

RESEARCH ARTICLE

Metic: Biodegradable Plastic from Melinjo Starch and Waste Cooking Oil (WCO) as an Alternative Food Packaging

(Metic: Plastik Biodegradable dari Pati Biji Melinjo dan Limbah Minyak Jelantah sebagai Alternatif Kemasan Makanan)

Tiara Rahmawati^{*}, Fikri Iqlillah Gunawan, Syifa Raisatul Azkia, Ida Kinasih
Jurusan Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Gunung Djati Bandung, Indonesia

ABSTRACT

The use of plastic in food packaging and the high amount of plastic waste generated worldwide, including Indonesia, are serious threats to the environment. In addition, synthetic plastics in food packaging can also harm human health. Bioplastic products from natural ingredients and waste materials are developed as an alternative to reduce these risks. The purpose of this study was to determine the effect of the addition of starch concentration from melinjo seeds (*Gnetum gnemon* L.) with a combination of glycerol from waste cooking oil and chitosan substances from waste fish scales on the physical properties and biodegradability of bioplastics. To make bioplastic samples, the variation of melinjo seed starch concentration used in this study was 5, 10, and 15 grams with additional ingredients of 1 ml of glycerol and 1 gram of chitosan for each sample. Bioplastics were made at 32°C for 72 hours. Bioplastic properties were tested by conducting several tests such as swelling percentage, water and temperature resistance tests, tensile strength tests, elongation tests, and biodegradation tests. Based on this study, plastic with a composition of 5 grams of starch, 1 ml of glycerol, and 1 gram of chitosan produces the best physical characteristics of bioplastics and good reasonable biodegradation rates. Further research is recommended by increasing the concentration of starch, glycerol, and chitosan to produce better-quality bioplastics to be used as an alternative to commercial plastics.

Penggunaan plastik sebagai kemasan makanan dan tingginya timbulan sampah plastik yang dihasilkan di dunia, termasuk Indonesia, menjadi ancaman serius bagi lingkungan. Selain berbahaya bagi ekosistem, plastik sintetis yang digunakan sebagai kemasan makanan juga dapat berbahaya bagi kesehatan manusia. Untuk mengurangi resiko tersebut, dikembangkan produk bioplastik dari bahan-bahan alami sebagai alternatif. Tujuan dari penelitian ini mengetahui pengaruh penambahan konsentrasi pati dari biji melinjo (*Gnetum gnemon* L.) dengan kombinasi gliserol dari limbah minyak jelantah dan zat kitosan dari limbah sisik ikan terhadap sifat fisik dan daya biodegradasi bioplastik. Variasi konsentrasi pati biji melinjo yang digunakan dalam penelitian ini yakni seberat 5, 10, dan 15 gram dengan bahan tambahan 1 ml gliserol dan 1 gram kitosan. Bioplastik dibuat pada suhu 32°C selama 72 jam. Karakteristik bioplastik diuji melalui beberapa tes seperti uji daya serap air, uji ketahanan air dan suhu, uji kuat tarik, uji elongasi, dan uji biodegradasi. Berdasarkan penelitian ini, bioplastik dengan komposisi 5 gram pati, 1 ml gliserol, dan 1 gram kitosan menghasilkan karakteristik fisik bioplastik dan tingkat biodegradasi paling baik. Penelitian lanjutan disarankan dengan penambahan konsentrasi pati, gliserol, dan kitosan sehingga dihasilkan kualitas bioplastik yang lebih baik untuk digunakan sebagai alternatif plastik komersil.

Keywords: Melinjo seed starch, Waste utilization, Metic, Bioplastic, Food packaging.

^{*}Corresponding author:
Tiara Rahmawati
E-mail: trahma458@gmail.com

PENDAHULUAN

Tingginya jumlah sampah plastik akibat peningkatan jumlah penggunaan dan produksi plastik menjadi permasalahan serius bagi ekosistem global yang perlu dikendalikan. Menurut data *UN Environment Programme* tahun 2018, penggunaan kantong plastik di dunia mencapai 5 triliun per tahun [1]. Sekitar 36% plastik secara umum digunakan sebagai kemasan, termasuk produk plastik sekali pakai

untuk kemasan makanan dan minuman dan kantong pengemas produk [2]. Di Indonesia, sampah plastik yang dihasilkan tahun 2023 akibat penggunaan secara kontinuitas tanpa pengolahan berdasarkan data Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) berjumlah 4.419.130,23 ton sampah atau 18,26% dari total 23.733.245,04 ton sampah nasional. Dari sampah plastik yang dihasilkan hingga saat ini, sebanyak 3,2 juta ton diantaranya dibuang ke laut [3].

Plastik memiliki karakteristik yang unik seperti ringan, kuat, tahan lama, murah, dan penggunaannya yang praktis sehingga digunakan secara global dalam berbagai sektor, salah satunya adalah sebagai kemasan makanan [4][5]. Pengembangan kemasan makanan berbahan dasar non-plastik seperti kertas, misalnya *paper box*, tidak digunakan secara masif terutama bahan kertas biasa karena beberapa pertimbangan seperti harga dan daya tahan serta kekuatannya yang kurang baik. Guna meningkatkan fungsi dan sifat protektifnya (terutama untuk penggunaan kemasan pangan primer), kertas biasa selalu dilapisi atau dilaminasi dengan beberapa bahan seperti lilin, resin, atau pernis [6]. Salah satu bentuk kemasan makanan kertas yang dilapisi plastik berbahan gelatin yang banyak digunakan di Indonesia adalah kertas nasi atau kertas minyak (*food paper wrap*).

Penggunaan plastik sebagai pembungkus makanan maupun sebagai lapisan kemasan makanan menyebabkan sampah kemasan makanan yang dibuang tidak dapat didegradasi oleh lingkungan karena mengandung bahan polimer sintesis [7]. Lapisan plastik pada kemasan makanan tidak hanya berbahaya bagi ekosistem, namun juga pada tubuh manusia karena mengandung Bisphenol A (BPA) dan Petalite [8]. Zat BPA yang masuk ke dalam sistem tubuh manusia melalui makanan yang dikonsumsi, terutama makanan bersuhu tinggi, dapat mengakibatkan perkembangan abnormal pada endometrium hingga meningkatkan risiko kanker payudara [9]. Untuk mengurangi dampak negatif dari plastik berbahan sintesis, dikembangkan produk alternatif yakni plastik ramah lingkungan dan minim zat toksik yang dikenal sebagai bioplastik.

Bioplastik dapat disintesis dari bahan dasar alami yang mudah terurai dan aman untuk menjadi kemasan pangan seperti pati sebagai bahan utama, dengan campuran selulosa, gelatin, atau kitosan sebagai bahan untuk membuat elastis, dan bahan biopolimer lainnya [10], [11]. Bioplastik ini mudah terdegradasi oleh mikroorganisme menjadi H_2O , CO_2 , CH_4 , serta bahan organik lainnya [12]. Pati dapat dengan mudah ditemukan terutama dari buah-buahan, beras, jagung, hingga biji buah, salah satunya biji Melinjo (*Gnetum gnemon* L.). Sebagai tanaman asli Indonesia, melinjo merupakan salah satu tanaman yang sangat potensial dan bernilai ekonomi tinggi. Setiap bagian dari pohon melinjo biasanya dimanfaatkan oleh masyarakat, mulai dari biji yang berkualitas baik sebagai salah satu

makanan tradisional 'emping', daunnya digunakan untuk sayur, serta kayunya yang dapat digunakan untuk bahan kertas [13]. Biji melinjo mengandung pati sebesar 58% dan pati terendahnya sebesar 47,38% [14]. Meskipun biji melinjo sering dikonsumsi sebagai makanan, namun tidak semua kondisi biji dapat digunakan terutama biji dengan kualitas buruk atau terlalu matang. Biji dengan kondisi tersebut cenderung dibuang menjadi limbah pertanian. Oleh karena itu, biji melinjo yang tidak termanfaatkan tersebut berpotensi sebagai salah satu bahan baku plastik pelapis kemasan pangan yang aman dan ramah lingkungan.

Bahan tambahan seperti kitosan dan *plasticizers* diperlukan untuk membuat bioplastik dengan karakteristik yang mirip dengan plastik komersial. *Plasticizers* berperan untuk membuat plastik menjadi lebih elastis dan fleksibel [15], sementara kitosan berfungsi sebagai bahan adisi untuk mempermudah bioplastik terdegradasi [10]. Salah satu bahan *plasticizer* yang banyak digunakan pada pembuatan bioplastik adalah Gliserol. Gliserol banyak digunakan karena karakteristiknya yang mudah larut dalam air, bersifat polar, serta tidak mudah mengalami penguapan [15]. Gliserol dapat diperoleh dari limbah minyak jelantah melalui dua tahap, yakni esterifikasi menggunakan metanol dan transesterifikasi dengan katalis NaOH [16]. Pemanfaatan limbah minyak jelantah dapat mengurangi masalah lingkungan dari pencemaran tanah dan air seperti penyumbatan drainase dan penurunan konsentrasi DO perairan akibat pembuangan jelantah dari limbah domestik [17]. Adapun pemanfaatan kitosan dari limbah sisik ikan turut mengurangi dampak negatif limbah akuatik terhadap lingkungan, seperti penumpukan aroma menusuk yang dapat mengganggu kenyamanan makhluk hidup sekitarnya [18].

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan konsentrasi pati dari biji melinjo dengan kombinasi gliserol dari limbah minyak jelantah dan zat kitosan dari limbah sisik ikan terhadap sifat fisik dan daya biodegradasi bioplastik. Bioplastik ini diharapkan dapat menjadi salah satu alternatif bahan dasar yang berpotensi untuk pembuatan plastik pelapis yang aman sebagai kemasan makanan, serta mudah diuraikan sehingga dapat berkontribusi dalam upaya pelestarian lingkungan hidup dari sampah plastik.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini meliputi *hotplate stirrer*, pipet, cawan petri, pengaduk, gelas beaker ukuran 500 ml, mesh stainless steel, silinder ukur, kaca akrilik, blender, termometer, timbangan analitik, jangka sorong 0,05 mm. Bahan yang digunakan diantaranya pati biji melinjo, gliserol dari limbah minyak jelantah, kitosan dari limbah sisik ikan, asam asetat, akuades, metanol, KOH, dan air.

Ekstraksi Pati Biji Melinjo

Seberat 300 gram biji melinjo tua (berwarna merah atau jingga, bertekstur lembek) yang telah dicuci bersih, dipotong dan dipisahkan antara biji bagian dalam dan kulit luarnya. Sebanyak 100-110 gram biji tanpa kulit diblender dan ditambahkan air dengan perbandingan 5:1. Bubur biji melinjo dihaluskan dan didiamkan selama 24 jam dalam suhu ruangan untuk mendapatkan pati melinjo. Setelah 24 jam, ampas melinjo yang mengendap dibilas dan direndam di dalam akuades dengan perbandingan 1:4 [11]. Ampas tersebut dikeringkan selama 24 jam dalam suhu ruangan dengan kisaran suhu 20-25°C. Setelah mengering, pati melinjo dibilas dengan akuades dan dibiarkan kering kembali dalam suhu ruangan hingga teksturnya berubah menjadi bubuk atau *powder*.

Pembuatan Gliserol dari Limbah Minyak Jelantah

Metode yang digunakan untuk memperoleh gliserol dari limbah minyak jelantah dapat menggunakan proses esterifikasi dan transesterifikasi [16] [19]. Pada penelitian ini, dilakukan proses esterifikasi atau reaksi penggantian asam lemak dengan gugus alkohol untuk menghasilkan metil ester asam lemak dan gliserol. Pertama, minyak jelantah yang telah disaring dimasukkan ke dalam gelas beaker ukuran 500ml, kemudian dipanaskan dan diaduk di atas *hotplate stirrer* pada suhu 60°C selama 15 menit. Setelah 15 menit, metanol ditambahkan ke dalam minyak jelantah tersebut dengan perbandingan 3:1 pada suhu *hotplate* 70-75°C dan kecepatan aduk 80 rpm selama satu jam. Setelah campuran homogen, campuran minyak jelantah dan metanol didiamkan selama 8 jam pada suhu ruang (20-25°C) dalam corong pisah hingga terpisah menjadi dua lapisan senyawa, gliserol (lapisan berwarna kuning) dan biodiesel (lapisan berwarna coklat tua) [19].

Pembuatan Larutan Kitosan

Seberat 1 gram kitosan dari sisik ikan nila ditambahkan ke dalam 50 ml asam asetat konsentrasi 1%, kemudian diaduk di atas *hotplate stirrer* pada suhu 50°C hingga kitosan larut dalam asam asetat dan teksturnya berubah menjadi sedikit lengket seperti gelatin. Untuk memperoleh asam asetat 1%, asam asetat 100% diencerkan ke dalam akuades dengan perbandingan 1:99 ml [20].

Pembuatan Bioplastik dari Pati Biji Melinjo

Langkah-langkah pada pembuatan plastik dari pati biji melinjo ini bersumber dari penelitian bioplastik berbasis pati kulit semangka dengan formulasi dan bahan yang berbeda [20]. Sebanyak 5; 10; 15 gram pati biji melinjo ditambahkan ke dalam 60 ml akuades di dalam gelas beker yang berbeda, dipanaskan masing-masing larutan menggunakan *hotplate stirrer* dengan kecepatan konstan dari 60-80 rpm pada suhu 60°C dalam waktu 10-15 menit hingga homogen. Setelah campuran menjadi homogen, ditambahkan sekitar 1 ml gliserol dari minyak jelantah yang telah dipisahkan sebelumnya beserta 1 gram larutan kitosan kemudian diaduk kembali selama kurang lebih 10-15 menit dengan kecepatan konstan pada suhu 70°C hingga teksturnya mengental. Setelah itu menuangkan larutan bioplastik 'metic' yang sudah kental tersebut ke dalam gelas akrilik dan ratakan hingga tipis agar dapat digunakan sebagai pelapis kemasan makanan. Biarkan mengering selama 72 jam pada suhu 32°C di dalam ruangan.

Uji Biodegradasi

Uji biodegradasi dilakukan dengan metode *soil burial test* atau pengomposan sampel dalam tanah yang mengacu pada penelitian bioplastik dari pati ubi jalar [21] dengan modifikasi waktu pengamatan, ukuran, dan berat sampel yang dikubur. Tiga buah sampel dengan berat yang sama (1 gram) dan ukuran yang sama sesuai standar 2 x 7 cm [19] dikubur di dalam media tanah selama 10 hari. Setiap sampel ditimbang beratnya setiap 2 hari sekali serta dilihat bentuk dan kondisi permukaannya.

Uji Daya Elongasi (%)

Daya elongasi atau persentase pemanjangan bioplastik dihitung dengan mengukur panjang sampel sebelum (Lo) dan setelah (L) diregangkan [22].

$$\text{Elongasi (\%)} = \frac{L - L_0}{L_0} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

Kuat tarik (*Tensile Strength*)

Area setiap sampel diukur dan sampel dipanjangkan atau ditarik dengan diberi beberapa beban hingga mencapai beban maksimum sebelum putus [23].

$$\text{Kekuatan Daya Tarik (Mpa)} = \frac{F}{A} \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan: F = berat beban; A = Panjang sampel

Persentase Daya Serap Air dan Ketahanan Suhu (*Swelling*) (%)

Uji daya serap air mengacu pada penelitian yang dilakukan [11] dengan modifikasi lama perendaman dan suhu air. Daya serap bioplastik dihitung dengan cara merendam sampel berukuran 5 cm atau 50 mm dalam air selama 5 menit pada suhu 30°C. Berat sampel sebelum dan setelah direndam dicatat. Adapun untuk ketahanan suhu, variasi suhu air ditambahkan yakni dengan perendaman pada suhu 50°C selama 5 menit [24]. Rumus untuk menghitung daya serap air yakni sebagai berikut.

$$\text{Daya Serap Air (\%)} = \frac{W-W_0}{W_0} \times 100\% \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan: W = berat akhir; W₀ = berat awal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Bioplastik

Bioplastik dari pati biji melinjo dibuat dengan memvariasikan konsentrasi pati yang dikeringkan selama 72 jam atau tiga hari. Setelah mengering, sampel yang dihasilkan memiliki tekstur cukup rapat sehingga dapat dilepaskan dengan mudah dari cetakan. Hasil sampel dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Hasil bioplastik dengan konsentrasi pati biji melinjo dari kiri ke kanan: 5 gram; 10 gram; 15 gram

Bioplastik yang dihasilkan dari formulasi ketiganya memiliki karakteristik berbentuk lembaran plastik sedikit elastis dengan permukaan yang licin dan mengkilap. Teksturnya halus di bagian bawah dan

sedikit kasar di bagian atas, transparan dan berwarna sedikit kekuningan karena kandungan pati biji melinjo yang cukup banyak. Dari ketiga formula, bioplastik dengan konsentrasi pati biji melinjo paling rendah (5 gram) seperti pada Gambar 1 memiliki warna yang paling bening dan transparan. Tingkat transparan pada bioplastik dapat dipengaruhi oleh kandungan lipid dalam pati. Peningkatan konsentrasi pati dalam bioplastik akan meningkatkan konsentrasi lipid. Sementara itu, partikel lipid dapat menyebarkan cahaya tampak melalui bioplastik sehingga menyebabkan bioplastik menjadi lebih buram [25]. Hal ini dibuktikan pada penelitian pembuatan bioplastik dari pati kentang, pati gandum, dan pati jagung dimana bioplastik pati kentang berwarna lebih buram karena memiliki kandungan lipid yang lebih tinggi [26]. Jika dibandingkan dengan hasil pembuatan bioplastik dari pati kentang yang dilakukan Nugraha dkk. (2020), bioplastik dari pati biji melinjo memiliki permukaan halus tanpa gelembung yang menandakan bahwa saat proses pengadukan, suhu, dan waktu pengeringan bioplastik tergelatin dengan sempurna [23].

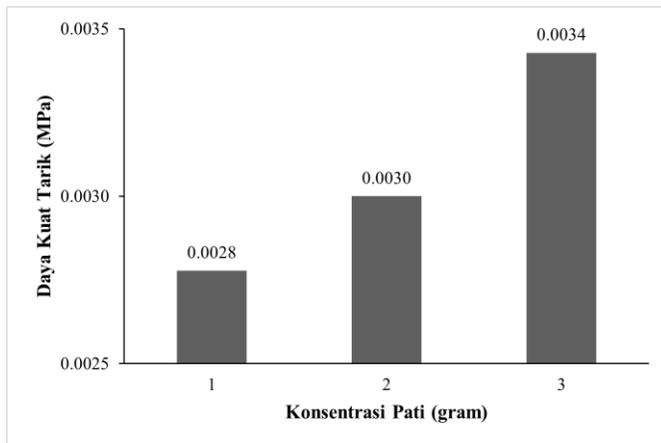
Warna pati yang digunakan mempengaruhi warna bioplastik yang dihasilkan. Seperti pada penelitian sebelumnya, bioplastik yang dibuat dari pati kentang berwarna kekuningan [23], terdapat juga bioplastik dari pati biji alpukat [11] dan limbah sekam padi [16] yang memiliki warna kecoklatan. Berbeda dengan bioplastik berbahan dasar pati singkong yang menghasilkan warna bening [23]. Selain karena warna dasar pati, warna dan tingkat transparan bioplastik dipengaruhi oleh kandungan senyawa fenolik pada biji yang digunakan. Senyawa fenolik yang terkandung pada biji yang digunakan dapat menyebabkan terjadinya reaksi pencoklatan (*browning*) [11].

Setelah diukur dengan jangka sorong 0,05 mm, ketebalan bioplastik dengan variasi konsentrasi pati berkisar antara 0,02-0,04 cm atau 0.01574803 inci. Perbedaan ketebalan disebabkan karena pertambahan konsentrasi pati yang dicampurkan ke dalam bahan bioplastik. Menurut penelitian Rafika dkk. tahun 2023 [21], peningkatan kadar pati turut meningkatkan kandungan padatan dalam bioplastik yang mempengaruhi struktur bioplastik, sehingga menjadi lebih tebal dan kaku. Oleh karena itu, penambahan konsentrasi *plasticizer* seiring dengan penambahan konsentrasi pati diperlukan untuk menghasilkan bioplastik yang lebih tipis dan elastis. Adapun

ketebalan bioplastik untuk kemasan makanan berdasarkan standar JIS (*Japanese Industrial Standard*) tidak boleh lebih dari 0,25 mm [27], agar kualitas makanan dapat terjaga. Sehingga, ketebalan bioplastik dari pati biji melinjo ini sesuai dengan kriteria sebagai kemasan makanan.

Analisis Kuat Tarik (*tensile strength*)

Kuat tarik adalah tarikan maksimum yang dihasilkan sebelum bioplastik rusak. Untuk menentukan nilai kuat tarik diperoleh dengan membagi kuat tarik maksimum dan luas penampang bioplastik [23]. Hasil uji kuat tarik bioplastik atau *tensile strength* ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Pengaruh penambahan konsentrasi pati terhadap kuat tarik bioplastik

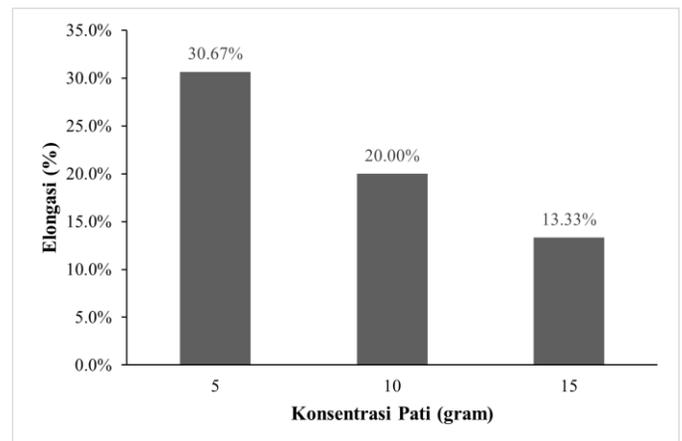
Nilai kuat tarik pada bioplastik dengan konsentrasi pati terendah sampai tertinggi secara berturut-turut yakni 0,0028 Mpa, 0,0030 Mpa, dan 0,034 Mpa. Berdasarkan Gambar 2 dapat terlihat bahwa seiring dengan penambahan konsentrasi pati biji melinjo terjadi peningkatan nilai kuat tarik plastik. Hal ini disebabkan karena ketika konsentrasi pati meningkat, maka kadar amilosa pada bioplastik akan meningkat sehingga terjadi peningkatan jumlah polimer matriks yang akan diubah menjadi struktur gel untuk membuat ikatan yang lebih kuat antar biopolimer dan akan menghasilkan kuat tarik yang lebih besar [28]. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Rozzana dkk. (2022) dimana penambahan bahan pati menghasilkan peningkatan kuat tarik. Namun, ketika penambahan pati secara terus menerus tanpa diiringi penambahan gliserol dan bahan lainnya, maka kuat tarik bioplastik akan kembali menurun [29]. Menurut Ashok dkk. (2016), penurunan kuat tarik bioplastik ini terjadi karena pati memiliki sifat asli yang

rapuh serta karakteristik fisik yang kurang baik, sehingga dibutuhkan penambahan *plasticizers* dan biopolimer lainnya untuk mengatasi kekurangan dari pati [30].

Menurut standar SNI, lapisan plastik untuk kertas berlapis plastik (kemasan makanan) umumnya memiliki kuat tarik 7-15 N/15 mm (0,47-1 mPa), dan 12,06 MPa untuk plastik kemasan [31]. Sementara itu, kuat tarik plastik secara umum berdasarkan standar SNI adalah 24,7 MPa [32]. Hal ini menunjukkan bahwa bioplastik berbahan dasar pati biji melinjo belum sesuai dengan standar plastik komersil. Menurut Morina dkk. (2023), ketahanan bioplastik dapat dipengaruhi juga oleh gliserol. Kandungan gliserol yang banyak pada bioplastik mengurangi gaya tarik menarik antar molekul biopolimer karena membentuk ikatan hidrogen yang menyebabkan bioplastik mudah sobek [31]. Dengan demikian, untuk memperoleh kuat tarik bioplastik yang lebih baik, rasio konsentrasi gliserol yang ditambahkan pada komposisi bioplastik tidak boleh lebih banyak dibandingkan dengan pati.

Analisis Daya Elongasi

Daya elongasi adalah perubahan maksimum pada panjang bioplastik ketika sampel diregangkan hingga terpisah atau terputus [26]. Hasil analisis perpanjangan bioplastik ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Pengaruh konsentrasi pati terhadap elongasi bioplastik

Berdasarkan grafik tersebut, ketika konsentrasi pati meningkat, daya elongasi bioplastik mengalami penurunan. Pada konsentrasi pati 5 gram dengan penambahan gliserol dan kitosan 1 gram, nilai elongasi sebesar 30,67%. Sementara pada konsentrasi pati 10 gram dan 15 gram berturut-turut yakni sebesar 20% dan 13,33%. Hasil ini selaras dengan penelitian

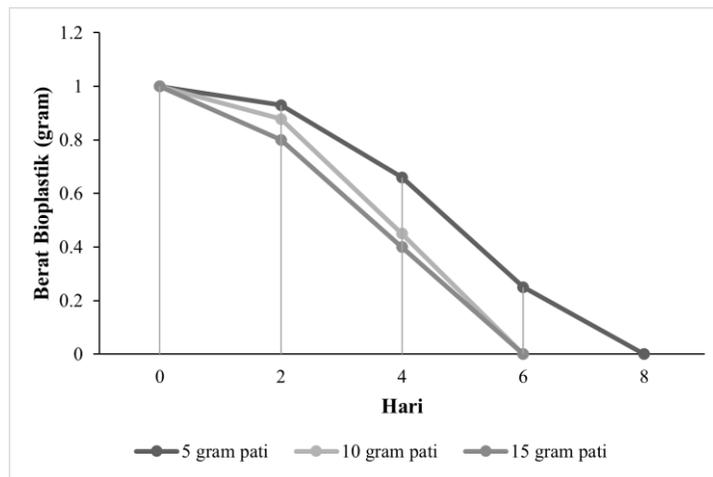
bioplastik berbahan pati jagung [33] dan bioplastik berbahan pati jagung dengan campuran kulit pisang [34] yang menunjukkan bahwa daya elongasi berbanding terbalik dengan kuat tarik, dimana konsentrasi pati yang semakin tinggi menyebabkan bioplastik menjadi semakin kompak dan tebal, Hal ini mengakibatkan bioplastik memiliki nilai kuat tarik tinggi namun sulit memanjang, ikatannya rapuh, dan tidak elastis, sehingga daya elongasi atau perpanjangan putusanya rendah.

Daya Biodegradasi

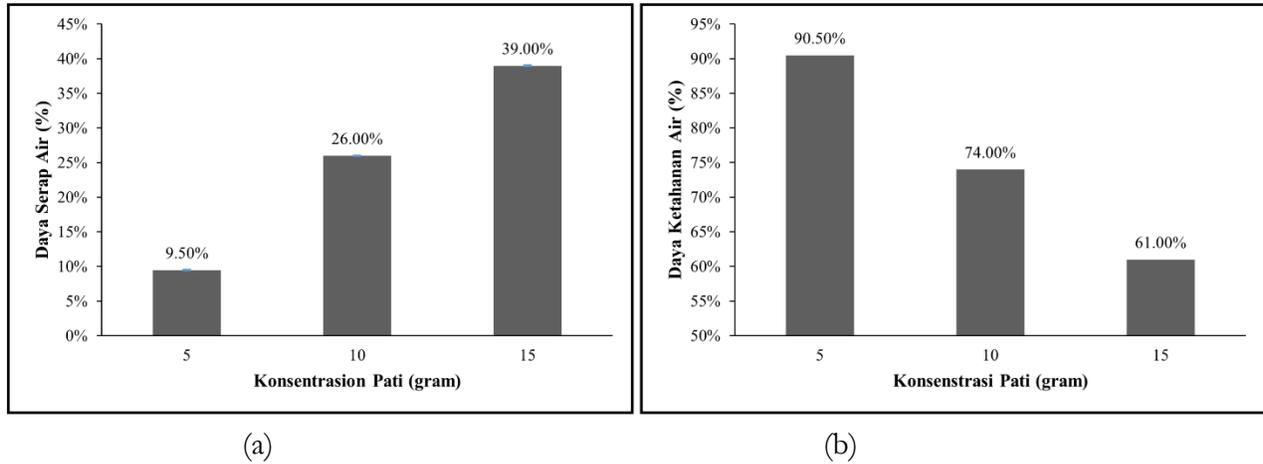
Tujuan dari uji biodegradasi adalah untuk mengetahui waktu yang diperlukan bioplastik diurai mikroorganismenya di lingkungan. Pada penelitian ini, uji biodegradasi dilakukan dalam waktu 8 hari. Setelah 8 hari pengomposan bioplastik, terjadi perubahan bentuk bioplastik seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Penampang bioplastik ‘Metic’ yang mengalami dekomposisi dalam tanah (uji biodegradasi)

Konsentrasi Pati Biji Melinjo	Hari Pengamatan Ke -			
	0	2	4	6
5 gram				
10 gram				-
15 gram				-



Gambar 4. Degradasi bioplastik dari pati biji melinjo dalam tanah selama 8 hari



Gambar 5. Persentase daya serap dan ketahanan bioplastik. (a) daya serap air, b) tingkat ketahanan terhadap air

Dari tiga variasi konsentrasi pati, semakin tinggi konsentrasi pati, semakin cepat terurai. Hal ini dibuktikan pada bioplastik dengan konsentrasi pati biji melinjo 15 gram yang bentuknya sudah hancur menjadi beberapa bagian kecil plastik di hari ke-4. Adapun berat sampel yang diukur pasca pengomposan atau penguburan yakni seperti pada Gambar 4.

Berdasarkan hasil penelitian, berat bioplastik mengalami penurunan setiap dua hari pengukuran. Bioplastik dengan konsentrasi pati 15 gram dan 10 gram mengalami penurunan berat yang paling besar setiap dua hari pengukuran dan menurun seberat 0.4 gram pada hari ke-4. Penurunan berat atau massa bioplastik menandakan bahwa material yang menyusunnya mudah diuraikan oleh mikroorganisme tanah [32]. Menurut penelitian Masahid dkk., 2023. penambahan konsentrasi *plasticizers* dan zat adisi hidrofilik menyebabkan bioplastik mengandung gugus OH (hidroksil) dan gugus CO (karbonil) sehingga bioplastik mudah terurai [32]. Namun, penambahan konsentrasi pati tanpa penambahan konsentrasi *plasticizers* dapat menyebabkan plastik lebih lama terurai dan persentase biodegradasinya menjadi rendah. Hal ini dikarenakan ikatan amilosa dan amilopektin pada bioplastik menjadi lebih dominan, membentuk bioplastik yang kaku dan tebal. [21]. Selain itu, penambahan kitosan juga dapat menyebabkan bioplastik sulit terurai karena kitosan menghambat pertumbuhan mikroorganisme [27], [11]. Oleh karena itu, peningkatan konsentrasi gliserol diperlukan untuk meningkatnya daya biodegradasi bioplastik berbahan dasar pati biji melinjo.

Daya Serap Air (*Swelling*) dan Daya Ketahanan Terhadap Air

Uji ketahanan air pada plastik merupakan salah satu parameter evaluasi terhadap produk yang dihasilkan, ditinjau dari tingkat penyerapan air dan ketahanannya. Adapun hasil dari uji daya serap dan ketahanan air (30°C) pada bioplastik ditunjukkan pada Gambar 5.

Hasil uji daya serap air pada bioplastik yang diperoleh dari variasi konsentrasi pati 5 gram, 10 gram, dan 15 gram berturut-turut sebesar 9.5%, 26%, dan 39% (Gambar 5A). Sementara itu, berdasarkan hasil uji ketahanan air (Gambar 5B), bioplastik dengan konsentrasi pati biji melinjo 5 gram memiliki daya tahan air sebesar 90,50%. Sedangkan pada plastik dengan konsentrasi 10 gram dan 15 gram cenderung terjadi penurunan daya ketahanan air, dengan persentase daya serap berturut-turut sebesar 74% dan 61%. Adapun hasil uji ketahanan air pada suhu 50°C yakni disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Kiri: bentuk awal bioplastik pada suhu 32°C; kanan: bentuk bioplastik pada suhu 50°C

Setelah direndam dalam air bersuhu 30-50°C selama 5 menit, dapat diamati perubahan fisik pada sampel. Pada suhu 32°C, sampel bioplastik masih seperti bentuk aslinya. Ketika direndam pada suhu 50°C, terjadi sedikit penyusutan namun tekstur permukaannya masih licin dan halus menyerupai plastik. Tidak adanya perubahan fisik yang signifikan tersebut menandakan bioplastik masih resisten terhadap suhu hangat [24]

Dari ketiga sampel yang diuji, bioplastik dengan konsentrasi pati 5 gram memiliki kualitas paling bagus karena daya serap air paling rendah dan tingkat ketahanannya terhadap air paling tinggi. Ketika kapasitas penyerapan air meningkat, ketahanan airnya menurun [29]. Sementara itu, daya ketahanan air pada bioplastik diperlukan untuk melindungi kualitas makanan dan ketahanan bioplastik saat disimpan. Semakin tinggi nilai daya serap air, maka kualitas bioplastik semakin rendah ([11].

Tingginya daya serap air bergantung pada komponen bioplastik seperti pati, gliserol, dan kitosan. Semakin tinggi konsentrasi pati, semakin banyak air yang diserap karena pati bersifat hidrofilik. Namun, penambahan kitosan dan gliserol dalam jumlah yang lebih banyak dapat menurunkan daya serap air dan meningkatkan ketahanan terhadap air karena kedua senyawa tersebut bersifat hidrofobik dan dapat mengurangi tingkat hidrofilik pada pati [35]. Meski demikian, bioplastik dengan penambahan gliserol dan kitosan masih dapat dengan mudah terdegradasi secara alami, akan tetapi lebih tahan terhadap air [10].

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian ini, formula pati biji melinjo 5 gram dengan campuran gliserol dari limbah minyak jelantah 1 ml dan kitosan limbah sisik ikan nila 1 gram menghasilkan bioplastik dengan karakteristik fisik paling baik diantara kedua formula lainnya. Bioplastik ini dapat bertahan pada suhu hingga 50°C, memiliki daya serap air yang rendah dan daya ketahanan air yang tinggi, memiliki laju biodegradasi yang lebih cepat, serta memiliki ketebalan yang sesuai standar untuk kemasan makanan. Adapun daya kuat tarik dan daya elongasi bioplastik pada ketiga variasi konsentrasi pati biji melinjo belum memenuhi standar plastik kemasan komersil. Penelitian lanjutan disarankan dengan variasi konsentrasi pati, gliserol, dan kitosan yang lebih beragam sehingga dihasilkan bioplastik dengan

kualitas yang lebih baik dan dapat digunakan sebagai alternatif plastik komersil.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] O. Kehinde, O. J. Ramonu, K. O. Babaremu, and L. D. Justin, "Plastic wastes: environmental hazard and instrument for wealth creation in Nigeria," *Heliyon*, vol. 6, no. 10, p. e05131, Oct. 2020.
- [2] A. Budiastuti, D. M. Sari, E. Sunarsih, and Y. Windusari, "Edukasi penggunaan masker dan manajemen pengolahan limbah masker sebagai upaya pencegahan penularan covid-19 (Education on the use of mask and its waste treatment for the prevention of covid-19 transmission)," *Jurnal Berdaya Mandiri*, vol. 3, no. 2, pp. 623-631, Aug. 2021.
- [3] E. S. Arbintarso and E. K. Nurnawati, "Peranan keluarga dalam upaya meningkatkan kualitas lingkungan melalui daur ulang limbah plastik rumah tangga," *Jurnal Berdaya Mandiri*, vol. 4, no. 3, pp. 300-318, 2022.
- [4] M. R. Cordova, "Pencemaran plastik di laut," *OSEANA*, vol. 42, no. 3, pp. 21-30, Oct. 2017.
- [5] A. Yaris and A. Sezgin, *Food Packaging: Glass and Plastic. In Book: Researches on Science and Art in 21st Century*. Turkey: Gece Kitapligi, 2017.
- [6] S. Sarkar and K. Apama, *Research Trends in Home Science and Extension*. New Delhi: Akinik Publications, 2020.
- [7] T. D. Moshood, G. Nawanir, F. Mahmud, F. Mohamad, M. H. Ahmad, and A. AbdulGhani, "Biodegradable plastic applications towards sustainability: A recent innovations in the green product," *Clean Eng Technol*, vol. 6, pp. 2-14, Feb. 2022.
- [8] W. Qolbi, "Kandungan Bisphenol A (BPA) pada kemasan berbahan dasar plastik perspektif UU perlindungan konsumen dan masalah mursalah," *Justisia Ekonomika: Jurnal Magister Hukum Ekonomi Syariah*, vol. 6, no. 2, pp. 523-534, 2022.
- [9] I. N. G. Suyasa, G. I. W. Jana, and D. G. D. D. Santhi, "Faktor-Faktor yang berhubungan dengan keberadaan bahan berbahaya bisphenol A (BPA) yang terkandung dalam kontainer plastik makanan dan minuman," *Jurnal Skala Husada*, vol. 15, no. 1, pp. 34-42, 2018.
- [10] L. Maulida, M. B. Harahap, Alfarodo, A. Manullang, and M. H. S. Ginting, "Utilization of jackfruit seeds (*Artocarpus heterophyllus*) in the preparing of bioplastics by plasticizer ethylene glycol and chitosan filler," *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, vol. 13, no. 1, pp. 240-244, 2018.
- [11] M. Muhammad, R. Ridara, and M. Masrullita, "Sintesis bioplastik dari pati biji alpukat dengan bahan pengisi kitosan," *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, vol. 9, no. 2, pp. 1-11, Feb. 2021.

- [12] L. Filiciotto and G. Rothenberg, "Biodegradable plastics: standards, policies, and impacts," *ChemSusChem*, vol. 14, no. 1, pp. 56-72, Jan. 2021.
- [13] E. Suryani and Zulkarnain, "Inventory and characterization of melinjo (*Gnetum gnemon*) in Solok City," *Menara Ilmu*, vol. 15, no. 2, pp. 29-36, 2021.
- [14] R. Anggraini, R. Fadhill, and B. S. Putra, "Karakteristik sifat fisik dan kimia tepung melinjo (*Gnetum gnemon* Linn.) dengan variasi suhu menggunakan alat pengering tipe tray dryer," *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, vol. 4, no. 4, pp. 532-541, 2020.
- [15] M. Foroughi-Dahr, N. Mostoufi, R. Sotudeh-Gharebagh, and J. Chaouki, "Particle coating in fluidized beds," in *Reference Module in Chemistry, Molecular Sciences and Chemical Engineering*, Amsterdam: Elsevier, 2017.
- [16] Cengristitama and V. D. N. Insan, "Pemanfaatan limbah sekam padi dan minyak jelantah untuk pembuatan bioplastik," *Jurnal Ilmiah Berkala*, vol. 14, no. 1, pp. 15-23, 2020.
- [17] M. Kasman, H. Hadrah, S. Suraya, and B. Andika, "Analisis pemanfaatan minyak jelantah menjadi gliserol dengan metode hidrolisis," *Jurnal Daur Lingkungan*, vol. 6, no. 1, pp. 8-11, Feb. 2023.
- [18] H. N. Imtihani, R. A. Wahyuono, and S. N. Permatasari, *Biopolimer Kitosan dan Penggunaannya dalam Formulasi Obat*. Surabaya: Graniti, 2020.
- [19] S. A. Yudistirani, U. R. D. Susanty, and N. Hamany, "Pengaruh variasi konsentrasi gliserol dari minyak jelantah terhadap nilai uji dari pemanfaatan limbah kulit ari kacang kedelai," *Jurnal Konversi*, vol. 8, no. 1, pp. 55-60, 2019.
- [20] Syaubari, Abubakar, T. M. Asnawi, M. Zaki, M. Khadafi, and I. Harmanita, "Synthesis and characterization of biodegradable plastic from watermelon rind starch and chitosan by using glycerol as plasticizer," *Mater Today Proc*, vol. 63, no. 1, pp. S501-S506, 2022.
- [21] R. Rafika, M. Masrullita, R. Dewi, Z. Zulfazri, N. ZA, and R. Ulfa, "Sintesis plastik biodegradable dari pati ubi jalar dengan variasi penambahan plasticizer gliserol," *Chemical Engineering Journal Storage (CEJS)*, vol. 3, no. 1, pp. 42-51, May 2023.
- [22] L. Sapei, K. S. Padmawijaya, O. Sijayanti, and P. J. Wardhana, "The effect of banana starch concentration on the properties of chitosan-starch bioplastics," *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, vol. 7, no. 9, pp. 101-105, 2015.
- [23] L. A. Nugraha, R. D. Triastianti, and D. Prihandoko, "Uji perbandingan plastik biodegradable pati singkong dan pati kentang terhadap kekuatan dan pemanjangan," *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, vol. 20, no. 1, pp. 17-28, Sep. 2020.
- [24] N. T. Berghuis *et al.*, "Bioplastic from Cassava peel and eggshell waste," *Journal of Natural Sciences and Mathematics Research*, vol. 8, no. 2, pp. 75-83, Dec. 2022.
- [25] R. F. Santana *et al.*, "Characterization of starch-based bioplastics from jackfruit seed plasticized with glycerol," *J Food Sci Technol*, vol. 55, no. 1, pp. 278-286, Jan. 2018.
- [26] E. Basiak, A. Lenart, and F. Debeaufort, "Effect of starch type on the physico-chemical properties of edible films," *Int J Biol Macromol*, vol. 98, pp. 348-356, May 2017.
- [27] Y. Marsa, A. B. Susanto, and R. Pramesti, "Bioplastik dari karagenan kappaphycus alvarezii dengan penambahan carboxymethyl chitosan dan gliserol," *Buletin Oseanografi Marina*, vol. 12, no. 1, pp. 1-8, Feb. 2023.
- [28] S. X. Tan, A. Andriyana, H. C. Ong, S. Lim, Y. L. Pang, and G. C. Ngoh, "A Comprehensive review on the emerging roles of nanofillers and plasticizers towards sustainable starch-based bioplastic fabrication," *Polymers (Basel)*, vol. 14, no. 4, p. 664, Feb. 2022.
- [29] Rozzana, R. Nurhaliza, S. Ramli, Syahiddin, and M. Abrar, "Pengaruh massa pati terhadap tensil strength, elongasi dan daya serap terhadap air pada pembuatan bioplastik dari pati sagu dan gliserol," *Jurnal Inovasi Ramah Lingkungan (JIRL)*, vol. 3, no. 1, pp. 17-21, 2022.
- [30] A. Ashok, C. Rejeesh, and R. Renjith, "Biodegradable polymers for sustainable packaging applications: A review," *Int. J. Bionics Biomater*, vol. 2, pp. 1-11, 2016.
- [31] S. Morina, S. Sulhatun, M. Meriatna, A. Muarif, and Z. Zulfazri, "Sintesis bioplastik dari pati biji durian (*Durio Zibethinus* Murr) dengan penambahan plastisizer gliserol," *Chemical Engineering Journal Storage (CEJS)*, vol. 3, no. 6, p. 820, Dec. 2023.
- [32] A. D. Masahid, N. A. Aprillia, Y. Witono, and L. Azkiyah, "Karakteristik fisik dan mekanik plastik biodegradable berbasis pati singkong dengan penambahan whey keju dan plastisizer gliserol," *Jurnal Teknologi Pertanian*, vol. 24, no. 1, pp. 23-34, Apr. 2023.
- [33] I. Sifuentes-Nieves *et al.*, "Films made from plasma-modified corn starch: chemical, mechanical and barrier properties," *Carbohydr Polym*, vol. 237, p. 116103, Jun. 2020.
- [34] H. Wang, Q. Zhu, T. Wu, and M. Zhang, "Glass transition temperature, rheological, and gelatinization properties of high amylose corn starch and waxy cassava starch blends," *J Food Process Preserv*, vol. 44, no. 9, Sep. 2020.
- [35] U. Fathanah, M. R. Lubis, and R. Moulana, "Biopolymer from starch and chitosan as bioplastic material for food packaging," *Proceedings 5th Annual International Conferenc Syiah Kuala University (AIC Unsyiah)*, pp. 44-49, 2015.