

Karakteristik Fisik Kemasan Bioplastik dari Pati Singkong dan Karagenan dengan Variasi Durasi Gelatinisasi dan Jenis *Plasticizer*

Physical Characteristic of Bioplastic Packaging from Cassava Starch and Carragenan with Variations in Gelatinization Duration and Types of Plasticizers

Komang Sri Diah Nirmala Dewi, Ni Luh Yulianti*, Yohanes Setiyo

Program Studi Teknik Pertanian dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Udayana, Badung, Bali, Indonesia

*Email: yulianti@unud.ac.id

Abstrak

Karakteristik fisik kemasan bioplastik dapat dipengaruhi oleh variasi durasi gelatinisasi dan jenis *plasticizer*. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan pengaruh variasi durasi gelatinisasi dan jenis *plasticizer* terhadap karakteristik fisik film kemasan bioplastik serta mendapatkan perlakuan yang menghasilkan karakteristik fisik kemasan paling baik. Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan faktor pertama perlakuan yaitu, durasi gelatinisasi (D) yang terdiri dari 3 taraf durasi: 3 menit, 5 menit, dan 7 menit, dan faktor kedua yaitu, jenis *plasticizer* (P) yang terdiri dari 3 jenis: 2 g minyak jarak, 0,5 g asam stearat dan 1,5 g gliserol dengan tiga kali pengulangan sehingga menghasilkan 27 unit percobaan. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan sidik ragam dan apabila perlakuan berpengaruh terhadap parameter yang diamati maka dilanjutkan dengan Uji Duncan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan variasi durasi gelatinisasi dan jenis *plasticizer* film kemasan bioplastik berpengaruh nyata pada nilai kuat tarik, perpanjangan saat putus, elastisitas, penyerapan air dan ketebalan film kemasan bioplastik. Perlakuan durasi gelatinisasi selama 7 menit dan jenis *plasticizer* asam stearat menghasilkan film kemasan bioplastik dengan karakteristik terbaik yaitu nilai kuat tarik sebesar 18,28 MPa, perpanjangan saat putus 7,34%, elastisitas 255,52 MPa, penyerapan air 0,80%, dan ketebalan 0,25 mm.

Kata kunci: *bioplastik, durasi gelatinisasi, jenis plasticizer, karagenan, pati singkong.*

Abstract

The physical characteristics of bioplastic packaging can be influenced by variations in the duration of gelatinization and the type of plasticizer. This research was conducted to obtain the effect of variations in the duration of gelatinization and the type of plasticizer on the physical characteristics of bioplastic packaging films and to obtain the treatment that produces the best physical characteristics of the packaging. The experimental design used was a Randomized Block Design (RAK) with the first factor being the treatment, namely, the duration of gelatinization (D) which consisted of 3 levels of duration: 3 minutes, 5 minutes, and 7 minutes, and the second factor was the type of plasticizer (P) consisting of 3 types: 2 g of castor oil, 0.5 g of stearic acid and 1.5 g of glycerol with three repetitions resulting in 27 experimental units. The data obtained were analyzed using variance and if the treatment had an effect on the observed parameters, it was continued with Duncan's test. The results showed that the variation in the duration of gelatinization and the type of plasticizer of the bioplastic packaging film had a significant effect on the value of tensile strength, elongation at break, elasticity, water absorption, on and thickness of the bioplastic packaging film. The treatment of gelatinization duration of 7 minutes and the type of stearic acid plasticizer produced a bioplastic packaging film with the best characteristics, namely the tensile strength value of 18.28 MPa, elongation at break 7.34%, elasticity 255.52 MPa, water absorption 0.8%, and a thickness of 0.25 mm.

Keywords: *bioplastic, duration of gelatinization, type of plasticizer, carrageenan, cassava starch.*

PENDAHULUAN

Pengemasan merupakan faktor penting untuk mempertahankan kualitas, mutu, dan memperpanjang umur simpan dari produk pangan. Pengemasan memiliki fungsi untuk menghindari kerusakan produk yang disebabkan oleh faktor eksternal seperti cahaya, oksigen, kelembaban, dan mikroorganisme (Sucipta *et al.*, 2017). Menurut Saputra *et al.*, (2015) jenis bahan pengemas yang banyak digunakan di era sekarang diantaranya berbagai jenis plastik. Dalam dunia perindustrian, plastik merupakan salah satu bahan penting dalam kehidupan manusia. Pengemas plastik memiliki keunggulan jauh lebih ringan dengan harganya yang relatif murah. Namun, pengemas plastik memiliki kekurangan, diantaranya dapat menimbulkan permasalahan bagi lingkungan maupun kesehatan karena plastik sulit untuk terdegradasi secara alami dan menyebabkan pencemaran lingkungan. Berdasarkan data statistik SIPSN timbulan sampah pada tahun 2021 di Kabupaten Badung, Provinsi Bali mencapai 116.731 ton/tahun, dan 28,4% adalah berjenis sampah plastik (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2021).

Seiring berjalannya waktu, solusi alternatif dalam pengurangan pencemaran sampah plastik yaitu dilakukan pengembangan *biodegradable plastic* (bioplastik). Pada umumnya fungsi bioplastik sama seperti plastik konvensional yang dapat digunakan sebagai pengemas produk salah satunya buah, namun karena berbagai aktivitas mikroorganisme bioplastik akan mudah hancur dan terurai setelah dipakai dan dibuang ke lingkungan. Secara umum bioplastik dibuat dari bahan alami dan mudah terdegradasi (Jabbar, 2017). Bahan alami yang mengandung pati adalah salah satu bahan yang digunakan dalam pembuatan bioplastik. Pati merupakan polisakarida serbaguna yang melimpah di bumi dan harganya yang relatif murah. Selain itu penggunaan bahan alam pati karena mudah terdegradasi oleh alam menjadi senyawa-senyawa yang ramah lingkungan (Afif *et al.*, 2018). Pati adalah polimer alami yang berasal dari tanaman seperti singkong, kentang, jagung, dan beras. Pati singkong memiliki potensi yang besar karena tanaman singkong mudah ditemui di Indonesia dan memiliki kandungan pati yang cukup tinggi yaitu 90% dibandingkan kandungan pati pada kentang 75%, jagung 57%, dan beras 89%, sehingga pati singkong sangat berpotensi dijadikan sebagai bahan dasar pembuatan bioplastik (Wahyuningtyas, 2015). Selain pati, polisakarida yang digunakan dalam pembuatan bioplastik ialah karagenan. Karagenan adalah polimer dengan rantai linier dari

sebagian galaktan sulfat yang memiliki potensial tinggi untuk material pembentuk film sebagai pengental dan penstabil. Polisakarida sulfat ini diekstrak dari dinding sel berbagai jenis rumput laut merah (*Rhodophyceae*). Karagenan mempunyai harga yang relatif murah dan dapat menghasilkan bioplastik yang menyerupai plastik konvensional. Karagenan dan pati termasuk bahan hidrokoloid, sehingga dapat diformulasikan untuk meningkatkan sifat mekanik film (Supeni *et al.*, 2015).

Penelitian yang dilakukan oleh Pujawati *et al.*, (2021) mengenai karakteristik komposit bioplastik pati umbi talas-karagenan pada variasi suhu dan durasi gelatinisasi, menunjukkan bahwa suhu dan durasi gelatinisasi mempengaruhi karakteristik bioplastik dan didapatkan hasil terbaik pada perlakuan suhu gelatinisasi $85 \pm 1^\circ\text{C}$ dan waktu selama 5 menit dengan nilai kuat tarik 11,19 MPa, perpanjangan saat putus 4,38%, elastisitas 255,35 MPa, penyerapan air 84,35% dan laju transmisi uap air $0,55 \text{ g/jam.m}^2$. Beberapa penelitian mengenai karakteristik fisik kemasan bioplastik menyatakan bahwa jenis *plasticizer* yang ditambahkan dapat mempengaruhi keberhasilan pembuatan bioplastik. Pada penelitian Nandika *et al.*, (2021) dalam pembuatan *edible film* yang berbahan baku glukomanan dan menggunakan *plasticizer* dengan konsentrasi terbaik 1,5 g gliserol menghasilkan nilai kuat tarik 6,17 MPa, perpanjangan saat putus 21,5%, nilai elastisitas 28,720 MPa, penyerapan air 25,84%. Penelitian selanjutnya yang dilakukan oleh Putri *et al.*, (2021) menunjukkan hasil terbaik bioplastik dengan kitosan dan pati umbi talas menggunakan *plasticizer* asam stearat dengan konsentrasi terbaik 0,5 g menghasilkan nilai kuat tarik 23,00 MPa, perpanjangan saat putus 2,215%, elastisitas 1038,27 MPa, dan penyerapan air 91,46%. Penelitian lain yang dilakukan oleh Dewi (2015), dalam pembuatan bioplastik dari pati sagu dan difenilmetana diisosiyanat dengan menggunakan *plasticizer* konsentrasi terbaik 2 g minyak jarak yang menghasilkan kuat tarik 6,00 MPa, perpanjangan saat putus 119,00%, dan penyerapan air 1,01%.

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Pujawati *et al.*, (2021) menunjukkan bahwa waktu gelatinisasi berpengaruh terhadap karakteristik fisik kemasan bioplastik. Selain itu berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Nandika *et al.*, (2021), Putri *et al.*, (2021) dan Dewi, (2015) menunjukkan bahwa beberapa jenis *plasticizer* yang digunakan mempengaruhi karakteristik fisik kemasan bioplastik yang dihasilkan. Namun penelitian tentang variasi durasi gelatinisasi dan jenis *plasticizer* pada bahan baku pati singkong dan karagenan tidak ditemukan,

sementara kedua perlakuan tersebut diduga memberikan pengaruh yang signifikan terhadap karakteristik fisik kemasan bioplastik yang dihasilkan, sehingga penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan pengaruh variasi durasi gelatinisasi dan jenis *plasticizer* serta untuk mendapatkan perlakuan yang menghasilkan karakteristik fisik kemasan bioplastik paling baik.

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Biokimia dan Nutrisi serta Teknik Pasca Panen Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Udayana. Waktu pelaksanaan penelitian pada bulan Mei 2022 sampai bulan Juli 2022.

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah k-karagenan yang diperoleh dari Planet Kimia Depok, pati singkong dari Gavin Grosir Sukabumi, asam asetat, minyak jarak, asam stearat, gliserol, aquades dari UD Saba Kimia, Denpasar Utara, aluminium foil dari Nirmala Supermarket Jimbaran.

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah sendok teh, gunting, *cutter*, penggaris, talenan, pinset, nampan aluminium, timbangan analitik (Pioneertm), *beaker glass* 100 mL (Iwakicte33 Pyrex), *beaker glass* 250 mL (Iwakicte33 Pyrex), gelas ukur 100 mL (Iwakicte33 Pyrex), *hot plate* (JP. Selecta), *thermometer* (batang skala -20 +110), batang pengaduk, spatula ukuran 18 cm, pipet tetes (plastik 5 mL), cetakan teflon (IKEA Kavalkad 20 cm), oven (Ecocell MMM Medcenter Einrichtungen GmbH), *micrometer scrup* (ketelitian 0,01 mm), alat uji mekanik *Texture Analyzer TA.XT.plus* berdasarkan ASTM D638 (*American Standard for Testing and Materials*).

Pelaksanaan Penelitian

Proses pembuatan film bioplastik diawali dengan menimbang pati singkong dan k-karagenan sebanyak 6 g (1,5 g:4,5 g), menimbang 3 jenis bahan *plasticizer* sesuai perlakuan, mengukur asam asetat 1% dengan total 100 mL. Selanjutnya, pati singkong dimasukkan ke dalam *beaker glass* 1 dan k-karagenan ke *beaker glass* 2 serta asam asetat 1% dibagi dan dituang ke dalam *beaker glass* 1 dan 2 kemudian diaduk menggunakan batang pengaduk hingga larut. Selanjutnya kedua bahan dicampur dan diaduk menggunakan batang pengaduk serta dipanaskan pada *hot plate* hingga suhu $85 \pm 1^\circ\text{C}$, kemudian ditambahkan dengan 3 jenis *plasticizer* sesuai perlakuan yaitu 2 g minyak jarak, 0,5 g asam stearat dan 1,5 g gliserol, (khusus jenis *plasticizer* asam

stearat dipanaskan terlebih dahulu agar mencair) kemudian diaduk menggunakan batang pengaduk dengan durasi gelatinisasi sesuai perlakuan yaitu 3, 5, dan 7 menit. Pertahankan suhu $85 \pm 1^\circ\text{C}$ selama proses gelatinisasi berlangsung. Setelah mencapai durasi perlakuan selanjutnya gel film kemasan dituang ke cetakan teflon berdiameter 20 cm kemudian dikeringkan menggunakan oven pada suhu 50°C selama 20 jam. Setelah film dikeringkan, kemudian film didiamkan pada suhu ruang selama 24 jam lalu dilepaskan dari cetakan teflon dan dilakukan uji karakteristik fisik kemasan bioplastik. Uji karakteristik fisik kemasan bioplastik meliputi uji kuat tarik, perpanjangan saat putus, elastisitas, penyerapan air, serta ketebalan film kemasan. Hasil uji kemasan diamati dan dianalisis untuk mengetahui karakteristik fisik kemasan bioplastik dengan variasi durasi gelatinisasi dan jenis *plasticizer* berbasis pati singkong dan karagenan.

Parameter Penelitian

Kuat Tarik (*Tensile Strength*)

Perhitungan kuat tarik dilakukan untuk mengetahui seberapa tarikan maksimum atau beban yang dapat dicapai sampai film tetap bertahan sebelum putus (Lismawati, 2017). Pengujian kuat tarik diawali dengan mengatur jarak awal sampel pada alat 25 mm dan kecepatan pembebanan 5 mm/detik. Nilai kuat tarik secara matematis dapat ditulis sebagai berikut:

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \quad [1]$$

Keterangan:

σ : Kuat Tarik (MPa)

F : Beban (N)

A_0 : Luas penampang awal (m^2)

Perpanjangan saat putus (*Elongation at Break*)

Persentase perpanjangan saat putus dapat diperoleh dari perbandingan pertambahan panjang awal sampel dengan panjang akhir sampel setelah ditarik hingga putus (Pujawati *et al.*, 2021).

Nilai perpanjangan saat putus dapat diketahui menggunakan perhitungan sebagai berikut:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \times 100 \% \quad [2]$$

Keterangan:

ε : *Elongation at Break* (%)

Δl : Pertambahan Panjang (cm)

l_0 : Panjang awal (cm)

Elastisitas (*Modulus Young*)

Nilai elastisitas dari suatu film merupakan perbandingan antara kuat tarik terhadap perpanjangan saat putus (Situmorang *et al.*, 2019).

Nilai elastisitas dapat diketahui menggunakan perhitungan sebagai berikut:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad [3]$$

Keterangan:

- E : Elastisitas
- σ : Kuat tarik
- ε : Perpanjangan saat putus

Penyerapan Air (*Swelling*)

Uji penyerapan air (*swelling*) dilakukan untuk mengetahui sejauh mana bioplastik dapat tahan terhadap air (Pratiwi *et al.*, 2016). Prosedur pengujian berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Azizaturrohmah, (2019) adalah sebagai berikut: sampel dipotong dengan ukuran 3x3 cm, setelah itu berat awal sampel ditimbang (W_0). Kemudian sampel direndam kedalam *beaker glass* yang berisi aquades sebanyak 10 mL selama 5 menit selanjutnya ditimbang kembali untuk mendapatkan berat akhir (W).

Nilai penyerapan air yang dialami oleh film kemudian menggunakan rumus:

$$\text{Penyerapan air (\%)} = \frac{W - W_0}{W_0} \times 100 \% \quad [4]$$

Keterangan:

- W_0 : Berat awal sampel

W : Berat akhir sampel setelah diberi perlakuan (perendaman)

Ketebalan Kemasan

Pengujian nilai ketebalan film kemasan pada penelitian ini mengacu pada penelitian Jabbar, (2017) dengan mengukur lima titik yang berbeda pada film menggunakan *micrometer scrup*. Nilai ketebalan dihasilkan dari perhitungan rata-rata pengukuran kelima titik. Nilai ketebalan dapat diketahui menggunakan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Ketebalan(mm)} = \frac{\text{titik}(A+B+C+D+E)}{5} \quad [5]$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kuat Tarik

Berdasarkan hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa interaksi antara variasi durasi gelatinisasi dan jenis *plasticizer* memberikan pengaruh yang signifikan ($P < 0,05$) terhadap kuat tarik film kemasan bioplastik. Hasil analisis kuat tarik film kemasan bioplastik dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai Rata-rata Kuat Tarik (MPa) Film Kemasan Bioplastik

Perlakuan Durasi Gelatinisasi (D)	Perlakuan Jenis <i>Plasticizer</i> (P)		
	P1 (minyak jarak)	P2 (asam stearat)	P3 (gliserol)
D1 (3 menit)	5,42d	12,85b	7,73c
D2 (5 menit)	7,07cd	16,48a	8,57c
D3 (7 menit)	7,92c	18,28a	8,75c

Keterangan: Huruf yang sama di belakang nilai rata-rata menunjukkan perbedaan yang tidak nyata ($P > 0,05$).

Berdasarkan data yang ditampilkan pada Tabel 1 diketahui bahwa nilai kuat tarik terendah diperoleh pada perlakuan durasi gelatinisasi selama 3 menit dan jenis *plasticizer* minyak jarak yaitu sebesar 5,42 MPa sedangkan nilai kuat tarik tertinggi diperoleh pada perlakuan durasi gelatinisasi selama 7 menit dan jenis *plasticizer* asam stearat yaitu sebesar 18,28 MPa. Perhitungan kuat tarik pada film kemasan bioplastik dilakukan untuk mengetahui tarikan maksimum yang dapat dicapai hingga film tetap bertahan sebelum putus, sehingga semakin meningkat nilai kuat tarik maka semakin baik karakteristik fisik kemasan bioplastik yang dihasilkan (Lismawati, 2017; Zulnazri *et al.*, 2019; Aini *et al.*, 2021).

Pada penelitian ini dihasilkan nilai kuat tarik tertinggi 18,28 MPa pada perlakuan durasi gelatinisasi selama 7 menit dan jenis *plasticizer* asam stearat namun mengalami penurunan nilai kuat tarik pada durasi 3 menit dengan jenis *plasticizer* yang sama yaitu sebesar 12,85 MPa, hal ini dikarenakan pada saat

proses pemanasan terjadi perubahan jumlah kalor panas yang diterima oleh larutan. Dimana semakin lamanya terjadi proses pemanasan maka jumlah kalor yang diterima semakin besar sehingga mengakibatkan terjadinya proses penguapan kadar air pada larutan. Semakin banyak uap air yang keluar pada saat proses gelatinisasi berlangsung maka semakin berkurangnya kandungan air yang terdapat pada gel bahan baku bioplastik. Hal ini menyebabkan struktur molekul pada film semakin rapat dan kuat sehingga nilai kuat tarik film semakin tinggi. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Indrawati *et al.*, (2019) dan Haloho *et al.*, (2021) menunjukkan hal yang serupa dimana penggunaan durasi gelatinisasi yang lebih lama menyebabkan lebih banyaknya uap air yang keluar dan menjadikan struktur film lebih kuat dan homogen.

Nilai kuat tarik dipengaruhi oleh berat molekul jenis *plasticizer* yang digunakan, karena dapat mempengaruhi interaksi antar *plasticizer* dan

polimer. Hasil penelitian dari Nandika *et al.*, (2021) dan Wisnawa & Harsojuwono, (2021) juga menyatakan bahwa berat molekul dari bahan *plasticizer* mempengaruhi interaksi antara bahan *plasticizer* dan polimer sehingga dapat mempengaruhi nilai kuat tarik yang dihasilkan. Dimana berat molekul dalam jumlah yang terlalu tinggi maupun terlalu rendah akan menurunkan gaya intermolekuler dan menyebabkan nilai kuat tarik menurun. Dari ketiga jenis bahan *plasticizer* yang digunakan, asam stearat memiliki berat molekul yang berada diantara kedua bahan *plasticizer* lainnya. Berdasarkan beberapa hasil penelitian diketahui bahwa berat molekul jenis *plasticizer* minyak jarak yaitu sebesar 797,86 g/mol (Nurhajati *et al.*, 2015) dan gliserol sebesar 92,09 g/mol (Jabbar, 2017) sedangkan asam stearat memiliki berat molekul sebesar 284,48 g/mol (Sugiarto *et al.*, 2016). Hasil penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian Afif *et al.*, (2018) dan Situmorang *et al.*, (2019) yang menyatakan bahwa campuran telah melampaui titik jenuh dikarenakan berat molekul dari jenis *plasticizer* yang berlebih berada pada fase terluar sendiri dan menurunkan gaya intermolekuler pada polimer

sehingga nilai kuat tarik menurun. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Anandito *et al.*, (2012) dan Supeni *et al.*, (2015) menunjukkan bahwa jenis *plasticizer* yang memiliki berat molekul yang kecil/rendah akan mengganggu kestabilan interaksi molekul bahan campuran dan menurunkan gaya intermolekuler sehingga menyebabkan nilai kuat tarik menurun.

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) 7818:2014 bioplastik memiliki nilai kuat tarik minimal sebesar 13,7 MPa. Dari penelitian ini dihasilkan rentang nilai kuat tarik adalah sebesar 5,42-18,28 MPa yang menandakan film kemasan bioplastik sudah memenuhi SNI 7818:2014.

Perpanjangan saat putus

Berdasarkan hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa interaksi antara variasi durasi gelatinisasi dan jenis *plasticizer* berpengaruh signifikan ($P < 0,05$) terhadap perpanjangan saat putus film kemasan bioplastik. Hasil analisis perpanjangan saat putus film kemasan bioplastik disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai Rata-rata Perpanjangan saat putus (%) Film Kemasan Bioplastik

Perlakuan Durasi Gelatinisasi (D)	Perlakuan Jenis <i>Plasticizer</i> (P)		
	P1 (minyak jarak)	P2 (asam stearat)	P3 (gliserol)
D1 (3 menit)	24,46a	13,04e	17,42c
D2 (5 menit)	22,27b	9,21f	16,32cd
D3 (7 menit)	17,08c	7,34g	15,01d

Keterangan: Huruf yang sama di belakang nilai rata-rata menunjukkan perbedaan yang tidak nyata ($P > 0,05$).

Berdasarkan data yang ditampilkan pada Tabel 2 diketahui bahwa persentase perpanjangan saat putus terendah diperoleh pada perlakuan durasi gelatinisasi selama 7 menit dan jenis *plasticizer* asam stearat sebesar 7,34% sedangkan persentase perpanjangan saat putus tertinggi diperoleh pada perlakuan durasi gelatinisasi selama 3 menit dan jenis *plasticizer* minyak jarak sebesar 24,46%. Perhitungan nilai perpanjangan saat putus dilakukan untuk mengetahui berapa persentase perubahan panjang film yang terjadi pada sewaktu ditarik sampai putus, semakin rendah persentase perpanjangan saat putus maka semakin baik karakteristik fisik bioplastik (Pujawati *et al.*, 2021). Pada penelitian ini dihasilkan nilai persentase perpanjangan saat putus tertinggi 24,46% pada perlakuan durasi gelatinisasi 3 menit dan jenis *plasticizer* minyak jarak namun mengalami penurunan persentase perpanjangan saat putus pada durasi 7 menit dengan jenis *plasticizer* yang sama yaitu sebesar 17,08%, hal ini dikarenakan semakin lama durasi gelatinisasi maka ikatan molekul bahan

campuran semakin homogen dan uap air yang keluar semakin banyak sehingga film kemasan bioplastik akan semakin rapat dan menyebabkan film kemasan semakin kuat. Penambahan jenis *plasticizer* minyak jarak menghasilkan nilai perpanjangan saat putus yang memenuhi SNI, hal tersebut dikarenakan berat molekul minyak jarak yang tinggi sehingga molekul *plasticizer* memiliki fase tersendiri dan menurunkan gaya intermolekuler sehingga nilai perpanjangan saat putus semakin meningkat. Berdasarkan hasil penelitian Afif *et al.*, (2018) dan Wisnawa & Harsojuwono, (2021) peningkatan nilai perpanjangan saat putus disebabkan oleh berat molekul *plasticizer* berlebih menyebabkan jarak antar rantai pati menjadi renggang sehingga memudahkan pergerakan antar molekul. Pada hasil penelitian ini menunjukkan bahwa nilai perpanjangan saat putus berbanding terbalik dengan nilai kuat tarik.

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) 7818:2014, bioplastik memiliki rentang nilai

perpanjangan saat putus sebesar 21-220%. Dari penelitian ini rentang nilai perpanjangan saat putus adalah sebesar 7,34-24,46% sehingga film kemasan bioplastik yang dihasilkan sudah memenuhi SNI 7818:2014.

jenis *plasticizer* memberikan pengaruh yang signifikan ($P < 0,05$) terhadap elastisitas film kemasan bioplastik. Hasil analisis elastisitas film kemasan bioplastik dapat dilihat pada Tabel 3.

Elastisitas

Berdasarkan hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa interaksi antara variasi durasi gelatinisasi dan

Tabel 3. Nilai Rata-rata Elastisitas (MPa) Film Kemasan Bioplastik

Perlakuan Durasi Gelatinisasi (D)	Perlakuan Jenis <i>Plasticizer</i> (P)		
	P1 (minyak jarak)	P2 (asam stearat)	P3 (gliserol)
D1 (3 menit)	22,17d	98,74c	44,58d
D2 (5 menit)	31,78d	183,99b	52,28d
D3 (7 menit)	46,35d	255,52a	58,22d

Keterangan: Huruf yang sama di belakang nilai rata-rata menunjukkan perbedaan yang tidak nyata ($P > 0,05$).

Berdasarkan data yang ditampilkan pada Tabel 3 diketahui nilai elastisitas terendah diperoleh pada perlakuan durasi gelatinisasi selama 3 menit dan jenis *plasticizer* minyak jarak yaitu sebesar 22,17 MPa sedangkan nilai elastisitas tertinggi diperoleh pada perlakuan durasi gelatinisasi selama 7 menit dan jenis *plasticizer* asam stearat yaitu sebesar 255,52 MPa. Perhitungan nilai elastisitas pada film kemasan bioplastik dilakukan untuk mengetahui tingkat kekakuan dari film kemasan bioplastik, hasil penelitian yang diharapkan adalah kemasan yang memiliki nilai elastisitas tinggi (Ratriyantari, 2018; Situmorang *et al.*, 2019).

Pada data Tabel 3, dapat diamati bahwa nilai elastisitas pada penelitian ini berbanding lurus terhadap nilai kuat tarik namun berbanding terbalik terhadap nilai perpanjangan saat putus, karena nilai elastisitas diperoleh dari perbandingan antara nilai kuat tarik dengan nilai perpanjangan saat putus, sehingga makin tinggi nilai kuat tarik yang diperoleh maka makin tinggi nilai elastisitas yang dihasilkan. Penelitian ini memiliki hasil sesuai dengan Situmorang *et al.*, (2019) dan Putri *et al.*, (2021) yang

menyatakan bahwa besarnya nilai elastisitas disebabkan oleh semakin besar nilai kuat tarik pada film tersebut, jika nilai elastisitas dan kuat tarik yang dihasilkan semakin besar maka nilai perpanjangan saat putus pada film akan semakin kecil karena jika semakin kuat film maka semakin sulit film tersebut untuk memanjang.

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) 7818:2014, rentang nilai elastisitas bioplastik berkisar antara 40-1120 MPa. Dari penelitian ini dihasilkan rentang nilai elastisitas adalah sebesar 22,17-255,52 MPa sehingga menunjukkan besarnya nilai elastisitas film kemasan bioplastik yang dihasilkan sudah memenuhi SNI 7818:2014.

Penyerapan Air

Berdasarkan hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa interaksi antara variasi durasi gelatinisasi dan jenis *plasticizer* memberikan pengaruh yang signifikan ($P < 0,05$) terhadap persentase penyerapan air film kemasan bioplastik. Hasil analisis penyerapan air film kemasan bioplastik disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai Rata-rata Penyerapan Air (%) Film Kemasan Bioplastik

Perlakuan Durasi Gelatinisasi (D)	Perlakuan Jenis <i>Plasticizer</i> (P)		
	P1 (minyak jarak)	P2 (asam stearat)	P3 (gliserol)
D1 (3 menit)	0,61f	0,86d	1,56a
D2 (5 menit)	0,58fg	0,83de	1,47b
D3 (7 menit)	0,55g	0,80e	1,37c

Keterangan: Huruf yang sama di belakang nilai rata-rata menunjukkan perbedaan yang tidak nyata ($P > 0,05$).

Berdasarkan data pada Tabel 4 diketahui bahwa nilai penyerapan air tertinggi diperoleh pada perlakuan

durasi gelatinisasi selama 3 menit dan jenis *plasticizer* gliserol yaitu sebesar 1,56% sedangkan

nilai penyerapan air terendah diperoleh pada perlakuan durasi gelatinisasi selama 7 menit dan jenis *plasticizer* minyak jarak yaitu sebesar 0,55%. Perhitungan nilai penyerapan air dilakukan untuk mengetahui tingkat ketahanan suatu kemasan terhadap air, semakin rendah persentase penyerapan air yang dihasilkan maka karakteristik film kemasan bioplastik akan semakin baik (Situmorang *et al.*, 2019; Muhammad *et al.*, 2020).

Berdasarkan data hasil penelitian diketahui bahwa semakin lama durasi gelatinisasi maka semakin rendah nilai penyerapan air film kemasan bioplastik yang dihasilkan karena semakin lama proses gelatinisasi maka jumlah kadar air yang keluar dari larutan akan lebih banyak. Hal ini menyebabkan rongga yang terdapat pada gel film bioplastik semakin rapat dan menghasilkan struktur film yang homogen sehingga air semakin sulit untuk masuk ke dalam film. Hasil penelitian dari Sitorus *et al.*, (2022) menyatakan hal yang sama jika semakin rapatnya struktur film yang dihasilkan maka kemampuan daya serap airnya akan semakin menurun. Persentase penyerapan air terendah 0,55% diperoleh dengan penambahan jenis *plasticizer* minyak jarak karena jenis *plasticizer* minyak jarak memiliki karakteristik fisik berupa minyak yang sulit untuk menyatu dengan air (hidrofobik). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Dewi, (2015) menggunakan jenis *plasticizer* minyak jarak mendapatkan hasil bahwa jenis *plasticizer* minyak jarak memiliki sifat

hidrofobik (tidak suka air) yang menyebabkan menurunnya persentase penyerapan air yang dihasilkan. Sedangkan persentase penyerapan air mengalami peningkatan dengan penambahan jenis *plasticizer* gliserol, hal ini disebabkan gliserol memiliki kemampuan mengikat air yang besar atau bersifat hidrofilik (suka air). Beberapa hasil penelitian juga menyatakan dengan adanya penambahan jenis *plasticizer* gliserol pada pembuatan film bioplastik maka persentase penyerapan air akan meningkat dikarenakan gliserol memiliki senyawa hidroksil yang mampu berikatan dengan air sehingga gliserol bersifat hidrofilik (Nandika *et al.*, 2021; Wisnawa & Harsojuwono, 2021).

Berdasarkan Standard, (1993) *Standart International* (SI) EN 317, standar nilai penyerapan air (*swelling*) bioplastik adalah maksimal 1,44%. Dari penelitian ini dihasilkan rentang nilai penyerapan air (*swelling*) adalah sebesar 0,55-1,56% sehingga nilai penyerapan air (*swelling*) pada film kemasan bioplastik yang dihasilkan sudah memenuhi SI EN 317.

Ketebalan

Berdasarkan hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa interaksi antara variasi durasi gelatinisasi dan jenis *plasticizer* memberikan pengaruh yang signifikan ($P < 0,05$) terhadap ketebalan film kemasan bioplastik. Hasil analisis ketebalan film kemasan bioplastik dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Nilai Rata-rata Ketebalan (mm) Film Kemasan Bioplastik

Perlakuan Durasi Gelatinisasi (D)	Perlakuan Jenis <i>Plasticizer</i> (P)		
	P1 (minyak jarak)	P2 (asam stearat)	P3 (gliserol)
D1 (3 menit)	0,49a	0,34d	0,24fg
D2 (5 menit)	0,45b	0,29e	0,21gh
D3 (7 menit)	0,40c	0,25f	0,20h

Keterangan: Huruf yang sama di belakang nilai rata-rata menunjukkan perbedaan yang tidak nyata ($P > 0,05$).

Berdasarkan data yang ditampilkan pada Tabel 5. nilai ketebalan terendah diperoleh pada perlakuan durasi gelatinisasi selama 7 menit dan jenis *plasticizer*.gliserol yaitu sebesar 0,20 mm sedangkan nilai ketebalan tertinggi diperoleh pada perlakuan durasi gelatinisasi selama 3 menit dan jenis *plasticizer* minyak jarak yaitu sebesar 0,49 mm. Pengukuran ketebalan merupakan salah satu parameter yang berperan penting karena dapat mempengaruhi permeabilitas gas dan laju transmisi uap air serta kemasan yang memiliki nilai ketebalan yang baik akan mampu mempertahankan mutu dari produk yang dikemas (Anandito *et al.*, 2012).

Berdasarkan hasil penelitian, diketahui bahwa makin lama durasi gelatinisasi maka nilai ketebalan kemasan akan semakin menurun, hal ini disebabkan oleh semakin lamanya durasi gelatinisasi maka semakin lama terjadi proses pemanasan dan uap air yang keluar akan semakin banyak sehingga mempengaruhi ketebalan film kemasan bioplastik. Hal tersebut didukung oleh penelitian Dewi *et al.*, (2017) dan Sitompul & Zubaidah, (2017) jika semakin lama terjadinya proses pemanasan mengakibatkan semakin banyak uap air yang keluar sehingga semakin sedikit kandungan air yang terdapat dalam gel film kemasan dan nilai ketebalan yang dihasilkan semakin menurun. Nilai ketebalan film juga dipengaruhi oleh viskositas (kekentalan)

larutan, semakin tinggi viskositas larutan film maka nilai ketebalan film akan semakin meningkat. Hasil penelitian Supeni *et al.*, (2015) dan Arifin *et al.*, (2022) menyatakan semakin tingginya viskositas maka nilai ketebalan *film* yang dihasilkan akan semakin tinggi. Viskositas akan meningkat seiring dengan meningkatnya berat molekul polimer (Saefuloh *et al.*, 2019).

Nilai ketebalan film kemasan bioplastik terendah diperoleh pada perlakuan durasi gelatinisasi selama 7 menit dan jenis *plasticizer* gliserol yaitu sebesar 0,20 mm, hal ini disebabkan rendahnya berat molekul dari jenis *plasticizer* gliserol sehingga viskositas larutan yang dihasilkan juga rendah. Sedangkan nilai ketebalan film kemasan bioplastik tertinggi diperoleh pada perlakuan durasi gelatinisasi selama 3 menit dan jenis *plasticizer* minyak jarak yaitu sebesar 0,49 mm yang disebabkan oleh jenis *plasticizer* minyak jarak memiliki berat molekul yang lebih tinggi sehingga menghasilkan viskositas larutan yang tinggi. Selain itu ketebalan film kemasan juga dipengaruhi oleh ukuran cetakan yang digunakan, viskositas yang berbeda namun ukuran cetakan yang sama akan menyebabkan nilai ketebalan film kemasan bioplastik yang dihasilkan berbeda. Berdasarkan beberapa hasil penelitian juga menyebutkan hal yang serupa bahwa nilai ketebalan disebabkan oleh ukuran cetakan yang sama sementara viskositas yang dihasilkan oleh larutan berbeda-beda (Yuniarti *et al.*, 2014; Mandei & Muis, 2018; Putra *et al.*, 2019; Nur *et al.*, 2020).

Berdasarkan *Japanese Industrial Standart* (JIS) dalam penetapan ketebalan bioplastik yaitu sebesar \leq 0,25 mm. Dari penelitian ini dihasilkan rentang nilai ketebalan adalah sebesar 0,20-0,49 mm sehingga nilai ketebalan film kemasan bioplastik yang dihasilkan sudah memenuhi *Japanese Industrial Standart* (JIS).

KESIMPULAN

Perlakuan variasi durasi gelatinisasi dan jenis *plasticizer* film kemasan bioplastik berpengaruh nyata pada nilai kuat tarik, perpanjangan saat putus, elastisitas, penyerapan air dan ketebalan film kemasan bioplastik. Perlakuan durasi gelatinisasi selama 7 menit dan jenis *plasticizer* asam stearat menghasilkan film kemasan bioplastik dengan karakteristik terbaik yaitu nilai kuat tarik sebesar 18,28 MPa, perpanjangan saat putus 7,34%, elastisitas 255,52 MPa, penyerapan air 0,80%, dan ketebalan 0,25 mm.

Daftar pustaka

- Afif, M., Wijayati, N., & Mursiti, S. (2018). Pembuatan dan Karakterisasi Bioplastik dari Pati Biji Alpukat-Kitosan dengan Plasticizer Sorbitol. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 7(2), 102–109.
- Aini, A. F. N., Harsojuwono, B. A., & Suhendra, L. (2021). Karakteristik Komposit Bioplastik Maizena dan Glukomanan pada Perlakuan Jenis dan Konsentrasi Bahan Pengisi. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 9(4), 456–468.
- Anandito, R. B. K., Nurhartadi, E., & Bukhori, A. (2012). Pengaruh Gliserol terhadap Karakteristik Edible Film Berbahan Dasar Tepung Jali (*Coix lacryma-jobi L.*). *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, 5(2), 17–23.
- Arifin, M. H., Suyatma, N. E., & Indrasti, D. (2022). Karakterisasi Kitoooligosakarida Yang Didepolimerisasi Dengan Metode Berbeda Dan Kajiannya Sebagai Active Film. *Pengolahan Hasil Perikanan*, 25(1), 18–33.
- Azizaturrohmah. (2019). *Perbandingan Plasticizer Gliserol Dan Sorbitol Pada Bioplastik Pati Sagu (Metroxylon sp.) Dengan Penambahan Minyak Kulit Jeruk Manis (Citrus sinensis L.) Sebagai Antioksidan*.
- Dewi, N. L. G. S., Admadi, B., & Hartati, A. (2017). Karakteristik Bioplastik Alginat Dari Rumput Laut *Ulva lactuca* (Tinjauan Suhu dan Lama Gelatinisasi). *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 5(3), 66–73.
- Dewi, R. (2015). Cross-Linking Pati Sagu Termoplastik Biodegradable (Modified Thermoplastic Starch/TPS) Dengan Difenilmetana Diisosiyanat (MDI) Dan Minyak Jarak. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 1(Mei), 15–24.
- Haloho, R. J., Harsojuwono, B. A., & Suwariani, N. P. (2021). Pengaruh Konsentrasi Asam Stearat dan Lama Pengadukan Proses Gelatinisasi terhadap Karakteristik Komposit Bioplastik Maizena-Glukomanan. 9(4), 488–503.
- Indrawati, C., Harsojuwono, B. A., & Hartati, A. (2019). Karakteristik Komposit Bioplastik Glukomanan Dan Maizena Dalam Pengaruh Variasi Suhu Dan Waktu Gelatinisasi. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 7(3), 468–477.
- Jabbar, U. F. (2017). Pengaruh Penambahan Kitosan Terhadap Karakteristik Bioplastik dari Pati Kulit Kentang (*Solanum tuberosum. L.*). In *Skripsi*.

- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2021). *SIPSN-Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional*. <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/public/hubungi>
- Lismawati. (2017). Pengaruh Penambahan Plasticizer Gliserol Terhadap Karakteristik Edible Film dari Pati Kentang (*Solanum tuberosum* L.). *Skripsi*, 1–67.
- Mandei, J. H., & Muis, A. (2018). Pengaruh Konsentrasi Karaginan, Jenis Dan Konsentrasi Lipid Pada Pembuatan Edible Coating/Film Dan Aplikasinya Pada Buah Tomat Apel Dan Kue Nogat. *Jurnal Penelitian Teknologi Industri*, 10(1), 25–36.
- Muhammad, Ridara, R., & Masrullita. (2020). Sintesis Bioplastik Dari Pati Biji Alpukat Dengan Bahan pengisi Kitosan. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 9(2), 1–11.
- Nandika, A., Harsojuwono, B. A., & Arnata, I. W. (2021). Pengaruh Jenis dan Konsentrasi Bahan Pelmastis terhadap Bioplastik Glukomanan. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 9(1), 75–84. <https://doi.org/10.24843/jrma.2021.v09.i01.p08>
- Nur, R. A., Nazir, N., & Taib, G. (2020). Karakteristik Bioplastik dari Pati Biji Durian dan Pati Singkong yang Menggunakan Bahan Pengisi MCC (Microcrystalline cellulose) dari Kulit Kakao. *Jurnal Warmadewa*, 25(April), 1–10.
- Nurhajati, D. W., Supratiningsih, & Sarengat, N. (2015). *Pengaruh Pelmastis Nabati Terhadap Sifat Elastomer Termoplastik Berbasis Campuran Karet Alam/Polipropilena*. 31(2), 75–84.
- Pratiwi, R., Rahayu, D., & Barliana, M. I. (2016). Pemanfaatan Selulosa Dari Limbah Jerami Padi (*Oryza sativa*) Sebagai Bahan Bioplastik. *Indonesian Journal of Pharmaceutical Science and Technology*, 3(3), 83. <https://doi.org/10.15416/ijpst.v3i3.9406>
- Pujawati, D., Hartiati, A., & Suwarini, N, P. (2021). *Karakteristik Komposit Bioplastik Pati Ubi Talas-Karagenan pada Variasi Suhu dan Waktu Gelatinisasi*. 9(3), 277–287.
- Putra, D. M. D. P., Harsojuwono, B. A., & Hartati, A. (2019). Studi Suhu Dan pH Gelatinisasi Pada Pembuatan Bioplastik Dari Pati Kulit Singkong. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 7(3), 441. <https://doi.org/10.24843/jrma.2019.v07.i03.p11>
- Putri, R. R. A., Hartiati, A., & Harsojuwono, B. A. (2021). *Pengaruh Jenis dan Konsentrasi Pelmastis terhadap Karakteristik Komposit Bioplastik Pati Ubi Talas Belitung (Xanthosoma sagittifolium) - Kitosan*. 9(3), 323–334.
- Ratriyantari, F. A. (2018). *Pengukuran Nilai Viskositas Gliserin Dengan Berbagai Konsentrasi Menggunakan Analisis Video Pada Logger Pro*.
- Saefuloh, I., Rifa, A., Haryadi, Yusuf, Y., Susilo, S., & Aswata. (2019). Pengaruh Temperatur dan Reduksi Hasil Proses Rolling Terhadap Sifat Mekanik Ultra High Molecular Weight Polyethylene (UHMWPE) Sebagai Material Pengganti Lutut Tiruan. *Jurnal Teknik Mesin Untirta*, 5(1), 105–112.
- Saputra, A., Lutfi, M., & Masruroh, 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.
- Sitompul, A. J. W. S., & Zubaidah, E. (2017). Pengaruh Jenis dan Konsentrasi Plasticizer Terhadap Sifat Fisik Edible Film Kolang Kaling (*Arenga pinnata*). *Jurnal Pangan Dan Agroindustri*, 5(1), 13–25.
- Sitorus, T. I. S., Harsojuwono, B. A., & Suwariani, N. P. (2022). Karakteristik Komposit Bioplastik pada Perlakuan Rasio Campuran Karagenan-Glukomanan dan Suhu Gelatinisasi. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 10(1), 55–67.
- Situmorang, F. U., Hartiati, A., & Harsojuwono, B. A. (2019). Pengaruh Konsentrasi Pati Ubi Talas (*Colocasia esculenta*) Dan Jenis Plasticizer Terhadap Karakteristik Bioplastik. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 7(3), 457–467. <https://doi.org/10.24843/jrma.2019.v07.i03.p13>
- Situmorang, Harsojuwono, B. A., & Hartati, A. (2019). Karakteristik Komposit Bioplastik dalam Variasi Rasio Maizena-Glukomanan dan Variasi pH Pelarut. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 7(3), 391–400. <https://doi.org/10.24843/jrma.2021.v09.i01.p10>
- Standard, E. (1993). *European Standard Determination Of Swelling In Thickness Immersion In Water After. February*, 3–5.
- Sucipta, I. N., Suriasih, K., & Kenacana, P. K. D. (2017). *Pengemasan Pangan Kajian Pengemasan Yang Aman, Nyaman, Efektif Dan*

- Efisien. *Udayana University Press*, 1–178.
- Sugiarto, Sunarti, T. C., Suryani, A., Sutrisno, & Yuliasih, I. (2016). *Aplikasi Asam Stearat Sebagai Compatibilizer Pada Film Komposit Tepung Ubi Kayu-Linier Low Density Polyethylene*. 26(1), 1–8.
- Supeni, G., Cahyaningtyas, A. A., & Fitrina, A. (2015). Karakterisasi Sifat Fisik Dan Mekanik Penambahan Kitosan Pada Edible Film Karagenan Dan Tapioka Termodifikasi. *Jurnal Kimia Kemasan*, 37(2), 103–110.
- Wahyuningtyas, M. (2015). *Pembuatan Dan Karakterisasi Film Pati Kulit Ari Singkong/Kitosan Dengan Plasticizer Asam Oleat*.
- Wisnawa, & Harsojuwono, B. A. (2021). Karakteristik Komposit Bioplastik dalam Variasi Rasio Maizena-Glukomanan dan Jenis Pemlastis. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 9(1), 99–108.
- Yuniarti, L. I., Hutomo, G. S., & Rahim, A. (2014). Sintesis Dan Karakterisasi Bioplastik Berbasis Pati Sagu (*Metroxylon sp*). *Jurnal Agroteknologi*, 2(1), 38–46.
- Zulnazri, Rahmadani, S., & Dewi, R. (2019). Pemanfaatan Pati Batang Ubi Kayu dan Pati Ubi Kayu untuk Bahan Baku Alternatif Pembuatan Plastik Biodegradable. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 8(1), 26–35.