai daya serap air antara 58,68% – 94,65%. Dalam grafik tersebut terlihat bahwa nilai daya serap air terus meningkat seiring dengan penambahan jumlah variasi konsentrasi gliserol yang diberikan. Berdasarkan hasil analisis

ANOVA membuktikan bahwa penambahan jumlah variasi konsentrasi gliserol berpengaruh secara nyata terhadap nilai daya serap air bioplastik dengan nilai signifikan ( $p$ -value) 0,003 lebih kecil dari 0,05, kemudian dilakukan uji Duncan ( $\alpha=0,05$ ) yang menyatakan bahwa variasi konsentrasi gliserol berpengaruh secara nyata pada daya serap air. Penelitian ini membuktikan variasi konsentrasi gliserol memberikan pengaruh yang signifikan pada daya serap air bioplastik terutama pada sampel 1%, 4%, dan 5% dengan notasi huruf yang berbeda dan sampel 2%, 3% tidak memberikan pengaruh yang signifikan pada daya serap air.



Gambar 3. Grafik Hasil Analisis Daya Serap Air Bioplastik

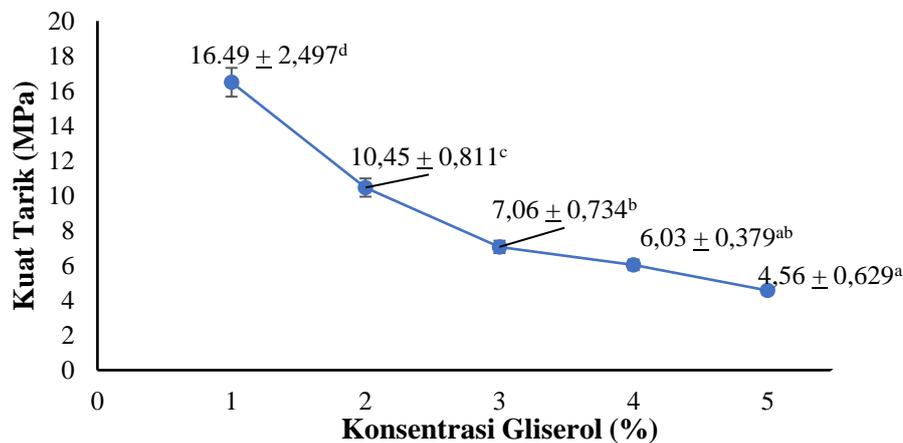
Penelitian ini membuktikan bahwa semakin banyak penambahan jumlah konsentrasi gliserol menghasilkan nilai daya serap bioplastik yang semakin tinggi. Hal ini dikarenakan gliserol memiliki fungsi sebagai bahan penyerap air sehingga semakin banyak jumlah gliserol yang diberikan maka akan bertambah banyak jumlah gugus hidroksil dari gliserol pada bioplastik sehingga menyebabkan penyerapan air yang dilakukan oleh bioplastik meningkat (Aini et al., 2018). Gliserol memiliki sifat hidrofilik sehingga dapat meningkatkan jumlah air yang terikat pada bioplastik (Zahra et al., 2020). Selain itu, *plasticizer* gliserol berfungsi untuk meningkatkan kelenturan pada bioplastik sehingga dengan pemberian jumlah variasi konsentrasi gliserol yang terus meningkat menyebabkan menambahnya ruang kosong pada bioplastik sehingga dapat meningkatkan ruang untuk diisi oleh molekul – molekul air (Aini et al., 2018). Secara umum nilai daya serap air berkaitan dengan nilai densitas. Semakin tinggi nilai daya serap air pada bioplastik menunjukkan bahwa nilai densitas yang semakin rendah hal ini dikarenakan bioplastik dengan nilai daya serap tinggi memiliki struktur yang terbuka / tidak rapat sehingga mudah dilalui oleh molekul air (Putra dan Saputra, 2020)

Nilai daya serap bioplastik dapat dipengaruhi oleh ketebalan pada bioplastik, dimana semakin tinggi nilai ketebalan pada bioplastik maka akan semakin tinggi nilai daya serap air yang dimiliki oleh bioplastik, Penelitian ini sejalan dengan penelitian Nur et al., (2020) yang menyatakan bahwa nilai daya serap air berbanding lurus dengan ketebalan bioplastik. Bioplastik dengan nilai daya serap yang tinggi cenderung memiliki kemampuan rendah dalam melindungi produk dari air dan lingkungan yang lembab sehingga bisa menurunkan kualitas dan produk sehingga bioplastik berbahan dasar pati dan gliserol sebaiknya digunakan hanya untuk produk kering.

### Kuat Tarik Bioplastik

Pengujian kuat tarik bertujuan untuk mengetahui kekuatan yang dimiliki oleh sampel bioplastik

dengan penambahan variasi konsentrasi gliserol dalam menahan beban untuk melindungi produk yang dikemas oleh bioplastik (Marsa et al., 2023). Penelitian ini melakukan pengujian kuat tarik menggunakan UTM standar ASTM D882 menggunakan alat uji kuat tarik Zwick/roell Z250. Hasil analisis kuat tarik pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Hasil Analisis Kuat Tarik Bioplastik

Berdasarkan Gambar 4 terlihat bahwa nilai hasil analisis kuat tarik dari bioplastik pati bonggol pisang dengan penambahan variasi konsentrasi gliserol memiliki nilai kuat tarik pada rentang antara 4,56 MPa – 16,49 MPa. Terlihat pada grafik bahwa nilai kuat tarik bioplastik cenderung mengalami penurunan seiring dengan peningkatan jumlah variasi konsentrasi gliserol yang diberikan. Berdasarkan hasil analisis ANOVA menyatakan bahwa penambahan variasi konsentrasi gliserol berpengaruh secara nyata terhadap nilai kuat tarik bioplastik dengan nilai signifikan 0,000, kemudian dilakukan uji duncan ( $\alpha = 0,05$ ) yang menyatakan bahwa bioplastik dengan variasi konsentrasi gliserol 1%, 2%, 3%, 5% notasi huruf yang berbeda artinya konsentrasi tersebut memberikan pengaruh yang signifikan pada kuat tarik bioplastik serta pada perlakuan 4% tidak berbeda signifikan pengaruhnya.

Hasil penelitian membuktikan bahwa semakin banyak konsentrasi gliserol yang diberikan, nilai kuat tarik yang dihasilkan cenderung semakin rendah. kuat tarik dipengaruhi oleh *plasticizer* yang diberikan pada proses pembuatan bioplastik. Gliserol sebagai *plasticizer* berfungsi untuk meningkatkan fleksibilitas pada bioplastik sehingga molekul gliserol akan menurunkan interaksi antarmolekul yang menyebabkan nilai kuat tarik bioplastik menurun (Hasanah dan Mahyudin, 2022).

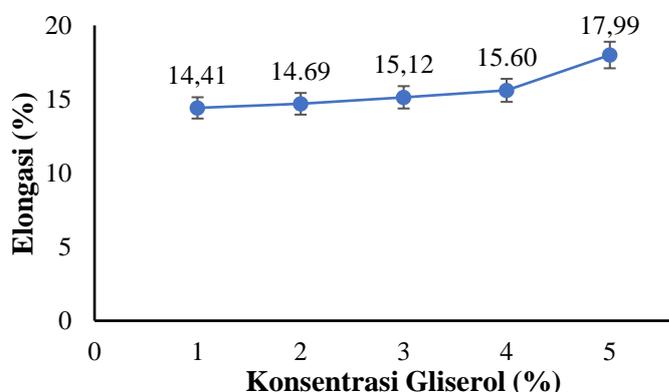
Bioplastik dengan nilai kuat tarik tertinggi ada pada pemberian variasi konsentrasi gliserol 1% dan terus mengalami penurunan hingga pemberian variasi konsentrasi gliserol 5% hal ini disebabkan karena gliserol bersifat hidrofilik yang dapat mempercepat proses penyerapan uap air di udara sehingga bioplastik menjadi lebih cepat rusak pada saat ditarik (Yanti, 2020). Bioplastik dengan persentase gliserol yang semakin besar menghasilkan bioplastik yang elastis akan tetapi lebih mudah sobek sehingga memiliki nilai kuat tarik yang rendah (Saputra et al., 2015). Pemberian jumlah variasi konsentrasi gliserol menyebabkan nilai kuat tarik menurun, hal tersebut dikarenakan terdapat ikatan antar polisakarida yang diputus oleh gliserol sehingga terdapat ruang kosong yang menyebabkan ikatan antar molekul pada bioplastik melemah (Sofia et al., 2017). Selain itu pemberian gliserol dapat mengakibatkan gaya tarik antar polimer menurun yang menyebabkan ketahanan mekanik film semakin menurun (Sitompul dan Zubaidah, 2017).

Berdasarkan hasil nilai kuat tarik yang diperoleh pada penelitian ini yaitu 16,49 MPa – 4,56

MPa, penelitian ini sudah mendekati rentang nilai pada penelitian sebelumnya. Nilai kuat tarik pada sampel bioplastik dengan variasi konsentrasi gliserol 1%, 2%, 3%, 4% dan 5% telah memenuhi standar JIS. Menurut Japanese Industrial Standar (JIS) menetapkan bahwa standar minimal nilai kuat tarik pada bioplastik adalah 3,92 MPa, hal ini menunjukkan bahwa semua sampel bioplastik dengan penambahan variasi konsentrasi gliserol telah baik dan memenuhi standar.

### Elongasi Bioplastik

Pengujian elongasi bertujuan untuk mengetahui rasio pertambahan panjang bioplastik terhadap panjang awalnya. Nilai elongasi pada penelitian ini dinyatakan dalam bentuk persen (%). Elongasi adalah pengujian sifat mekanik pada bioplastik yang menunjukkan elastisitas bioplastik yang ditarik hingga bioplastik putus (Prasetya et al., 2016). Hasil analisis elongasi dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Hasil Analisis Elongasi Bioplastik

Berdasarkan Gambar 5 terlihat bahwa nilai hasil analisis elongasi pada bioplastik dari pati bonggol pisang dengan penambahan variasi konsentrasi gliserol memiliki nilai elongasi antara 14,41% – 17,99%. Terlihat pada grafik bahwa nilai elongasi bioplastik mengalami kenaikan seiring dengan peningkatan jumlah variasi konsentrasi gliserol yang diberikan. Berdasarkan hasil ANOVA membuktikan bahwa penambahan variasi konsentrasi gliserol berpengaruh tidak nyata terhadap nilai elongasi bioplastik dengan nilai signifikan 0,773. Berdasarkan analisis statistik, penelitian ini memiliki nilai elongasi yang berpengaruh tidak nyata. Hal ini diduga karena gliserol yang digunakan tidak memberikan kenaikan yang signifikan terhadap elongasi bioplastik, akan tetapi nilai elongasi yang didapatkan cenderung meningkat seiring dengan penambahan jumlah variasi konsentrasi gliserol yang diberikan.

Penelitian ini terlihat bahwa semakin banyak penambahan variasi konsentrasi gliserol yang diberikan maka nilai hasil uji elongasi yang didapatkan juga semakin tinggi. Nilai elongasi tertinggi ada pada penambahan 5% hal ini dikarenakan plasticizer gliserol mempengaruhi elastisitas pada bioplastik sehingga seiring dengan penambahan gliserol maka nilai elongasi akan semakin tinggi (Putra dan Thamrin, 2022). Selain itu, penambahan variasi konsentrasi gliserol dapat mengurangi kekakuan pada bioplastik. Meningkatnya nilai elongasi disebabkan penambahan gliserol dapat menurunkan kekuatan antarmolekul pada bioplastik serta meningkatkan fleksibilitas bioplastik, selain itu plasticizer juga menurunkan ikatan antarmolekul antara amilosa dan amilopektin, dan pengaruh ikatan hidrogen molekul pati dengan gliserol (Sanyang et al., 2015).

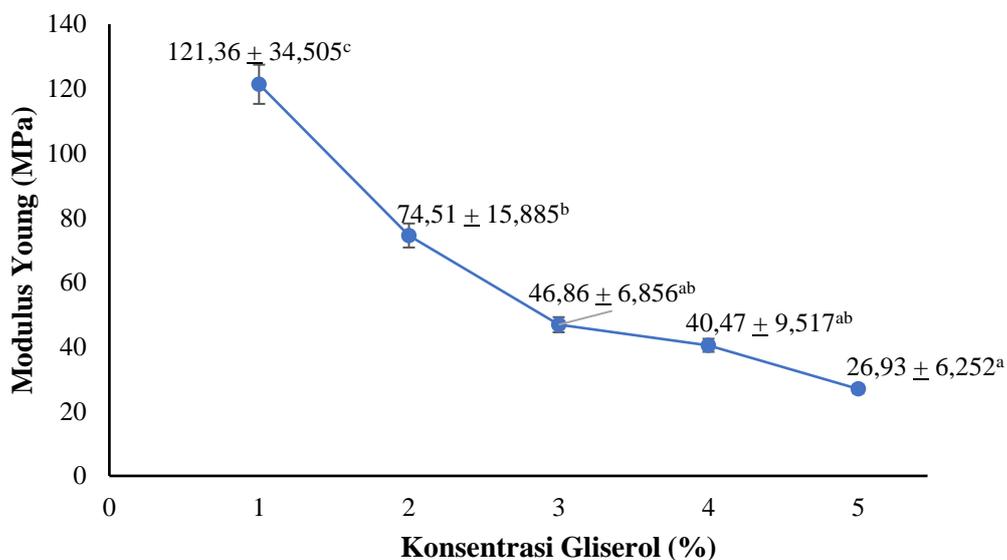
Penelitian sebelumnya yang dilakukan (Tamiogy et al., 2019) menunjukkan bahwa semakin tinggi elongasi pada bioplastik maka semakin baik kualitas bioplastik. Gliserol termasuk dalam pelarut organik yang ditambahkan ke dalam larutan bioplastik sehingga menyebabkan gaya

antarmolekul pada rantai panjang akan mengalami penurunan yang mengakibatkan kelenturan dan pemanjangan pada bioplastik bertambah (Iriani et al., 2016). Semakin banyak konsentrasi gliserol yang diberikan maka dapat meningkatkan pemanjangan bioplastik akan tetapi menurunkan tingkat kekakuannya (Aftaningsih et al., 2020). Nilai persen elongasi pada bioplastik berbanding terbalik dengan nilai kuat tarik yang dihasilkan. Terlihat bahwa pada pengujian kuat tarik, nilai kuat tarik semakin rendah seiring dengan penambahan jumlah variasi konsentrasi gliserol yang diberikan, begitu juga sebaliknya, pada hasil analisis elongasi bioplastik terlihat bahwa nilai elongasi semakin meningkat seiring dengan penambahan jumlah variasi konsentrasi gliserol yang diberikan.

Berdasarkan hasil analisis nilai elongasi pada penelitian ini adalah 14,41% – 17,99%, maka penelitian ini telah mendekati rentang nilai pada penelitian sebelumnya. Menurut Japanese Industrial Standard menyatakan bahwa persentase elongasi >10% dikategorikan baik (Ariska & Suyatno, 2015). Berdasarkan nilai elongasi pada penelitian ini, maka bioplastik yang dihasilkan pada penelitian ini dapat dikategorikan baik karena memiliki persen elongasi di atas 10%.

### Modulus Young Bioplastik

Pengujian modulus young bertujuan untuk mengetahui kekuatan bahan untuk dapat kembali ke bentuk semula setelah gaya diberikan (Hasanah dan Mahyudin, 2022). Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai modulus young dihasilkan setelah diberi penambahan variasi konsentrasi gliserol. Hasil analisis modulus young pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik Hasil Analisis Modulus Young

Berdasarkan Gambar 6 terlihat bahwa nilai pengujian modulus young dari bioplastik pati bonggol pisang dengan penambahan variasi konsentrasi gliserol berada pada rentang antara 26,93 MPa – 121,36 MPa. Terlihat pada grafik bahwa nilai modulus young terus menurun seiring dengan penambahan variasi konsentrasi gliserol yang diberikan. Berdasarkan hasil analisis ANOVA terlihat bahwa penambahan variasi konsentrasi gliserol berpengaruh secara nyata terhadap nilai modulus young bioplastik dengan nilai signifikan 0,001, kemudian dilakukan uji duncan ( $\alpha = 0,05$ ) yang menyatakan bahwa bioplastik dengan penambahan konsentrasi gliserol 1%, 2%, 3%, 4% dan 5% memiliki nilai modulus young dengan nilai notasi yang berbeda pada sampel bioplastik yang dihasilkan.

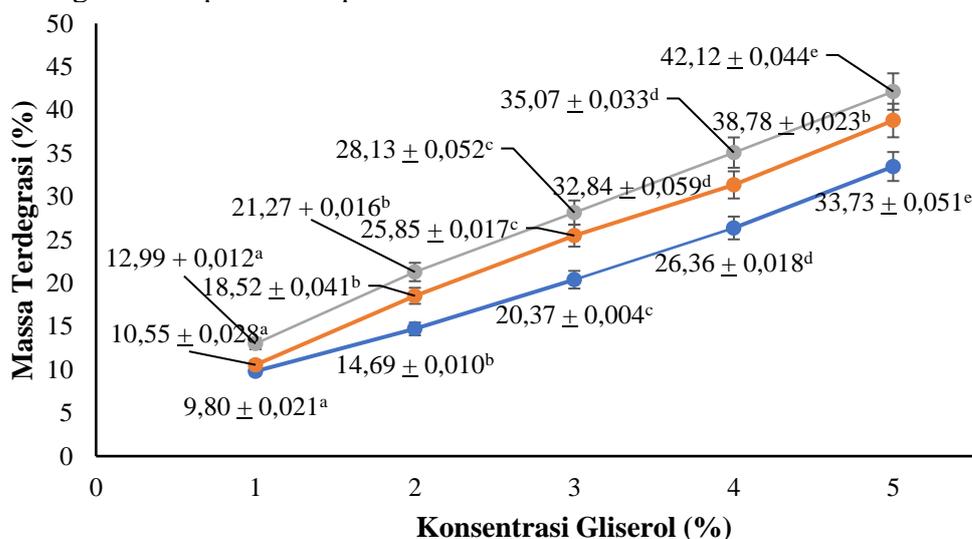
Nilai modulus young berbanding lurus dengan nilai kuat tarik dan berbanding terbalik dengan nilai elongasi yang berarti bahwa semakin tinggi nilai modulus young maka akan semakin tinggi nilai kuat tarik dan akan semakin rendah nilai elongasi pada bioplastik (Ariska & Suyatno, 2015). Nilai modulus young dan nilai kuat tarik semakin menurun seiring dengan penambahan jumlah konsentrasi gliserol yang diberikan. Hal ini terjadi dikarenakan pemberian plasticizer gliserol mampu merusak ikatan hidrogen antarmolekul polimer yang berdekatan yang sebelumnya dapat menyebabkan kekakuan bioplastik, dengan ikatan hidrogen terganggu maka akan menyebabkan rantai polimer bioplastik melonggar sehingga menyebabkan menurunnya kekuatan tarik menarik antarmolekul rantai polimer sehingga nilai modulus young menurun (Darni et al., 2016). Efek ini yang menyebabkan bioplastik lebih fleksibel mudah ditekuk yang menghasilkan nilai modulus young menjadi semakin rendah (Arizal et al., 2017).

Nilai modulus young yang rendah disebabkan karena penambahan gliserol menyebabkan bioplastik yang dihasilkan menjadi elastis (Saputra et al., 2015). Penambahan konsentrasi gliserol 1% menunjukkan bahwa nilai modulus young yang dimiliki paling tinggi diantara yang lainnya. Perlakuan dengan penambahan konsentrasi gliserol 2%, 3%, 4% dan 5% terlihat bahwa bioplastik memiliki nilai modulus young menurun yang berarti sampel bioplastik ini lebih elastis dibandingkan dengan bioplastik dengan penambahan variasi konsentrasi gliserol 1%. Hal ini disebabkan penambahan gliserol mampu untuk menurunkan kekakuan dan kekuatan bioplastik (Inggaweni dan Suyatno, 2015).

Berdasarkan nilai modulus young pada penelitian ini adalah 121,36 MPa – 36,12 MPa, apabila dibandingkan dengan hasil modulus young pada penelitian sebelumnya, maka penelitian ini telah mendekati rentang nilai pada penelitian tersebut. menurut Japanese Industrial Standart nilai standar minimal modulus young bioplastik adalah 0,35 MPa (Ariska dan Suyatno, 2015). Hal ini menunjukkan bahwa bioplastik pada penelitian ini telah memenuhi standar.

### Uji Biodegradasi Bioplastik

Uji biodegradasi bertujuan untuk mengetahui lama bioplastik untuk dapat terurai di lingkungan. Uji biodegradasi dilakukan dengan cara sampel dipotong dengan ukuran 5 x 2 cm, selanjutnya sampel dikubur di dalam tanah dan diamati dengan rentang waktu 5 hari, 10 hari dan 15 hari. Hasil analisis biodegradasi dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik Hasil Analisis Biodegradasi Bioplastik

Berdasarkan Gambar 7 terlihat bahwa nilai persentase degradasi bioplastik dari pati bonggol pisang dengan penambahan variasi konsentrasi gliserol berada pada rentang nilai antara 9,80% – 42,12%. Persentase degradasi pada 5 hari berada pada rentang 9,80 % – 32,73%. Persentase degradasi pada 10 hari berada pada rentang 10,55% – 38,78%. Persentase degradasi 15 hari berada pada rentang 12,99% – 42,12%. Persentase degradasi terendah ada pada penambahan konsentrasi gliserol 1% yang dikubur selama 5 hari dengan nilai persen degradasi 9,80% dan persentase degradasi tertinggi ada pada penambahan konsentrasi gliserol 5% yang dikubur selama 15 hari dengan nilai persen degradasi 42,12%. Terlihat pada grafik bahwa setiap sampel bioplastik dengan berbagai variasi penambahan konsentrasi gliserol mengalami penurunan berat dengan nilai persentase degradasi yang berbeda-beda.

Berdasarkan hasil analisis ANOVA terlihat bahwa penambahan variasi konsentrasi gliserol berpengaruh secara nyata terhadap nilai persen degradasi bioplastik dengan nilai signifikan 0,000, kemudian dilakukan uji duncan ( $\alpha = 0,05$ ) yang menyatakan bahwa bioplastik dengan penambahan variasi konsentrasi gliserol 1%, 2%, 3%, 4% dan 5% memiliki nilai persen degradasi dengan notasi huruf yang berbeda-beda pada sampel bioplastik yang dihasilkan.

Penelitian ini membuktikan bahwa nilai persentase degradasi sampel bioplastik dengan variasi konsentrasi gliserol terlihat bahwa semakin lama waktu penguburan maka nilai persentase degradasinya akan semakin tinggi. Selain itu juga semakin banyak konsentrasi gliserol maka persentase degradasinya juga semakin tinggi, hal ini disebabkan karena penggunaan bahan alami pada penelitian ini yaitu pati dan gliserol yang mengandung gugus hidroksil OH, gugus ini yang akan terurai menjadi potongan kecil seiring berjalannya waktu hingga hilang di dalam tanah (Budiman et al., 2018). Biodegradasi ini dapat terjadi karena mikroorganisme mendegradasi atau menguraikan senyawa polimer seperti pati dan gliserol (Fadlilah dan Shovitri, 2014). Polimer ini akan terdegradasi karena proses putusannya ikatan rantai pada polimer sehingga terjadi kerusakan pada bioplastik (Pratami et al., 2021).

Selain itu, semakin banyak jumlah konsentrasi gliserol yang diberikan maka akan menyebabkan bioplastik semakin cepat untuk terdegradasi, hal ini dikarenakan gliserol bersifat hidrofilik (berikatan dengan air/ menyerap air) sehingga dapat menyebabkan mikroorganisme pada lingkungan masuk ke dalam bioplastik dan mendegradasi bioplastik (Marlina dan Nurhalliza, 2021). Mikroorganisme yang mendegradasi bioplastik adalah bakteri. Beberapa jenis bakteri dan fungi yang mendegradasi bioplastik adalah *Bacillus megaterium*, *Pseudomonas sp*, *Bacillus brevis*, *Bacillus pumilus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Azotobacter sp*, *Ralstonia eutropha*, *Shewanella sp*, dan *Halomonas sp* (Islami, 2019). Bakteri tersebut mampu mendegradasi bioplastik dengan cara menguraikan rantai polimer menjadi monomer, proses penguraian ini akan menghasilkan senyawa berupa air, CO<sub>2</sub>, dan senyawa organik (Aripin et al., 2017).

Penambahan gliserol 1% menunjukkan kemampuan bioplastik untuk terdegradasi yang ditunjukkan dengan banyak berat sampel bioplastik yang hilang sebesar 9,80%, 10,55%, dan 12,99%. Persentase banyaknya berat sampel yang hilang semakin meningkat seiring dengan jumlah konsentrasi gliserol yang bertambah. Pertambahan 5% konsentrasi gliserol menghasilkan persentase berat bioplastik yang hilang meningkat menjadi 32,73%, 38,78%, dan 42,12%. Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan bioplastik untuk terdegradasi berkaitan dengan kemampuan bioplastik untuk menyerap air, dimana semakin banyak jumlah air pada bioplastik maka akan semakin mudah untuk terdegradasi (Septiosari et al., 2014). Pada penelitian ini menunjukkan bahwa lama waktu penguburan bioplastik berpengaruh dengan banyaknya persen bioplastik yang terdegradasi, sampel bioplastik yang dikubur selama 15 hari tingkat degradasinya lebih tinggi dibandingkan dengan sampel bioplastik yang dikubur selama 5 hari. Hal ini dikarenakan bioplastik

akan terdegradasi karena terjadi proses kerusakan yang disebabkan oleh ikatan rantai polimer yang terputus (Anita et al., 2013).

Berdasarkan hasil uji biodegradasi pada penelitian ini menunjukkan bahwa apabila nilai persen degradasi bioplastik meningkat seiring dengan penambahan konsentrasi gliserol yaitu pada rentang 9,80% – 42,12%. Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) waktu yang dibutuhkan bioplastik untuk dapat terdegradasi minimal 60% dari berat bioplastik dalam waktu 1 minggu. Terlihat bahwa pada sampel bioplastik dari pati bonggol pisang dengan penambahan variasi konsentrasi gliserol ini belum memenuhi standar SNI.

## KESIMPULAN

### Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa bioplastik pati bonggol pisang dengan penambahan variasi konsentrasi gliserol berpengaruh secara nyata terhadap ketebalan, densitas, daya serap air, kuat tarik, modulus young, biodegradasi dan berpengaruh tidak nyata terhadap nilai elongasi. Konsentrasi terbaik didapatkan pada bioplastik dengan penambahan konsentrasi gliserol 1%, hal ini dikarenakan memiliki signifikansi pada beberapa parameter didapatkan ketebalan  $0,10 \text{ mm} \pm 0,006$ , densitas  $1,53 \text{ g/cm}^3 \pm 0,065$ , daya serap air  $58,68\% \pm 0,075$ , kuat tarik  $16,49 \text{ MPa} \pm 2,497$ , elongasi 14,41%, modulus young  $121,36 \text{ MPa} \pm 34,505$  dan persen degradasi  $12,99\% \pm 0,012$ .

## DAFTAR PUSTAKA

- [AOAC] Association Of Official Analytical Collaboration. 1983. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. In *14th ed. AOAC. Inc., Arlington, Virginia.*
- Aftaningsih, W. A., Zulfiana, A. H., dan Mujiburohman, M. 2020. Pengaruh Suhu dan Penambahan Gliserol Terhadap Kualitas Plastik Biodegradable dari Pati Singkong (Manihot Esculenta) dan Pati Bonggol Pisang (Musa Paradisiaca). *Intuisi Teknologi Dan Seni*, 12(2), 1219.
- Agustin, Y, dan Padmawijaya, K. 2016. Sintesis Bioplastik Dari Kitosan-Pati Kulit Pisang Kepok Dengan Penambahan Zat Aditif. *Jurnal Teknik Kimia*, 10(2), 40–48.
- Aini, A. N., Riyati, N., Restiandika, F., dan Lestari, R. A. S. 2018. Plastik Biodegradable Limbah Nasi. *Seminar Nasional Teknik Kimia ECOSMART*, 203–209.
- Amalia, A. R., Kumara, R. F., and Putri, N. P. 2019. Manufacturing of Bioplastics From Cellulose Empty Fruit Bunches Waste With Addition of Glycerol As Plasticizer. *Konversi*, 8(2), 63–68. <https://doi.org/10.20527/k.v8i2.6839>
- Anita, Z., Akbar, F., dan Harahap, H. 2013. Pengaruh Penambahan Gliserol Terhadap Sifat Mekanik Film Plastik Biodegradasi Dari Pati Kulit Singkong. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 2(2), 37–41. <https://doi.org/10.32734/jtk.v2i2.1437>
- Arifki, H. H., dan Barliana, M. I. 2019. Karakteristik dan manfaat tumbuhan pisang di Indonesia : review artikel. *Jurnal Farmaka*, 16(3), 196–203.
- Aripin, S., Saing, B., dan Kustiyah, E. 2017. Studi pembuatan bahan alternatif plastik biodegradable dari pati ubi jalar dengan plasticizer gliserol dengan metode melt intercalation. *Jurnal Teknik Mesin (JTM)*, 06, 1–14.
- Ariska, R. E., dan Suyatno. 2015. Pengaruh Konsentrasi Karagenan terhadap Sifat Fisik dan

- Mekanik Edible Film dari Pati Bonggol Pisang dan Karagenan dengan Plasticizer Gliserol. *Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Surabaya*, 3–4.
- Arizal, V., Darni, Y., Azwar, E., Lismeri, L., dan Utami, H. 2017. Aplikasi Rumput Laut *Eucheuma Cottonii* Pada Sintesis Bioplastik Berbasis Sorgum Dengan Plasticizer Gliserol. *Prosiding Dalam Rangka Seminar Nasional Riset Industri Ke 3 Balai Riset Dan Standardisasi Industri Bandar Lampung, September*, 32–39.
- Azwar, E., Asmara, P., dan Darni, D. Y. 2022. Karakterisasi Edible Film Dari Pati Jagung Dengan Plasticizer Gliserol Dan Filler CMC Sebagai Bahan Pengemas Makanan. *Jurnal Teknologi Dan Inovasi Industri*, 03(01).
- Bani, M. D. 2019. Variasi Volume Gliserol terhadap Sifat Fisis Plastik Biodegradable Berbahan Dasar Pati Ubi Kayu (*Manihot Esculenta* Cranz). *Al-Khwarizmi: Jurnal Pendidikan Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 7(1), 61–78. <https://doi.org/10.24256/jpmipa.v7i1.678>
- Basuki, E., Jariyah, dan Hartati, D. 2014. Karakteristik Edible Film Dari Pati Ubi Jalar Dan Gliserol (Characteristic of Edible Film From Sweet Potato Starch and Glycerol). *J.Rekapangan*, 8(2), 128–135.
- Budiman, J., Nopianti, R., dan Lestari, S. D. 2018. Karakteristik Bioplastik Dari Pati Buah Lindur (*Bruguiera Gymnorizha*). *Jurnal Fishtech*, 7(1), 49–59.
- Coniwanti, P., Laila, L., dan Alfira, M. R. 2015. Pembuatan film plastik biodegradable dari pati jagung dengan penambahan kitosan dan pemplastis gliserol. *Jurnal Teknik Kimia*, 20(4).
- Darni, Y., Hasyanah, R., Lismeri, L., dan Utami, H. 2016. Pengaruh Konsentrasi Plasticizer Gliserol Terhadap Karakteristik Komposit Bioplastik Berbasis Pati Sorgum. In *Prosiding Seminar Nasional Riset dan Industri 2016* (pp. 94–100).
- Elean, S., Saleh, C., dan Hindryawati, N. 2018. Pembuatan Film Biodegradable Dari Pati Biji Cempedak Dan Carboxy Methyl Cellulose Dengan Penambahan Gliserol. *Jurnal Atomik*, 3(2), 122–126.
- Fadlilah, F. R., dan Shovitri, M. 2014. Potensi Isolat Bakteri *Bacillus* dalam Mendegradasi Plastik dengan Metode Kolom Winogradsky. *Jurnal Teknik Pomits*, 3(2), 40–43.
- Hasanah, N., dan Mahyudin, A. 2022. Pengaruh Variasi Massa Gliserol Terhadap Sifat Mekanik Film Plastik Pati Umbi Talas Berpenguat Nano Serat Pinang. *Jurnal Fisika Unand*, 11(2), 194–200. <https://doi.org/10.25077/jfu.11.2.194-200.2022>
- Ilmiawati, C., Reza, M., Rahmatini, R., dan Rustam, E. 2017. Edukasi Pemakaian Plastik sebagai Kemasan Makanan dan Minuman Serta Risikonya terhadap Kesehatan pada Komunitas di Kecamatan Bungus Teluk Kabung, Padang. *LOGISTA - Jurnal Ilmiah Pengabdian Kepada Masyarakat*, 1(1), 20. <https://doi.org/10.25077/logista.1.1.20-28.2017>
- Inggaweni, L., dan Suyatno. 2015. Karakterisasi Sifat Mekanik Plastik Biodegradable Dari Komposit High Density Polyethylene (HDPE) Dari Pati Kulit Singkong. *Seminar Nasional Kimia*, 41–46.
- Iriani, E. S., Sunarti, T. C., dan Richana, N. 2016. Pengembangan Biodegradable Foam Berbahan Baku Pati. In *Buletin Teknologi Pasca Panen* (Vol. 7, Issue 1, pp. 30–40).
- Islami, A. N. 2019. Biodegradasi Plastik Oleh Mikroorganisme. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Layudha, S. I., Rahma, A. A., Riyanto, A., dan Ratnani, R. D. 2015. Pengaruh Penambahan Gliserol terhadap Kualitas Bioplastik dari Air Cucian Beras. *Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Ke-6*, 72–76.
- Marlina, L., dan Nurhalliza, G. 2021. Pengaruh Variasi Konsentrasi Gliserol Terhadap Karakteristik

- Biodegradasi dan Water Uptake Bioplastik Dari Serbuk Tongkol Jagung. *Tedc*, 15(3), 279–286.
- Marsa, Y., Susanto, A. B., dan Pramesti, R. 2023. Bioplastik dari Karagenan *Kappaphycus alvarezii* dengan Penambahan Carboxymethyl Chitosan dan Gliserol. *Buletin Oseanografi Marina*, 12(1), 1–8. <https://doi.org/10.14710/buloma.v12i1.42859>
- Megawati, M., dan Machsunah, E. L. 2016. Ekstraksi Pektin Dari Kulit Pisang Kepok (*Musa Paradisiaca*) Menggunakan Pelarut Hcl Sebagai Edible Film. *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, 5(1), 14–21. <https://doi.org/10.15294/jbat.v5i1.4177>
- Melani, A., Herawati, N., dan Kurniawan, A. F. 2018. Bioplastik Pati Umbi Talas Melalui Proses Melt Intercalation. *Jurnal Distilasi*, 2(2), 53. <https://doi.org/10.32502/jd.v2i2.1204>
- Nafiayanto, I. 2019. Pembuatan Plastik Biodegradable dari Limbah Bonggol Pisang Kepok dengan Plasticizer Gliserol dari Minyak Jelantah dan Komposit Kitosan dari Limbah Cangkang Bekicot (*Achatina fullica*). *Integrated Lab Journal*, 07(01), 75–89.
- Nulfia, I., dan Etika, S. B. 2022. Plastik Biodegradable dari Pati Buah Sukun Dengan Penambahan Plasticizer Gliserol. *Jurnal Periodic Jurusan Kimia UNP*, 11(2), 45. <https://doi.org/10.24036/p.v11i2.113483>
- Nur, R. A., Nazir, N., dan Taib, G. 2020. Karakteristik Bioplastik dari Pati Biji Durian dan Pati Singkong yang Menggunakan Bahan Pengisi MCC ( Microcrystalline cellulose ) dari Kulit Kakao. *Jurnal Gema Agro*, 25(01), 1–10.
- Nurhaliza, A. S., Alfiah, D., Fatur Rahman, T., Anjani Suhartono Putri, T., Ilham Maulana, F., dan Pasonang Sihombing, R. 2022. Pengaruh Variasi Konsentrasi Kaolin Clay Terhadap Daya Serap Air Pada Bioplastik Dengan Penambahan PvoH Bp-05. *Prosiding Snast, November*, D114-125. <https://doi.org/10.34151/prosidingsnast.v8i1.4164>
- Prasetya, S., Istiqomah, S. H., dan Yamtana, Y. 2016. Pembuatan Bioplastik Berbahan Bonggol Pisang Dengan Penambahan Gliserol. *Sanitasi: Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 8(2), 73–80. <https://doi.org/10.29238/sanitasi.v8i2.4>
- Pratami, N. L. F. P., Hartiati, A., dan Harsojuwono, B. A. 2021. Karakteristik Komposit Bioplastik dalam Variasi Rasio Pati Gadung (*Dioscorea hispida* D.) - Glukomanan dan Suhu Gelatinisasinya. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 9(2), 166. <https://doi.org/10.24843/jrma.2021.v09.i02.p02>
- Putra, A. D., Amri, I., dan Irdoni. 2019. Sintesis Bioplastik Berbahan Dasar Pati Jagung dengan Penambahan Filler Selulosa Serat Daun Nanas (*Ananas cosmosus*). *Jom Fteknik*, 6(1), 1–8.
- Putra, E. P. D., dan Saputra, H. 2020. Karakterisasi Plastik Biodegradable Dari Pati Limbah Kulit Pisang Muli Dengan Plasticizer Sorbitol. *Jurnal Teknologi Pertanian Andalas*, 24 (1)(1), 29–36.
- Putra, E. P. D., dan Thamrin, E. S. 2022. Sifat Fisik Dan Mekanik Bioplastik Dari Pati Kulit Pisang Ambon (*Musa Paradisiacal*) Dengan Plasticizer Sorbitol. *Agroindustrial Technology Journal*, 6(2), 164–174. <https://doi.org/10.21111/atj.v6i2.7819>
- Qodriyatun, S. N. 2018. Info Singkat-X-23-I-P3DI-Desember-2018-189(1). *Sampah Plastik: Dampaknya Terhadap Pariwisata Dan Solusi*, Vol. X, No, 13–18.
- Sanyang, M. L., Sapuan, S. M., Jawaid, M., Ishak, M. R., and Sahari, J. 2015. Effect of plasticizer type and concentration on tensile, thermal and barrier properties of biodegradable films based on sugar palm (*Arenga pinnata*) starch. *Polymers*, 7(6), 1106–1124. <https://doi.org/10.3390/polym7061106>
- Saputra, A., Lutfi, M., dan Masrurroh, E. 2015. Studi Pembuatan dan Karakteristik Sifat Mekanik Plastik Biodegradable Berbahan Dasar Ubi Suweg (*Amorphophallus campanulatus*). *Jurnal*

- Keteknikan Pertanian Tropis Dan Biosistem*, 3(1), 1–6.
- Saragih, B. 2013. Analisis Mutu Tepung Bonggol Pisang Dari Berbagai Varietas Dan Umur Panen Yang Berbeda. *Jurnal TIBBS Teknologi Industri Boga Dan Busana*, 9(1), 22–29.
- Septiosari, A., Latifah, dan Kusumastuti, E. 2014. Pembuatan Dan Karakterisasi Bioplastik Limbah Biji Mangga Dengan Penambahan Selulosa Dan Gliserol. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 3(2), 157–162.
- Sinaga, R. F., Ginting, G. M., M. Hendra S Ginting, dan Rosdanelli Hasibuan. 2014. Pengaruh Penambahan Gliserol terhadap Sifat Kekuatan Tarik Dan Pemanjangan Saat Putus Bioplastik Dari Pati Umbi Talas. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 3(2), 19–24. <https://doi.org/10.32734/jtk.v3i2.1608>
- Sitompul, A. J. W. S., dan Zubaidah, E. 2017. Pengaruh jenis dan konsentrasi plasticizer terhadap sifat fisik edible film kolong kaling (*Arenca pinnata*). *Jurnal Pangan Dan Agroindustri*, 5(1), 13–25. <https://www.jpa.ub.ac.id/index.php/jpa/article/download/494/372>
- Sofia, A., Prasetya, A. T., dan Kusumastuti, E. 2017. Komparasi Bioplastik Kulit Labu Kuning-Kitosan dengan Plasticizer dari Berbagai Variasi Sumber Gliserol. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 6(2), 111–115. <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ijcs>
- Sutanti, S., dan Dewi, C. K. 2018. Karakterisasi Bioplastik Berbahan Kolong-Kaling Dengan Monogliserida Dari Minyak Kelapa. *Jurnal Inovasi Teknik Kimia*, 3(2). <https://doi.org/10.31942/inteka.v3i2.2491>
- Tamiogy, W. R., Kardisa, A., Hisbullah, H., dan Aprilia, S. 2019. Pemanfaatan Selulosa Dari Limbah Kulit Buah Pinang Sebagai Bahan Baku Pembuatan Bioplastik. *Jurnal Rekayasa Kimia & Lingkungan*, 14(1), 63–71. <https://doi.org/10.23955/rkl.v14i1.11517>
- Unsa, L. K., dan Paramastri, G. A. 2018. Kajian Jenis Plasticizer Campuran Gliserol dan Sorbitol Terhadap Sintesis dan Karakterisasi Edible Film Pati Bonggol Pisang Sebagai Pengemas Buah Apel. *Jurnal Kompetensi Teknik*, 10(1), 35–47.
- Wardah, I., dan Hastuti, E. 2015. Pengaruh Variasi Komposisi Gliserol Dengan Pati Dari Bonggol Pisang, Tongkol Jagung, Dan Enceng Gondok Terhadap Sifat Fisis Dan Mekanis Plastik Biodegradable. *Jurnal Neutrino*, 77. <https://doi.org/10.18860/neu.v0i0.2994>
- Yanti, S. 2020. Analisis Edible Film Dari Tepung Jagung Putih (*Zea Mays L.*) Termodifikasi Gliserol Dan Karagenen. *Jurnal TAMBORA*, 4(1), 1–13. <https://doi.org/10.36761/jt.v4i1.562>
- Yupa, N. P., Sunardi, S., dan Irawati, U. 2021. Synthesis And Characterization Of Alginate Based Bioplastic With The Addition Of Nanocellulose From Sago Frond As Filler. *Justek : Jurnal Sains Dan Teknologi*, 4(1), 30. <https://doi.org/10.31764/justek.v4i1.4308>
- Zahra, N. Q., Finadzir, R. F., dan Yulistiani, F. 2020. Pengaruh Konsentrasi Gliserol Dan Sorbitol Terhadap Karakteristik Daya Serap Air Edible Film Dari Pektin Kulit Pisang. *Fluida*, 13(2), 54–58. <https://doi.org/10.35313/fluida.v13i2.2244>