

Pengaruh Penambahan Gliserin Terhadap Kekuatan Tarik dan Densitas Bioplastik Sari Pati Kentang

M. Nur Fauzi, Cok Istri Putri Kusuma Kencanawati, dan Ketut Astawa
Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Penggunaan plastik konvensional yang tidak ramah lingkungan mendorong pengembangan bioplastik berbasis bahan alami. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan gliserin sebagai plasticizer terhadap sifat mekanik dan fisik bioplastik berbahan dasar sari pati kentang. Variasi jumlah gliserin yang digunakan adalah 1%, 2%, dan 3%, kemudian dilakukan pengujian terhadap kekuatan tarik dan densitas spesimen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan jumlah gliserin secara umum meningkatkan densitas bioplastik dari 2,084 gr/cm³ menjadi 2,406 gr/cm³, serta kekuatan tarik dari 0,124 MPa menjadi 0,408 MPa. Modulus elastisitas juga meningkat secara signifikan, dari 32,12 GPa menjadi 81,11 GPa. Sementara itu, nilai regangan menunjukkan pola tidak linear, menurun pada 2% namun kembali meningkat pada 3%. Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa gliserin efektif digunakan sebagai plasticizer karena mampu meningkatkan kekuatan mekanik dan kekakuan bioplastik, serta memodifikasi fleksibilitasnya tergantung jumlah yang digunakan. Penelitian ini mendukung pengembangan bioplastik ramah lingkungan berbasis bahan terbarukan seperti pati kentang.

Kata kunci: bioplastik, gliserin, kekuatan tarik, densitas, sari pati kentang, plasticizer

Abstract

The use of conventional plastics that are not environmentally friendly encourages the development of bioplastics based on natural materials. This study aims to determine the effect of the addition of glycerin as a plasticizer on the mechanical and physical properties of bioplastics made from potato starch. The variation in the amount of glycerin used was 1%, 2%, and 3%, then testing was carried out on the tensile strength and density of the specimen. The results showed that the increase in the amount of glycerin in general increased the density of bioplastics from 2,084 gr/cm³ to 2,406 gr/cm³, as well as tensile strength from 0.124 MPa to 0.408 MPa. The modulus of elasticity also increased significantly, from 32.12 GPa to 81.11 GPa. Meanwhile, the strain value showed a non-linear pattern, decreasing at 2% but increasing again at 3%. The conclusion of this study is that glycerin is effective as a plasticizer because it is able to increase the mechanical strength and rigidity of bioplastics, as well as modify its flexibility depending on the amount used. This research supports the development of environmentally friendly bioplastics based on renewable materials such as potato starch.

Keywords: bioplastic, glycerin, tensile strength, density, potato starch, plasticizer.

1. Latar Belakang

Plastik merupakan material kemasan yang sangat umum digunakan dan terus mengalami peningkatan dalam penggunaannya. Bahan ini dimanfaatkan secara luas di berbagai sektor, mulai dari elektronik, peralatan rumah tangga, perlengkapan kantor, hingga industri makanan dan minuman, berkat sifatnya yang ringan, tahan lama, mudah dibentuk, serta memiliki biaya produksi yang relatif rendah. Selain di sektor industri, plastik juga digunakan secara luas oleh pelaku usaha ritel, pedagang di pasar tradisional, hingga masyarakat umum di tingkat rumah tangga. Berdasarkan data dari Asosiasi Industri Olefin Aromatik dan Plastik Indonesia (INAPLAS), konsumsi plastik per kapita di Indonesia pada tahun 2015 mencapai sekitar 17 kilogram per tahun. Dengan jumlah penduduk sekitar 261 juta orang pada pertengahan tahun 2017, total konsumsi plastik nasional diperkirakan mencapai 4,44 juta ton.

Di Indonesia, pengembangan teknologi untuk menghasilkan plastik biodegradable berbasis pati telah dimulai dalam beberapa tahun terakhir. Beragam jenis pati telah diteliti sebagai bahan utama, antara lain pati tapioka yang dipadukan dengan gliserin sebagai

plastisizer, pati sagu dengan tambahan gliserol, pati sorgum yang dikombinasikan dengan kitosan, pati dari limbah kulit singkong, serta pati jagung. Meski demikian, produksi bioplastik dalam skala komersial di Indonesia masih terbatas karena rendahnya permintaan pasar domestik. Beberapa perusahaan yang telah bergerak di sektor ini di antaranya adalah PT Inter Aneka Lestari dengan produk Enviplast, PT Harapan Interaksi Swadaya yang memproduksi Ecoplast, serta Avani Eco yang menghasilkan tas ramah lingkungan (eco bag), dengan ketiganya menggunakan pati dari ubi kayu yang akan dibuat sebagai bahan baku utama.

Penelitian terkait sintesis plastik biodegradable terus dikembangkan karena sifatnya yang ramah lingkungan dan dapat diperbarui. Menurut Coniwanti et al. (2014) pembuatan film plastik biodegradable dari pati jagung dengan tambahan kitosan dan gliserol sebagai plastisizer. Selain itu, Bagus et al. (2021) mengevaluasi karakteristik bioplastik dengan variasi fraksi berat antara pati tapioka dan pati maizena terhadap kekuatan tarik dan lentur. Menurut Kamsiati et al. (2017) potensi pengembangan plastik biodegradable berbasis pati sagu dan ubi kayu di Indonesia, sedangkan Pandu Lazuardi dan

Cahyaningrum (2013) melakukan penelitian mengenai pembuatan dan karakterisasi bioplastik dari kitosan dan pati singkong yang diplastisasi dengan gliserol. *Plasticizer* adalah zat yang berguna untuk memodifikasi sifat dan karakteristik plastik supaya lebih sesuai dengan kebutuhan. Salah satu contoh *plasticizer* yang umum digunakan adalah gliserol. Gliserol (atau gliserin) berfungsi mengurangi ikatan hidrogen internal antar molekul, sehingga dapat meningkatkan kelenturan material. Plastik biodegradable berbasis pati umumnya bersifat keras dan mudah rapuh, maka dari itu diperlukan penambahan *plasticizer* untuk menguatkan fleksibilitas dan elastisitasnya. Gliserol dan sorbitol dikenal sebagai *plasticizer* yang efektif karena kemampuannya dalam melemahkan ikatan hidrogen antar molekul. Selain memiliki komponen utama pati yang sebesar 22-28% dari bobot kentang, kentang juga memiliki amilopektin yang cukup besar yaitu 74% dan suhu gelatinisasi yang cukup tinggi dengan 72-74°C.

Berdasarkan uraian latar belakang yang telah disampaikan sebelumnya, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana pengaruh variasi jumlah penambahan gliserin terhadap kekuatan tarik dan densitas bioplastik yang dibuat dari sari pati kentang. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sejauh mana variasi gliserin memengaruhi kekuatan tarik dan densitas bioplastik berbahan dasar pati kentang.

2. Dasar Teori

Bioplastik merupakan penggolongan yang diberikan oleh *European Bioplastik*, untuk membedakan antara polimer berbasis bio, *biodegradable*, atau keduanya. Klasifikasi penting untuk dibuat dengan tujuan memberikan penjelasan perbedaan kata sifat “bio-based” yang berbeda dengan kata sifat “*biodegradable*”.

Gliserin dikenal sebagai *plasticizer* yang efektif karena mampu melemahkan ikatan hidrogen internal dalam struktur antar molekul. Gliserin dapat berinteraksi dengan molekul amilopektin, namun hingga kini mekanisme pasti dari reaksi dan proses imobilisasi *plasticizer* tersebut belum sepenuhnya dipahami akibat terbatasnya penelitian yang mendalam. Diduga, *plasticizer* turut berperan dalam mekanisme substitusi, yang pada akhirnya dapat mengurangi mobilitas keseluruhan molekul.

Tabel 1. Sifat Fisik Gliserin

Sifat	Nilai
Tampilan fisik	Cair
Kemurnian	95-99,5 %
Titik didih	290 °C pada 1013 hPa
Densitas relative	1,26 pada 20 °C
Viskositas	1410 mPa s pada 20 °C
Tegangan permukaan	63,4 Mn/m pada 20 °C

Sumber Tabel (Kruiskamp, dkk.; 2001)

Kentang memiliki kandungan utama berupa pati, yang mencapai sekitar 22–28% dari total beratnya. Dalam penggunaannya sebagai bahan baku bioplastik, gliserin digunakan sebagai plastikizer dalam komponen karbohidrat. Sari pati kentang mengandung berbagai unsur, karena umbi kentang merupakan sumber karbohidrat yang kaya dan mengandung banyak zat gizi penting bagi tubuh. Informasi mengenai kandungan nutrisi dalam kentang dapat dilihat pada Tabel 2. Tanaman kentang sendiri tumbuh optimal di daerah dataran tinggi dengan ketinggian sekitar 500 hingga 3000 meter di atas permukaan laut (Setiady, 1994).

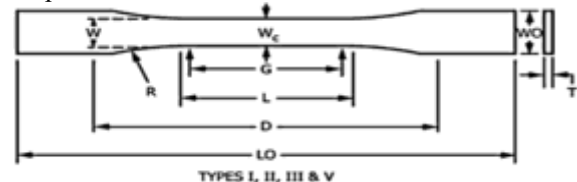
Tabel 2. Kandungan Nutrisi Pada Kentang

No.	Senyawa	Jumlah Kandungan	Keterangan
1.	Protein (g)	2,0	Zat Pembakar
2.	Vitamin A	4	Zat Pembangun
3.	Vitamin B1 (mg)	0,0011	Zat Pembangun
4.	Vitamin C (mg)	17	Zat Pembangun
5.	Kalsium (mg)	11,00	Pembangun Tulang
6.	Karbohidrat (g)	19,1	Zat Pembakar
7.	Fosfor (mg)	56,00	Pembangun Tulang
8.	Zat Lemak (g)	0,1	Zat Pembakar
9.	Energi (kal)	83	Energi Panas

Sumber tabel (Utami, *et. al.*, 2014)

2.1. Uji Tarik

Uji tarik dilakukan untuk menentukan seberapa besar kekuatan tarik maksimum yang dimiliki oleh bioplastik. Pengujian ini mengacu pada standar ASTM D638-03 untuk mengukur kekuatan tarik bioplastik.



Gambar 1. Geometri Spesimen Uji Tarik ASTM D638-03

Mekanisme uji tarik dilakukan dengan memberikan beban tarik pada kedua ujung spesimen, baik secara satu arah maupun dua arah, sehingga menimbulkan gaya tarik pada material yang diuji. Nilai tegangan maksimum ($\Delta\sigma$) diperoleh dari besarnya gaya yang diberikan (F) dibagi dengan luas permukaan (A_0), seperti yang dijelaskan dalam Persamaan (1).

$$\Delta\sigma = \frac{F}{A_0} \quad (1)$$

Keterangan :

$\Delta\sigma$ = Tegangan Maks (MPa)

F = Gaya (N)

A_0 = Luas Permukaan (mm²)

Regangan maks ($\Delta\epsilon$) merupakan rasio antara perubahan panjang spesimen uji (ΔL) terhadap panjang awalnya (L_0), sebagaimana ditunjukkan dalam Persamaan (2).

$$\Delta\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan :

$\Delta\epsilon$ = Regangan Maks (%)

ΔL = Pertambahan Panjang (mm)

L_0 = Panjang Awal (mm)

Modulus elastisitas (E) menggambarkan kemampuan suatu bahan atau spesimen uji untuk menahan deformasi elastis. Nilai modulus elastisitas diperoleh dari perbandingan perubahan tegangan ($\Delta\sigma$) dengan perubahan regangan ($\Delta\epsilon$) pada daerah elastis, seperti yang dijelaskan dalam Persamaan (3).

$$E = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\epsilon} \quad (3)$$

Keterangan :

E = Modulus Elastisitas (GPa)

σ = Tegangan Maks (MPa)

ϵ = Regangan Maks (%)

2.2. Uji Densitas

Menurut ASTM D638-03, penentuan densitas (berat jenis) bioplastik dapat dilakukan dengan menghitung massa dan volume dari sampel. Perhitungan ini dapat dilakukan menggunakan Persamaan (4) berikut:

$$\rho_s = \frac{m_{udara}}{m_{udara} - m_{aquades}} \times \rho_{aquades} \quad (4)$$

Keterangan :

ρ_s = Massa Bioplastik (gr/cm^3)

m_{udara} = Massa Bioplastik di udara (gr)

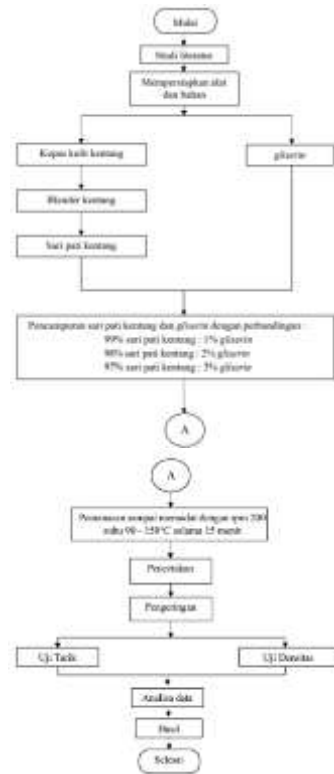
$m_{aquades}$ = Massa Bioplastik di aquades (gr)

$\rho_{aquades}$ = Massa jenis aquades = $0,98 (\text{gr}/\text{cm}^3)$

3. Metode Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium bahan Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana.

3.1. Diagram Alir



Gambar 2. Diagram Alir

3.2. Variabel Penelitian

Pada penelitian ini ada beberapa variable, diantaranya variabel bebas, variabel control dan variabel terikat :

3.2.1. Variabel Bebas

Variabel bebas merupakan variabel yang menjadi penyebab perubahan dalam penelitian. Variabel bebas yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan memvariasikan dalam penggunaan jumlah *gliserin*. Berikut perbandingan penggunaan sari pati kentang dan *gliserin* :

99% sari pati kentang: 1% *gliserin*

98% sari pati kentang: 2% *gliserin*

97% sari pati kentang: 3% *gliserin*

3.2.2. Variabel Kontrol

Pada penelitian ini variabel control yang digunakan adalah Speed: 200 rpm dan Temperatur: 90-150 °C selama 15 menit.

3.2.3. Variabel Terikat

Variabel terikat (variabel dependen) dalam penelitian ini yaitu kekuatan tarik dan densitas.

3.3. Proses Percetakan

Cetakan terbuat dari bahan kaca akrilik berbentuk segi empat, bahan akrilik dipilih supaya spesimen tidak menempel pada cetakan, permukaan datar dan tembus cahaya. Cetakan ini memiliki dimensi 20 x 20 x 0,4 cm dengan lubang pencetakan berdimensi ASTM D638-03. Tahapan dalam proses pencetakan dalam penelitian ini yaitu :

- Siapkan Aluminium foil sebagai alas dan letakkan cetakan di atasnya.
- Setelah cetakan siap tuang gel atau pasta sari pati kentang ke dalam cetakan dengan lubang berdimensi ASTM D638-03.
- Kemudian ratakan permukaan cetakan hingga tidak ada gel atau pasta yang keluar dari cetakan.
- Setelah permukaan rata tutup permukaan cetakan dengan kaca akrilik yang berdimensi sama dengan cetakan.
- Supaya penutup cetakan tidak bergerak tekan dengan batu yang beratnya kurang lebih 1 kg.
- Jemur dibawah sinar matahari sampai mengering selama kurang lebih tiga hari.

3.4. Proses Pembuatan Spesimen

Ada beberapa tahapan dalam proses pembuatan bioplastik dari sari pati kentang dalam penelitian ini yaitu :

- Kupas kentang menggunakan alat pengupas, lalu potong kentang menjadi bentuk dadu dengan pisau.
- Blender potongan kentang hingga menjadi halus.
- Saring hasil blenderan kentang ke dalam wadah seperti baskom atau mangkuk, lalu diamkan hingga patinya mengendap. Setelah itu, pindahkan endapan pati ke dalam gelas beaker.
- Tambahkan air, cuka, dan gliserin ke dalam endapan sesuai dengan variasi yang ditentukan. Panaskan campuran tersebut menggunakan *magnetic stirrer* pada kecepatan 200 rpm dan suhu 50 °C selama 10 menit, hingga terbentuk gel atau pasta, dengan rasio bahan pada Tabel 3. sebagai berikut:

Tabel 3. Persentase Sari Pati Kentang Dengan Gliserin

No.	Sari Pati Kentang (%)	Gliserin (%)
1	99	1
2	98	2
3	97	3

- Gel atau pasta yang sudah terbentuk, dituang ke atas cetakkan yang beralaskan aluminium foil diratakan hingga terbentuk lapisan tipis.
- Jemur dibawah sinar matahari sampai mengering selama kurang lebih tiga hari.
- Spesimen siap diuji.

3.5. Persiapan Pengujian

Ada beberapa tahapan dalam proses pembuatan bioplastik dari sari pati kentang dalam penelitian ini yaitu :

3.5.1. Uji Tarik

Pengujian tarik dilakukan menggunakan standar ASTM D638-03. Tahapan uji tarik adalah sebagai berikut :

- Ukur panjang dan penampang spesimen sebelum diuji.
- Siapkan mesin uji tarik yang akan digunakan.
- Pasang spesimen tarik dan pastikan terjepit dengan baik.
- Selalu amati peningkatan panjang hingga spesimen mengalami patah. Setelah patah terjadi, segera hentikan mesin uji tarik dan catat nilai gaya tarik maksimum serta pertambahan panjang yang tercapai.
- Pencetakan hasil pengujian sesuai dengan informasi yang diberikan dari hasil pengujian bahan komposit tersebut.

3.5.2. Uji Densitas

Untuk mengetahui massa jenis dari Bioplastik, diperlukan timbangan untuk mengukur berat serat di udara dan di cairan aquades.

- Bioplastik diikat menggunakan kawat, dan ditimbang dengan kondisi di udara dan di cairan aquades.
- Penimbangan pada udara dan pada cairan aquades dilakukan masing masing 3 kali untuk mendapatkan hasil yang sesuai.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Hasil Perhitungan Massa Jenis Bioplastik

Gliserin adalah *plasticizer* yang efektif karena dapat mengurangi ikatan hidrogen internal pada ikatan antar molekul. *Gliserin* mampu berinteraksi dengan molekul amilopektin, tetapi mekanisme reaksi serta proses imobilisasi *plasticizer* ini belum sepenuhnya dipahami karena kurangnya penelitian lebih lanjut. Diduga *plasticizer* berperan dalam mekanisme substitusi yang menyebabkan penurunan mobilitas keseluruhan molekul (Kruiskamp et al., 2001).

Dalam menentukan massa jenis aquades diketahui sekitar 0,98 (gr/cm³) yang nantinya dipergunakan untuk acuan dalam menghitung komposisi fraksi volume pada bioplastik. Rumus densitas dan contoh perhitungan massa jenis menggunakan data spesimen a dalam variasi 1% *gliserin* diuraikan sebagai berikut :

Diketahui :

$$m_{udara} = 0,43 \text{ (gr)}$$

$$m_{aquades} = 0,24 \text{ (gr)}$$

$$\rho_{aquades} = 0,98 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$$

$$\rho_s = \frac{0,43\text{gr}}{0,43\text{gr} - 0,24\text{gr}} \times 0,98 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$$

$$\rho_s = 2,22 \text{ (gr/cm}^3\text{)}$$

Tabel 4. Data Hasil Uji Massa Jenis Bioplastik

Spesimen	Massa pada udara (gr)	Massa pada aquades (gr)	Massa Jenis Bioplastik (gr/cm ³)
1%	Spesimen a	0,43	2,22
	Spesimen b	0,42	2,17
	Spesimen c	0,51	1,92
Rata-rata		0,45	2,10
2%	Spesimen a	0,48	2,14
	Spesimen b	0,47	0,30
	Spesimen c	0,49	0,28
Rata-rata		0,48	0,28
3%	Spesimen a	0,47	0,30
	Spesimen b	0,57	0,33
	Spesimen c	0,53	0,30
Rata-rata		0,52	0,31

4.1.1. Analisis Perbandingan Hasil Pengujian Massa Bioplastik



Gambar 3. Grafik Hasil Perhitungan Massa Jenis Bioplastik

Terlihat pada Gambar 3 bahwa penambahan jumlah *gliserin* mempengaruhi massa jenis dari bioplastik, karena semakin banyak jumlah *gliserin*, maka masa jenis bioplastic cenderung akan meningkat. Hal ini dapat disebabkan karena terjadinya peningkatan kompaksi mengingat *gliserin* bersifat platizer yang dapat masuk ke antar rantai polimer. Selain itu juga disebabkan oleh massa jenis *gliserin* sekitar 1,26 g/cm³ (lebih tinggi dari aquades 0,98 gr/cm³) sehingga dapat berkontribusi terhadap terjadinya peningkatan massa jenis bioplastik. Hal ini selaras dengan (Gujar, Sonal & Pandel, B. & Jethoo, A.s. 2014).

4.2. Hasil dan Perhitungan Uji Tarik

Data uji tarik diperoleh dari pengujian spesimen hasil pencampuran sari pati kentang dan gliserin yang dilaksanakan di Laboratorium Metalurgi, Program Studi Teknik Mesin, Universitas Udayana. Pengujian ini mengacu pada standar ASTM D638-03 dan menggunakan alat uji mekanik Tensilon RTG 1250. Setiap variasi rasio gliserin diuji menggunakan tiga spesimen, sehingga total jumlah spesimen uji yang digunakan sebanyak sembilan buah.

Setelah melakukan pengujian tarik, data yang didapat dari mesin kemudian diolah pada aplikasi Microsoft Excel. Dengan contoh perhitungan diambil dari spesimen a dengan variasi 1% *gliserin*. Data berikut merupakan hasil yang diperoleh beserta perhitungan yang digunakan untuk menentukan nilai

tegangan tarik, regangan tarik, dan modulus elastisitas pada masing-masing spesimen.

$$F = 6,48 \text{ N}$$

$$\Delta_0 = 13 \text{ mm} \times 4 \text{ mm} = 52 \text{ mm}^2 = 0,0052 \text{ m}^2$$

$$\Delta L = 0,658 \text{ mm}$$

$$L_0 = 165 \text{ mm}$$

a. Tegangan Tarik (σ)

$$\Delta \sigma = \frac{6,48 \text{ N}}{0,0052 \text{ m}^2}$$

$$\Delta \sigma = 1.246,15 \text{ Pa}$$

$$\Delta \sigma = 1,256 \text{ MPa}$$

b. Regangan Tarik (ϵ)

$$\Delta \epsilon = \frac{0,658 \text{ mm}}{165 \text{ mm}} \times 100\%$$

$$\epsilon = 0,00399 \text{ mm} \times 100\%$$

$$\epsilon = 0,399 \%$$

Modulus Elastisitas (E) Rentang regangan yang ditabulasi hanya boleh digunakan untuk bahan yang tidak menunjukkan wilayah transisi (signifikan perubahan kemiringan kurva tegangan- regangan) dalam yang diberikan rentang regangan. Jika wilayah transisi terjadi termasuk dalam rekomendasi rentang regangan, maka rentang regangan yang lebih cocok tersebut dapat digunakan untuk menentukan nilai modulus elastisitas yang dilaporkan.

$$E = \frac{\Delta \sigma}{\Delta \epsilon}$$

$$E = \frac{1,256 \text{ MPa}}{0,00399}$$

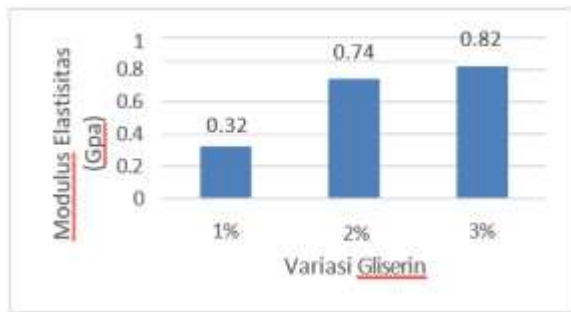
$$E = 312,5 \text{ Mpa}$$

$$E = 0,31 \text{ Gpa}$$

4.2.1. Hasil Pengujian Nilai Uji Tarik Bioplastik

Tabel 5. Data Hasil Uji Tarik Bioplastik

Spesimen		Teg (MPa)	Reg (%)	Modulus Elastisitas (GPa)
1%	Spesimen a	1,246	0,399%	0,31
	Spesimen b	1,253	0,387%	0,32
	Spesimen c	1,227	0,375%	0,33
Rata-rata		1,242	0,387%	0,32
2%	Spesimen a	2,538	0,350%	0,72
	Spesimen b	2,652	0,362%	0,73
	spesimen c	2,772	0,354%	0,78
Rata-rata		2,654	0,355%	0,74
3%	Spesimen a	4,086	0,507%	0,81
	Spesimen b	4,072	0,495%	0,82
	Spesimen c	4,032	0,483%	0,83
Rata-rata		4,063	0,495%	0,82



Gambar 4. Grafik Hasil Perhitungan Uji Tarik Bioplastik

Dapat dilihat pada Gambar 4 bahwa nilai modulus elastisitas meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah tetes larutan pada spesimen. Rata-rata modulus elastisitas untuk 1%, 2%, dan 3% masing-masing adalah 0,32 GPa, 0,74 GPa, dan 0,82 GPa. Peningkatan ini mengindikasikan bahwa jumlah gliserin yang lebih banyak menyebabkan spesimen menjadi lebih kaku (rigid), yang artinya lebih tahan terhadap deformasi elastis.

Pernyataan ini mengindikasikan bahwa gliserin dan atom karbon memiliki kesesuaian struktur kisi yang sangat baik, sehingga terbentuk ikatan yang kuat antara kedua jenis atom tersebut (Hilda Rahmawati),2020. Studi ini menunjukkan bahwa keberadaan karbon dan gliserin sangat berperan dalam peningkatan sifat mekanik serta mempercepat proses degradasi.

Perbedaan nilai regangan juga menunjukkan bahwa kemampuan spesimen untuk mengalami deformasi elastis juga berubah. Spesimen dengan 1% menunjukkan regangan yang lebih besar dibandingkan dengan 2% dan 3%. Ini menunjukkan bahwa meskipun spesimen menjadi lebih kuat dengan lebih banyak gliserin, fleksibilitasnya berkurang. Secara keseluruhan, hasil ini mendukung hipotesis bahwa peningkatan jumlah larutan berpengaruh terhadap sifat mekanik bahan, terutama dalam meningkatkan kekakuan dan tegangan maksimum yang dapat ditahan bahan sebelum mengalami deformasi. Hal ini selaras dengan (Patrick Ehi Imoisili),2023. Kekuatan tarik menunjukkan peningkatan seiring dengan bertambahnya jumlah gliserin. Hal ini disebabkan karena gliserin (sebagai plastisizer) dapat larut ke dalam rantai polimer dan mempermudah pergerakan molekul polimer.

4.3. Analisis Masa Jenis dan Kekuatan Tarik

Analisis ini dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh variasi jumlah *gliserin* terhadap nilai massa jenis dan sifat mekanik bioplastik yang meliputi tegangan tarik maksimum, regangan, dan modulus elastisitas.

Tabel 6. Hasil Analisis Perbandingan

Jumlah Tetes	Massa Jenis (gr/cm ³)	Modulus Elastisitas (GPa)
1%	2.1	0,32
2%	2.38	0,74
3%	2.43	0,82

Hasil pengujian terhadap sampel bioplastik dengan variasi penambahan gliserin sebanyak 1%, 2%, dan 3%, diperoleh bahwa terdapat peningkatan signifikan pada massa jenis, dan modulus elastisitas seiring bertambahnya jumlah tetesan gliserin. Massa jenis meningkat dari 2,1 gr/cm³ (1%) menjadi 2,43 gr/cm³ (3%). Demikian pula dengan modulus elastisitas yang meningkat dari 0,32 GPa menjadi 0,82 GPa. Nilai regangan mengalami fluktuasi, yaitu menurun pada 2% (0,355%) dibandingkan 1% (0,387%), namun kembali meningkat secara signifikan pada 3% (0,503%). Hal ini menunjukkan bahwa gliserin mempengaruhi fleksibilitas material dan terdapat titik optimal dalam jumlah penambahannya.

Secara keseluruhan, peningkatan jumlah gliserin berkontribusi terhadap peningkatan kekuatan dan kekakuan material bioplastik. Gliserin juga memberikan pengaruh terhadap fleksibilitas, meskipun dengan pola yang tidak linear. Dengan demikian, gliserin dapat dikatakan berperan sebagai agen plastisizer yang efektif dalam memodifikasi karakteristik bioplastik agar sesuai dengan kebutuhan fungsional tertentu.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pengaruh penambahan gliserin terhadap kekuatan tarik dan densitas bioplastik dari sari pati kentang, maka dapat disimpulkan bahwa penambahan gliserin menunjukkan tren peningkatan massa jenis bioplastik. Rata-rata densitas meningkat dari 2,084 gr/cm³ pada penambahan 1%, menjadi 2,352 gr/cm³ pada 2%, dan 2,406 gr/cm³ pada 3% gliserin. Hal ini mengindikasikan bahwa semakin banyak gliserin ditambahkan, struktur molekul bioplastik menjadi lebih kompak. Tegangan tarik dan modulus elastisitas juga mengalami peningkatan signifikan. Tegangan meningkat dari 1,242 MPa (1%) menjadi 4,063 MPa (3%) dan modulus elastisitas dari 0,32 GPa menjadi 0,82 GPa. Peningkatan ini menunjukkan bahwa gliserin memperkuat ikatan antar molekul dalam struktur bioplastik, sehingga meningkatkan kekakuan dan ketahanan terhadap deformasi elastis. Berdasarkan hasil penelitian ini, gliserin terbukti efektif sebagai agen plasticizer. Selain meningkatkan densitas dan kekuatan mekanik, gliserin juga

memberikan pengaruh terhadap fleksibilitas material, menjadikannya lebih sesuai untuk aplikasi tertentu yang membutuhkan kombinasi kekuatan dan kelenturan.

Bidang penelitian yang diminati adalah topik- topik yang berkaitan dengan Rekayasa Manufaktur

Daftar Pustaka

- [1] Anita, Z., F. Akbar, H. Harahap,. 2013. **Pengaruh penambahan gliserol terhadap sifat mekanik film plastik biodegradasi dari pati kulit singkong.** Jurnal Teknik Kimia USU 2(2): 37-41.
- [2] Bagus, I., Pramana, S., Ngurah, I. G., Santhiarsa, N., Putri, C. I., Studi, P., Mesin, T., Udayana, U., Bukit, K., & Bali, J. (2021). **Karakterisasi Bioplastik dengan Variasi Fraksi Berat Pati Tapioka dan Pati Maizena Terhadap Kekuatan Tarik dan Bending.** 10(1), 2–5.
- [3] Coniwanti, P., Laila, L., & Alfira, M. R. (2014). **Pembuatan Film Plastik Biodegradabel Dari Pati Jagung Dengan Penambahan Kitosan Dan Pemplastis Gliserol.** *Jurnal Teknik Kimia*, 20(4), 22–30.
- [4] Darni, Y., dan H. Utami. 2010. **Studi pembuatan dan karakteristik sifat mekanik dan hidrofobisitas bioplastik dari pati sorgum.** Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan 7(4): 88-93.
- [5] Gironi, F and V. Piemonte. 2011. **Bioplastik and Petroleum-based Plastics: Strengths and Weaknesses.** Energy Source, Part A 33: 1949-1959.
- [6] Kruiskamp, P. H., Smits, A. L. M., van Soest, J. J. G., Feil, H., & Vliegenthart, J.F.G. (2001). **The influence of plasticizer on molecular organization in dry amylopectine measured by DSC and solid state NMR spectroscopy.** J. of Ind. Microb. and Biotech, 26, 90-93.
- [7] Mahalik, N.P., and A.N. Nambiar. 2010. **Trends in food packaging and manufacturing systems and technology.** Trends in food science & technology. 21: 117-128.



M. Nur Fauzi Menyelesaikan
Studi Program Sarjana
Teknik Mesin Udayana