

VARIASI PENAMBAHAN GLISEROL PADA PEMBUATAN BIOPLASTIK LIMBAH CAIR TAHU

(Variation of Glycerol Addition in the Manufacture of Bioplastics from Tofu Liquid Waste)

Deivy Andhika Permata, Yoni Mellia Putri, Sahadi Didi Ismanto

Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Andalas

Email: deivyandhikapermata@ae.unand.ac.id

ABSTRAK

Bioplastik merupakan kemasan yang dapat diuraikan oleh lingkungan secara alamiah. Limbah cair tahu yang memiliki kandungan bahan organik seperti protein yang tinggi dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku bioplastik. Penggunaan limbah cair tahu sebagai bahan pembentuk bioplastik belum menghasilkan bioplastik dengan karakteristik yang baik. Oleh karena itu, pada produksi bioplastik diperlukan bahan penyusun lainnya, diantaranya gliserol sebagai *plasticizer*. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh variasi penambahan gliserol terhadap karakteristik bioplastik yang dihasilkan. Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap dengan 5 perlakuan dan 3 kali ulangan. Jika terdapat perberbedaan yang nyata, maka dilanjutkan dengan *Duncan's New Multiple Range Test* pada taraf nyata 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi penambahan gliserol berpengaruh nyata terhadap nilai kuat tarik, elongasi, elastisitas, daya serap air, dan biodegradasi bioplastik yang dihasilkan. Penambahan gliserol 7% merupakan perlakuan terbaik dengan rata-rata nilai ketebalan 0,175 mm, kuat tarik 12,2 MPa, elongasi 15,93%, elastisitas 0,76 MPa, daya serap air 52,54%, dan biodegradasi 8,26%/hari.

Kata kunci-Bioplastik; Gliserol; Protein; Whey

ABSTRACT

Bioplastics are packaging that can be degraded naturally by the environment. Tofu liquid waste, which has a high content of organic materials such as protein, can be used as raw material for bioplastics. The use of tofu liquid waste as a material for forming bioplastics has yet to produce bioplastics with good characteristics. Therefore, the production of bioplastics requires other constituent materials, including glycerol, as a plasticizer. This research examines the effect of variations in the addition of glycerol on the characteristics of the bioplastic produced. This study used a completely randomized plan with five treatments and three replications. If there is a fundamental difference, continue with *Duncan's New Multiple Range Test* at a significance level of 5%. The research results show that variations in the addition of glycerol significantly affect the values of tensile strength, elongation, modulus young, water absorption, and biodegradation of the bioplastics produced. The addition of 7% glycerol was the best treatment, with an average thickness value of 0.175 mm, tensile strength of 12.2 MPa, elongation of 15.93%, modulus young of 0.76 MPa, water absorption of 52.54%, and biodegradation of 8.26% / day.

Keywords-Bioplastics; Glycerol; Protein; Whey

PENDAHULUAN

Plastik merupakan salah satu bahan kemasan yang banyak digunakan dalam dunia industri. Hal ini dikarenakan plastik memiliki kelebihan dibandingkan dengan bahan yang lainnya. Plastik memiliki sifat yang fleksibel (mengikuti bentuk produk), transparan, tidak mudah pecah, dapat dikombinasikan dengan kemasan lain, dan tidak korosif (Coniwanti et al., 2014). Namun demikian, plastik memiliki dampak negatif terhadap lingkungan karena tidak dapat terurai dengan cepat atau tidak dapat dihancurkan secara alami (*non-biodegradable*). Disamping itu keberadaan plastik di tanah dapat menurunkan kesuburan tanah. Salah satu alternatif untuk mengatasi masalah yang ditimbulkan dari plastik sintetik atau konvensional ini adalah dengan menggunakan bioplastik.

Bahan pembuatan bioplastik dapat berasal dari biomassa seperti protein. Salah satu sumber protein yang dapat digunakan adalah protein yang berasal dari limbah agroindustri seperti limbah cair

tahu. Limbah cair tahu dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan bioplastik karena masih mengandung protein sebesar 40%-60%, karbohidrat sebesar 25%-50%, lemak berkisar 8%-12%, dan sisanya berupa kalsium, besi, fosfor dan vitamin (Haerun et al., 2018). Limbah cair tahu dihasilkan dari proses perebusan kedelai, penyaringan, dan pencetakan tahu. Pada umumnya pengusaha tahu skala rumah tangga membuang limbah cairnya langsung ke badan air tanpa diolah terlebih dahulu, sehingga seringkali menimbulkan masalah bagi lingkungan. Diharapkan penggunaan limbah cair tahu sebagai bahan baku pada pembuatan bioplastik tidak hanya dapat mengatasi masalah pencemaran lingkungan akibat limbah cair, namun juga dapat mengatasi penggunaan plastik konvensional.

Karakteristik bioplastik yang baik adalah elastis, transparan dan tidak mudah rapuh, sedangkan bioplastik yang hanya berbahan dasar limbah cair tahu (*whey* protein) saja tidak menghasilkan bioplastik dengan karakteristik yang baik (Zuwanna et al., 2017). Oleh karena itu, diperlukan bahan penyusun lain, yaitu *plasticizer*. *Plasticizer* (pemlastis) berfungsi untuk meningkatkan fleksibilitas dan elastisitas plastik (Suryani, 2021). Pemlastis polimer yang biasa digunakan adalah pemlastis dari golongan kelompok poliol seperti gliserol, sorbitol dan xilitol.

Pada penelitian ini pemlastis yang digunakan adalah gliserol. Penambahan gliserol akan meningkatkan elastisitas polimer yang dihasilkan dibandingkan dengan *plasticizer* yang lainnya. Gliserol memiliki sifat tidak dapat larut dalam minyak akan tetapi larut sempurna pada air dan alkohol. Penambahan gliserol dimaksudkan agar mengatasi sifat kaku pada bioplastik serta meningkatkan fleksibilitas. Selain itu gliserol memiliki kelebihan sebagai *plasticizer* yaitu dapat memberikan fleksibilitas pada struktur bioplastik yang dibentuk. Gliserol merupakan senyawa yang banyak ditemukan di alam dan harganya yang relatif lebih murah. Gliserol juga bersifat ramah lingkungan karena senyawa ini dapat dengan mudah terdegradasi oleh mikroorganisme. Disamping itu semakin banyak gliserol yang ditambahkan maka elongasi bioplastik semakin meningkat (Morina et al., 2023), namun tidak dapat meningkatkan karakteristik ketahanan air dan laju transmisi uap (Hamzah et al., 2021), serta kuat tarik (Haryati et al., 2017). Oleh karena itu perlu dilakukan suatu penelitian yang mengkaji pengaruh variasi penambahan gliserol terhadap karakteristik bioplastik yang dihasilkan.

METODOLOGI PENELITIAN

A. Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini, yaitu limbah cair tahu (*whey*), gliserol, *carboxymethyl cellulosa* (CMC) dan akuades. Peralatan yang digunakan pada penelitian ini, yaitu alat gelas, timbangan analitik, *hot plate*, termometer, cetakan kaca ukuran 15 x 15 x 0,5 cm, *food dehydrator*, wadah penyimpanan, mikrometer sekrup, dan alat *Universal Testing Machine* (UTM).

B. Rancangan Penelitian

Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan 5 perlakuan dan 3 kali ulangan. Variasi penambahan gliserol yang digunakan, yaitu 3%, 4%, 5%, 6% dan 7%. Data yang diperoleh dianalisis secara statistik menggunakan analisis sidik ragam. Kemudian jika berbeda nyata dilanjutkan dengan *Duncan's New Multiple Range Test* (DNMRT) pada taraf nyata 5 %.

C. Prosedur Penelitian

Sebanyak 20 ml limbah cair tahu (*whey*) dilarutkan dengan akuades sampai 100 ml. Larutan pembentuk bioplastik tersebut dipanaskan pada suhu 85°C selama 30 menit menggunakan *hot plate* dan diaduk dengan *magnetic stirrer*. Selanjutnya ditambahkan hidrokoloid berupa *Carboxy Methyl Cellulosa* (CMC) sebanyak 3 gram dan *plasticizer* berupa gliserol dengan variasi penambahan 3, 4, 5, 6 dan 7% (b/v). Larutan bioplastik yang telah dipanaskan, selanjutnya didiamkan selama 10 menit dan diaduk terus menerus, proses ini bertujuan untuk menghilangkan gelembung gas yang terbentuk selama pencampuran. Selanjutnya dilakukan pencetakan dengan menuangkan larutan ke dalam cetakan kaca ukuran 15 x 15 x 0,5 cm. Cetakan kaca yang berisi larutan bioplastik selanjutnya dikeringkan dengan *food dehydrator* pada suhu 55°C selama 12 jam. Bioplastik yang telah kering didinginkan pada ruang terbuka hingga mencapai suhu ruang, lalu dilepas dari cetakan kaca dengan hati-hati.

D. Pengamatan

1. Ketebalan Bioplastik

Bioplastik yang telah dihasilkan diukur ketebalannya dengan menggunakan mikrometer sekrup dengan ketelitian 0.01 mm pada lima titik yang berbeda di setiap bagian bioplastik. Nilai ketebalan diukur berdasarkan nilai rata-rata lima pengukuran ketebalan bioplastik tersebut.

2. Kekuatan Tarik (*Tensile strength*)

Pengukuran kekuatan tarik ditentukan berdasarkan beban maksimum saat bioplastik putus. Sampel yang berbentuk lembaran dipotong dengan ukuran panjang 100 mm dan lebar 15 mm. Pengujian dilakukan menggunakan alat UTM. Nilai kuat tarik dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\sigma = \frac{F_{\text{maks}}}{A} \quad (1)$$

keterangan:

σ = Kuat tarik (N/mm²)

F_{maks} = Gaya tarik maksimum (N)

A = Luas Penampang sebelum ditarik (mm²)

3. Persen Perpanjangan Putus (*Elongation*)

Elongasi didasarkan atas pemanjangan bioplastik saat bioplastik putus. Bioplastik dibentuk dengan ukuran 100 mm dan lebar 15 mm. Pengujian ini dilakukan menggunakan alat UTM. Persen perpanjangan putus dihitung dengan persamaan:

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

keterangan:

$\% \epsilon$ = Elongasi (%)

ΔL = Pertambahan panjang (mm)

L_0 = Panjang awal sampel (mm)

4. Elastisitas (*Modulus Young*)

Elastisitas diperoleh dari perbandingan antara nilai kuat tarik terhadap persen perpanjangan saat putus. Elastisitas dihitung dengan persamaan:

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

keterangan:

E = Elastisitas (N/mm²)

σ = Kuat Tarik (N/mm²)

e = Elongasi (%)

5. Daya Serap Air

Wadah diisi dengan akuades hingga penuh. Kemudian sampel dimasukkan ke dalam wadah dan dibiarkan selama 30 menit. Setelah 30 menit sampel ditimbang dan dihitung daya serap airnya menggunakan perhitungan:

$$\text{Daya serap air (\%)} = \frac{W_2 - W_1}{W_1} \times 100\% \quad (4)$$

keterangan:

W_1 = berat bioplastik awal (g)

W_2 = berat bioplastik akhir (g)

6. Uji Biodegradasi

Pengujian biodegradable dilakukan dengan menimbang bioplastik sebelum dan sesudah penguburan dalam tanah untuk diketahui berat susut bioplastik. Uji degradasi dilakukan dengan mengambil tanah dari tempat yang sama lalu masing-masing sampel diletakkan dalam wadah. Lalu bioplastik dengan ukuran 3 cm x 3 cm dari masing-masing perlakuan dimasukkan ke dalam wadah yang

berisi tanah tersebut. Pengamatan dilakukan setiap 3 hari sekali selama 2 minggu, dengan cara sampel diangkat dari tanah, kemudian dibersihkan dan ditimbang berat plastik yang tersisa. Menggunakan persamaan berikut dapat dihitung kehilangan masa selama uji degradasi:

$$\text{Kehilangan massa (\%)} = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100\% \quad (5)$$

keterangan:

m1 = massa bioplastik sebelum degradasi (g)

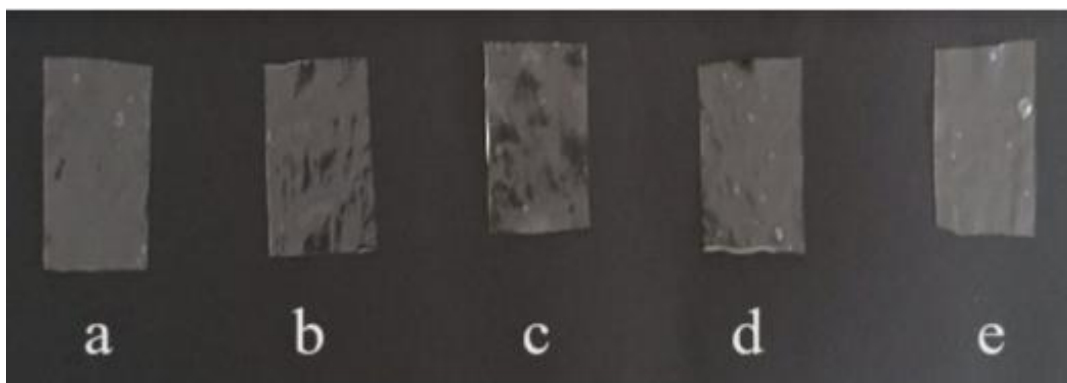
m2 = massa bioplastik sesudah degradasi (g)

Biodegradabilitas suatu bahan dapat diketahui dengan menguji persentase berat yang diperoleh selama periode waktu tertentu. Biodegradabilitas ditentukan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Biodegradabilitas} = \frac{\text{Kehilangan berat}}{\text{waktu}} \quad (6)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bioplastik dihasilkan dari limbah cair tahu yang masih mengandung protein sebesar 18%. Bioplastik limbah cair tahu dapat dilihat pada Gambar 1. Bioplastik yang dihasilkan berwarna transparan dengan karakteristik fisik, mekanik dan biodegradasi seperti yang terdapat pada Tabel 1-3.



Gambar 1. Bioplastik Limbah Cair Tahu dengan Variasi Penambahan Gliserol (a. Gliserol 3%, b. Gliserol 4%, c. Gliserol 5%, d. Gliserol 6%, dan e. Gliserol 7%)

A. Karakteristik Fisik Bioplastik Limbah Cair Tahu

Karakteristik fisik bioplastik meliputi ketebalan dan daya serap air. Pengamatan ketebalan dan nilai daya serap air bioplastik limbah cair tahu dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik Fisik Bioplastik Limbah Cair Tahu

Perlakuan	Ketebalan (mm)	Daya Serap Air (%)
A Gliserol 3%)	0,124±0,00	32,12±1,54 ^a
B (Gliserol 4%)	0,132±0,00	43,27±1,08 ^b
C (Gliserol 5%)	0,144±0,00	47,37±0,87 ^c
D (Gliserol 6%)	0,158±0,00	49,96±0,86 ^d
E (Gliserol 7%)	0,175±0,01	52,54±0,41 ^e

Keterangan: Angka yang diikuti *superscript* yang tidak sama berbeda nyata dengan DNMRT pada taraf α 5%

Ketebalan merupakan parameter penting yang mempengaruhi penggunaan dan fungsi bioplastik pada produk yang akan dikemasnya. Semakin tebal *film* plastiknya, maka semakin baik plastik tersebut dapat melindungi produk yang dikemasnya. Pengujian ketebalan bioplastik diukur dengan menggunakan *micrometer secrup* dengan ketelitian 0,01 mm dimana nilai ketebalan diperoleh dari nilai rata - rata hasil pengukuran pada lima titik yang berbeda. Hasil uji ketebalan bioplastik yang didapatkan berkisar antara 0,124-0,175 mm (Tabel 1). Analisis sidik ragam menunjukkan bahwa variasi

penambahan gliserol berbeda tidak nyata terhadap ketebalan bioplastik. Nilai ketebalan bioplastik yang dihasilkan meningkat seiring dengan bertambahnya konsentrasi gliserol yang ditambahkan. Hal ini disebabkan karena dengan penambahan konsentrasi gliserol lebih tinggi maka total padatan dalam larutan semakin meningkat. Hal ini sejalan dengan yang dikemukakan oleh Ningsih, (2015); Suryani, (2021), bahwa ketebalan bioplastik semakin meningkat dengan semakin bertambahnya gliserol dan semakin meningkatkan total padatan dalam suatu larutan. Berdasarkan *Japanese Industrial Standart* (1975), kriteria ketebalan bioplastik yaitu <0.25 mm dan bioplastik yang dihasilkan telah memenuhi persyaratan.

Uji daya serap air bioplastik dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kemampuan bioplastik tersebut menyerap air. Hasil daya serap air yang baik ditunjukkan dengan kemampuan menyerap air lebih sedikit yang ditandai dengan persentase air yang diserap diperoleh lebih rendah. Analisis daya serap air bioplastik dapat ditentukan dengan menggunakan *swelling test*. Hasil uji daya serap air bioplastik diperoleh nilai berkisar antara 32,12-52,54% (Tabel 1). Analisis sidik ragam menunjukkan bahwa variasi penambahan gliserol memberikan pengaruh berbeda nyata terhadap daya serap air bioplastik. Nilai daya serap air yang dihasilkan meningkat seiring dengan bertambahnya gliserol. Semakin banyak gliserol yang ditambahkan, maka daya serap air dari bioplastik semakin tinggi. Menurut Anggarini et al., (2013), bahwa sifat daya serap suatu molekul berhubungan dengan sifat molekul penyusunnya. Penambahan gliserol meningkatkan daya serap bioplastik karena sifat hidrofilik dari gliserol. Semakin tinggi daya serap air bioplastik maka semakin buruk kualitas dari bioplastik tersebut, karena hal ini berkaitan dengan ketahanan bioplastik saat penyimpanan. Bioplastik sebagai pengemas produk sebaiknya memiliki daya larut rendah dan bersifat hidrofobik agar produk tidak mudah rusak dan tahan terhadap kerusakan oleh kelembaban dan uap air. Daya serap air bioplastik pada hasil penelitian ini lebih tinggi dibandingkan penelitian yang telah dilakukan oleh Novela et al., (2018) dengan bahan baku limbah cair tahu dan serat daun nanas dengan daya serap air sebesar 12.903 % dan lebih rendah dibandingkan dengan pemanfaatan protein ampas tahu dengan penambahan gliserol 30% - 50% sebesar 49,7% - 196% (Suryani, 2021).

B. Karakteristik Mekanik Bioplastik Limbah Cair Tahu

Karakteristik mekanik bioplastik meliputi kuat tarik, elongasi dan elastisitas. Nilai kuat tarik, elongasi dan elastisitas bioplastik limbah cair tahu dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Karakteristik Bioplastik Limbah Cair Tahu

Perlakuan	Kuat Tarik (MPa)	Elongasi (%)	Elastisitas (MPa)
A (Gliserol 3%)	68,45±0,80 ^e	10,84±0,07 ^a	6,31±0,12 ^e
B (Gliserol 4%)	52,81±0,79 ^d	11,76±0,48 ^b	4,49±0,14 ^d
C (Gliserol 5%)	37,20±0,60 ^c	13,08±0,30 ^c	2,84±0,25 ^c
D (Gliserol 6%)	24,68±0,12 ^b	14,33±0,14 ^d	1,72±0,00 ^b
E (Gliserol 7%)	12,20±0,08 ^a	15,93±0,11 ^e	0,76±0,01 ^a

Keterangan: Angka yang diikuti *superscript* yang tidak sama berbeda nyata dengan DNMRT pada taraf α 5%

Pengujian kuat tarik dilakukan untuk menentukan tarikan maksimum yang dapat dicapai sampai bioplastik tetap dapat bertahan sebelum putus. Hasil uji kuat tarik bioplastik yang didapatkan berkisar 12,20-68,45 Mpa (Tabel 2). Analisis sidik ragam menunjukkan bahwa variasi penambahan gliserol memberikan pengaruh berbeda nyata terhadap bioplastik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin banyak penambahan gliserol, maka nilai kuat tarik akan mengalami penurunan, sehingga semakin rendah kemampuannya dalam menahan beban dan kerusakan mekanis. Hal ini disebabkan karena gliserol merupakan molekul hidrofilik dengan berat molekul yang rendah, mudah masuk ke dalam rantai protein dan dapat menyusun ikatan hidrogen dengan gugus reaktif protein, serta menurunkan gaya intermolekuler sepanjang rantai polimer (Ningsih, 2015). Sifat polar dari rantai gliserol dapat meningkatkan ikatan hidrogen polimer dan menggantikan ikatan polimer dalam bioplastik, dimana sifat gliserol yang mempunyai berat molekul rendah akan menurunkan gaya antarmolekul sepanjang rantai polimernya (terjadinya penurunan kekuatan tarik) yang menyebabkan peningkatan ruang molekul polimer sehingga ketika gliserol ditambahkan semakin banyak maka kekuatan tarik akan semakin menurun. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kekuatan tarik bioplastik telah memenuhi SNI 7188.7 Tahun 2016 (24.7-302 N/mm²) dan juga sudah memenuhi standar JIS (1975) (>3,92266 Mpa).

Pemanjangan atau elongasi merupakan persentase perubahan panjang bioplastik pada saat bioplastik ditarik sampai putus. Hasil uji elongasi bioplastik yang didapatkan berkisar antara 10,84-15,93% (Tabel 2). Analisis sidik ragam menunjukkan bahwa variasi penambahan gliserol memberikan pengaruh berbeda nyata terhadap elongasi bioplastik. Hasil pengujian perpanjangan atau elongasi didapatkan bahwa semakin banyak gliserol yang ditambahkan maka semakin tinggi pula nilai perpanjangan atau elongasi yang didapatkan. Hasil ini sejalan dengan penelitian (Zuwanna *et al.*, 2017) yang memiliki persen elongasi sebesar 11,16% dengan bahan baku *whey* tahu dan *plasticizer* sorbitol. Nilai elongasi berhubungan terbalik dengan nilai kuat tarik. Semakin banyak penambahan gliserol maka nilai kuat tariknya akan semakin rendah, sedangkan nilai elongasi semakin meningkat. Peningkatan perpanjangan atau elongasi terjadi karena adanya penambahan bahan aktif yang semakin besar dapat mengakibatkan peregangan ruang intermolekul bioplastik dan menurunkan jumlah ikatan hidrogen internal, sehingga mengurangi kerapuhan bioplastik dan meningkatkan persen pemanjangan. Gliserol juga dapat berinteraksi dengan protein sehingga membentuk suatu ikatan yang dapat meningkatkan kemuluran plastik. Gugus hidroksil di sepanjang rantai gliserol menyebabkan ikatan hidrogen terbentuk antara polimer polisakarida/protein dan gliserol yang akan menggantikan ikatan hidrogen antara polimer polisakarida selama pembentukan bioplastik. Poliol gliserol yang bertindak sebagai *plasticizer* akan mengurangi ikatan hidrogen internal dan meningkatkan rongga antarmolekul, meningkatkan fleksibilitas/kemuluran dan mengurangi kekakuan. Menurut *Japanese Industrial Standart* (1975), kriteria perpanjangan atau elongasi bioplastik, baik jika nilai elongasi >10% dan buruk jika nilai elongasi <10%, artinya perpanjangan atau elongasi bioplastik yang dihasilkan tergolong baik.

Modulus Young (uji elastisitas) dilakukan untuk mengetahui ukuran kekakuan bahan yang dihasilkan dan juga untuk mengetahui pengaruh penambahan gliserol terhadap kemampuan bioplastik untuk kembali ke bentuk semula setelah gaya yang diberikan pada film plastik dihentikan. *Modulus Young* diperoleh dari perbandingan antara kekuatan tarik terhadap elongasi (persen pemanjangan). Hasil uji elastisitas bioplastik yang didapatkan berkisar 0,76-6,31 Mpa (Tabel 2). Analisis sidik ragam menunjukkan bahwa variasi penambahan gliserol menunjukkan pengaruh berbeda nyata terhadap elastisitas bioplastik. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa semakin banyak gliserol yang ditambahkan maka nilai elastisitas semakin menurun. Nilai elastisitas suatu bioplastik berbanding lurus dengan kuat tarik dan berbanding terbalik dengan persentase pemanjangan saat putus (elongasi). Penurunan elastisitas disebabkan oleh titik jenuh larutan yang terlampaui sehingga dengan penambahan molekul bahan pemlastis berupa gliserol yang berlebihan akan menyebabkan gliserol berada di dalam fase tersendiri di luar fase polimer dan akan menurunkan gaya intermolekuler antar rantai dan menyebabkan gerakan rantai lebih bebas sehingga fleksibilitas mengalami peningkatan dan elastisitasnya menurun (Coniwanti *et al.*, 2014). Berdasarkan *Japanese Industrial Standart* (1975), kriteria elastisitas atau *modulus young* bioplastik yaitu Min.0,35 MPa, artinya elastisitas bioplastik yang dihasilkan telah memenuhi persyaratan.

C. Biodegradasi Bioplastik Limbah Cair Tahu

Biodegradasi adalah proses penyederhanaan sebagian atau penghancuran total struktur molekul suatu bahan oleh suatu reaksi fisiologis yang dikatalis oleh mikroorganisme. Uji biodegradasi dilakukan dengan melihat sifat *biodegradable* bioplastik yang diuji dengan cara menempatkannya di atas permukaan tanah humus sampai bioplastik tersebut terurai. Tanah humus memiliki kandungan air yang cukup dan dapat dijadikan tempat berkembang biaknya sebagian besar bakteri dan mikroba, sehingga dapat membuat plastik lebih mudah terurai. Pengujian biodegradasi dilakukan dengan menimbang bioplastik sebelum dan sesudah pengujian untuk mengetahui berat susut bioplastik (Zuwanna *et al.*, 2017). Hasil uji biodegradasi bioplastik yang diperoleh berkisar antara 5,65-8,26% (Tabel 3).

Tabel 3. Biodegradasi Bioplastik Limbah Cair Tahu

Perlakuan	Biodegradasi (%)
A Gliserol 3%)	5,65±0,26 ^a
B (Gliserol 4%)	5,85±0,14 ^{ab}
C (Gliserol 5%)	7,18±0,05 ^c
D (Gliserol 6%)	7,80±0,20 ^d
E (Gliserol 7%)	8,26±0,11 ^e

Keterangan: Angka yang diikuti *superscript* yang tidak sama berbeda nyata dengan DNMR pada taraf α 5%

Analisis sidik ragam menunjukkan bahwa penambahan gliserol memberikan pengaruh berbeda nyata terhadap laju degradasi bioplastik. Semakin tinggi penambahan gliserol, maka semakin cepat dan mudah bioplastik tersebut terurai. Hal ini dikarenakan *plasticizer* gliserol mengandung gugus hidroksil (OH) dan gugus karbonil (CO) yang memiliki sifat hidrofilik sehingga molekul airnya dapat menarik mikroorganisme di lingkungan untuk menembus matriks bioplastik (Utami et al., 2014). Gugus hidroksil O-H yang dimiliki oleh gliserol juga menyebabkan reaksi hidrolisis dengan kandungan air pada tanah, sehingga bioplastik mudah rusak ketika plastik tersebut bersentuhan dengan permukaan tanah. Polimer akan terdegradasi karena proses kerusakan atau penurunan mutu yang diakibatkan oleh putusnya ikatan rantai pada polimer (Anita et al., 2013). Nilai rata - rata waktu degradasi sempurna dari bioplastik yang dihasilkan, yaitu 12 – 18 hari. Jika dibandingkan dengan standar ASTM D-6002 (membutuhkan waktu 60 hari untuk terurai secara keseluruhan) nilai ini telah memenuhi persyaratan.

KESIMPULAN

Penambahan gliserol memberikan pengaruh berbeda nyata terhadap nilai daya serap air, kuat tarik, elongasi, elastisitas dan biodegradabilitas bioplastik, tetapi menunjukkan pengaruh berbeda tidak nyata terhadap nilai ketebalan bioplastik. Semakin banyak gliserol yang ditambahkan maka nilai ketebalan, daya serap air, elongasi dan biodegradabilitas akan meningkat sedangkan nilai kuat tarik dan elastisitas akan menurun. Penambahan gliserol yang terbaik pada penelitian ini yaitu terdapat pada penambahan gliserol 7% (b/v) dengan rata-rata ketebalan 0,175 mm, kuat tarik 12,2 Mpa, elongasi 15,93%, elastisitas 0,76 Mpa, daya serap air 52,54%, dan biodegradasi 8,26%/hari.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggarini, F., Latifah, & Miswadi, S. S. (2013). Aplikasi Plasticizer Gliserol pada Pembuatan Plastik Biodegradable dari Biji Nangka. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 2(3), 173–178. <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ijcs>
- Anita, Z., Akbar, F., & Harahap, H. (2013). Pengaruh Penambahan Gliserol terhadap Sifat Mekanik Film Plastik Biodegradasi dari Pati Kulit Singkong. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 2(2), 37–41.
- Coniwanti, P., Laila, L., & Alfira, R. (2014). Production of biodegradable plastic film from corn starch with the addition of chitosan and glycerol plastic. *Jurnal Teknik Kimia*, 20(4).
- Haerun, R., Mallongi, A., & Fajaruddin Natsir, M. (2018). Efficiency Toward Liquid Waste of Tofu Industry using biofilter upflow system with Additional Effective Microorganism 4. *Jurnal Nasional Ilmu Kesehatan (JNIK) LP2M Unhas*, 1(2), 1–11.
- Hamzah, F. H., Sitompul, F. F., Ayu, D. F., & Pramana, A. (2021). Effect of the Glycerol Addition on the Physical Characteristics of Biodegradable Plastic Made from Oil Palm Empty Fruit Bunch. *Industria: Jurnal Teknologi Dan Manajemen Agroindustri*, 10(3), 239–248. <https://doi.org/10.21776/ub.industria.2021.010.03.5>
- Haryati, S., Rini, A. S., & Safitri, Y. (2017). Utilization of durian seeds as raw material for biodegradable plastic with glycerol plasticizer and CaCO₃ filler. *Jurnal Teknik Kimia*, 1(23).
- Morina, S., Sulhatun, S., Meriatna, M., Muarif, A., & Zulnazri, Z. (2023). Sintesis Bioplastik dari Pati Biji Durian (*Durio Zibethinus Murr*) dengan Penambahan Plasticizer Gliserol. *Chemical Engineering Journal Storage (CEJS)*, 3(6), 820. <https://doi.org/10.29103/cejs.v3i6.11934>
- Ningsih, S. H. (2015). *The Effect of plasticizer glycerol of characteristic edible film mixed whey and agar*. Hasanuddin University.
- Novela, I., Amri, I., & HS, I. (2018). Karakteristik Bioplastik dari Komposit Limbah Cair Tahu (Whey) dan Serat Daun Nanas (*Ananas Comosus*) dengan Hidrokoloid Carboxymethyl Cellulose (CMC). *Jom FTEKNIK*, 5(2), 1–8.
- Suryani, R. R. (2021). *Utilization of tofu pulp protein as a basic material for making bioplastic*. UIN Sunan Ampel.
- Utami, M. R., Latifah, & Widiarti, N. (2014). Sintesis Plastik Biodegradable dari Kulit Pisang dengan Penambahan Kitosan dan Plasticizer Gliserol. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 3(2), 163–167. <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ijcs>

Zuwanna, I., Fitriani, & Meilina, H. (2017). Pengemas Makanan Ramah Lingkungan, Berbasis Limbah Cair Tahu (Whey) Sebagai Edible Film. *Prosiding Seminar Nasional Pascasarjana (SNP) Unsyiah 2017*, A77–A87.