

Pengaruh Suhu Gelatinisasi dan Durasi Pengadukan terhadap Karakteristik Film Kemasan Cerdas Bioplastik***Effect of Gelatinization Temperature and Stirring Duration on Characteristics of Bioplastic Smart Packaging Film*****Anna Sukma Muthia, Ni Luh Yulianti*, I Wayan Widia***Program Studi Teknik Pertanian dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Udayana, Badung, Bali, Indonesia**E-mail: yulianti@unud.ac.id**Abstrak**

Karakteristik kemasan dapat dipengaruhi oleh suhu gelatinisasi dan durasi pengadukan. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh suhu gelatinisasi dan durasi pengadukan terhadap karakteristik film kemasan cerdas bioplastik serta memperoleh perlakuan yang menghasilkan karakteristik kemasan paling baik. Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan faktor pertama perlakuan yaitu, suhu gelatinisasi (T) yang terdiri dari 3 level suhu: $75\pm 2^{\circ}\text{C}$, $80\pm 2^{\circ}\text{C}$, dan $85\pm 2^{\circ}\text{C}$ dan faktor kedua yaitu, durasi pengadukan (D) yang terdiri dari 3 level: 5, 10 dan 15 menit dengan dua kali pengulangan sehingga menghasilkan 18 unit percobaan. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan sidik ragam dan apabila perlakuan berpengaruh terhadap parameter yang diamati maka akan dilanjutkan dengan Uji *Duncan*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan suhu gelatinisasi dan durasi pengadukan pada pembuatan kemasan cerdas bioplastik berpengaruh terhadap nilai kuat tarik, pemanjangan, elastisitas, ketahanan air, ketebalan dan perubahan warna film kemasan cerdas. Perlakuan suhu gelatinisasi 80°C dan durasi pengadukan selama 5 menit merupakan perlakuan yang menghasilkan kemasan cerdas dengan karakteristik terbaik yaitu nilai kuat tarik sebesar 14,10 MPa, pemanjangan sebesar 3,73%, elastisitas sebesar 397,75 MPa, ketahanan air sebesar 96,58%, dan ketebalan sebesar 0,40 mm dan menunjukkan perubahan warna yang responsif.

Kata kunci: *bioplastik, durasi pengadukan, kemasan cerdas, suhu gelatinisasi***Abstract**

Packaging characteristics can be affected by gelatinization temperature and stirring duration. This research was conducted to obtain gelatinization temperature and stirring duration effect to bioplastic smart packaging film characteristics and to obtain a combination of gelatinization temperature and stirring duration that can produce the best packaging characteristic. The experimental design used was a Randomized Block Design (RBD) with the first-factor treatment is gelatinization temperature (T) which consisted of 3 levels: 75°C , 80°C , and 85°C . The second factor is stirring duration (D) which consisted of 3 levels: 5, 10 dan 15 minutes, with two repetitions to produce 18 experimental units. The data obtained were analyzed by using Analysis of variance (ANOVA) and if the treatment affected the observed parameters, the test was continued with Duncan's test. Gelatinization temperature treatment and stirring duration in the making of starch and bioplastic smart packaging affect the value of tensile strength, elongation, elasticity, water resistance, thickness, and color change of smart packaging films. The gelatinization temperature treatment of 80°C and the stirring duration of 5 minutes resulted in smart packaging with the characteristics of tensile strength of 14.10 MPa, elongation 3.73%, elasticity 397.75 MPa, water resistance 96.58%, and thickness 0.40 mm and show responsive color changes.

Keywords: *bioplastic, gelatinization temperature, smart packaging, stirring duration***PENDAHULUAN**

Pengemasan merupakan faktor penting dalam dunia industri terutama sektor pangan. Peranan pengemasan khususnya pada produk pangan adalah untuk menghindari kerusakan pada produk yang disebabkan oleh faktor luar seperti oksigen, cahaya, mikroorganisme, dan kelembaban selain itu pengemasan juga berperan untuk mempertahankan

kualitas dan mutu produk serta memperpanjang masa simpan (Sucipta *et al.*, 2017). Penggunaan kemasan berperan besar dalam mencegah dan memperlambat terjadinya kerusakan bahan makanan dimana bahan penyusun berpengaruh terhadap umur simpan kerusakan nilai gizi, protein, lemak serta organoleptik yang terdapat dalam makanan (Elfaini dan Domonita, 2019). Seiring dengan berkembangnya teknologi,

inovasi dalam bidang kemasan juga semakin pesat, beberapa diantaranya memiliki karakteristik lebih ramah lingkungan (bioplastik) dan memiliki kemampuan khusus seperti kemasan yang mampu mendeteksi perubahan karakteristik suatu produk, atau lebih dikenal sebagai kemasan cerdas (*Smart Packaging*) (Malinda, 2019). Kemasan cerdas merupakan kemasan yang mampu mendeteksi kondisi dan memberikan informasi terkait kualitas produk selama perjalanan atau penyimpanan (Warsiki dan Putri, 2012), sehingga dengan adanya kemasan cerdas, penilaian kesegaran produk dapat dilaksanakan dengan mudah dan cepat. Kemasan cerdas tersusun dari bahan yang berbeda. Beberapa diantaranya menggunakan bahan utama pati dari umbi-umbian, dan kitosan yang dinilai memiliki karakteristik ramah lingkungan, dapat diuraikan secara alami, memiliki sifat kedap yang baik terhadap gas oksigen, dan berpotensi sebagai bahan kemasan atau bahan pelapis layak santap (*edible film/edible coating*) (Irawan, 2010). Jabbar (2017) melaporkan, pemberian kitosan dengan variasi jumlah yang berbeda memberikan pengaruh yang signifikan terhadap karakteristik bioplastik dimana bioplastik yang dihasilkan dari penelitian tersebut memiliki ketebalan 0,25 mm, kuat tarik 23,38 MPa, persen pemanjangan 21,11% dan ketahanan air 73,43%. Selain kitosan, bahan lain yang sering dijadikan campuran dalam pembuatan kemasan, khususnya kemasan cerdas adalah gliserol. Menurut Irawan (2010), penambahan gliserol yang berfungsi sebagai pemaltis/*plasticizer* dapat memengaruhi sifat fisik dan mekanik dari film kemasan yang dihasilkan.

Karakteristik kemasan juga dipengaruhi oleh suhu gelatinisasi dan durasi pengadukan (Pujawati *et al.*, 2021). Menurut Dewi *et al.* (2017), rendahnya suhu memberikan pengaruh terhadap ketebalan dari bioplastik yang dihasilkan karena uap air yang keluar lebih sedikit sehingga kandungan air pada bioplastik tinggi, selain itu suhu dan durasi gelatinisasi juga memiliki pengaruh nyata pada analisis pengembangan volume dan analisis *biodegradable*. Dasar dari pembuatan bioplastik berbasis pati adalah prinsip gelatinisasi dimana dengan perlakuan suhu tinggi yang diberikan pada proses tersebut menyebabkan granula pati membengkak karena menyerap air sehingga suhu gelatinisasi dapat mempengaruhi viskositas dari larutan film dan secara tidak langsung berpengaruh pada karakteristik dari film kemasan yang dihasilkan (Ginting *et al.*, 2014).

Beberapa penelitian mengenai penggunaan kemasan cerdas dalam mendeteksi kesegaran produk pangan, menggunakan indikator warna sebagai penentu kemunduran kualitas produk. Menurut Riyanto *et al.* (2010), penggunaan kemasan yang disertai dengan

penentu nilai kemunduran mutu ikan telah dikembangkan, bahkan telah dikomersilkan, diantaranya adalah *Time Temperature Integrators* (TTI) yang mampu bereaksi langsung terhadap perubahan kimiawi atau biologi dari proses kemunduran mutu yang menandakan rusaknya produk. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Iwanto *et al.* (2018), tentang penggunaan *Bromocresol Purple* (sebagai indikator warna pada biosensor pendeteksi kesegaran ikan, biosensor memberikan reaksi yang baik sehingga mampu menyampaikan informasi produk yang ditandai oleh perubahan warna dengan rentang yang signifikan yaitu ungu hingga kuning seiring dengan lamanya pengamatan. Terkait dengan penggunaan *Bromocresol Purple* sebagai indikator warna biosensor, Riyanto *et al.* (2014), melaporkan bahwa *Bromocresol Purple* memiliki kemudahan pengenalan perubahan warna yang baik sehingga bila digunakan sebagai indikator warna pada biosensor akan memberikan respon yang sensitif dan mudah dianalisis.

Proses gelatinasi dan suhu pengadukan merupakan perlakuan yang sangat penting dalam proses pembuatan sebuah kemasan terhadap kualitas kemasan yang dihasilkan. Hingga saat ini, penelitian tentang perlakuan suhu gelatinisasi dan durasi pengadukan yang tepat dengan penggunaan *Bromocresol Purple* sebagai indikator warna pada proses pembuatan bioplastik kemasan cerdas masih jarang ditemui sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh suhu gelatinisasi dan durasi pengadukan terhadap karakteristik kemasan cerdas. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh suhu gelatinisasi dan durasi pengadukan terhadap karakteristik film kemasan cerdas bioplastik dan untuk memperoleh kombinasi suhu gelatinisasi dan durasi pengadukan yang dapat menghasilkan karakteristik kemasan cerdas bioplastik terbaik.

METODE

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Biokimia Proses dan Nutrisi serta Teknik Pasca Panen Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Udayana. Waktu pelaksanaan pada bulan Mei sampai Agustus 2021.

Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sendok, gunting, pisau, *cutter*, penggaris, talenan, pinset, nampan aluminium, timbangan analitik (Pioneer Tm), *chromameter*, *beaker glass* 100 ml (Iwakicte33 Pyrex), *beaker glass* 250 ml (Iwakicte33 Pyrex), *beaker glass* 500 ml (Iwakicte33 Pyrex), *hot plate* (Jp. Selecta), *thermometer* (batang skala -20

+110), pH meter, batang pengaduk, pipet tetes (plastik 3 ml), cetakan teflon berdiameter 20 cm (Ikea Kavalkad 20 cm), oven (Ecocell MMM Medcenter Einrichtungen GmbH), *micrometer scrup* (ketelitian 0,001 mm) dan alat uji mekanik plastik berdasarkan ASTM (Automatic System Tester Machine) D638. Sedangkan bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah kitosan, pati/tepung tapioka, gliserol, asam asetat, *Bromocresol Purple*, aquades.

Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dimulai dengan pembuatan film kemasan cerdas dan dilanjutkan dengan uji karakteristik serta uji reaksi perubahan warna kemasan terhadap larutan asam. Pembuatan film diawali dengan penimbangan bahan: pati tapioka 1,5 gram dan kitosan 4,5 gram (rasio 1:3), kemudian mengukur larutan asam asetat 1% 93 ml. Pati dan kitosan dilarutkan secara terpisah terlebih dahulu. Selanjutnya, kedua bahan dicampur serta ditambahkan dengan 1g *plasticizer* gliserol dan 0,01 g *Bromocresol Purple* diaduk menggunakan batang pengaduk pada *hot plate* dengan suhu ($75 \pm 2^\circ\text{C}$, $80 \pm 2^\circ\text{C}$, $85 \pm 2^\circ\text{C}$ yang diamati menggunakan *thermometer*) waktu (5,10, dan 15 menit) sesuai perlakuan yang akan menghasilkan adonan gel. Gel tersebut dicetak pada teflon berdiameter 20 cm kemudian dikeringkan pada oven dengan suhu 50°C selama 20 jam sehingga menghasilkan lembaran film. Setelah dikeringkan, film didinginkan pada suhu ruang selama 24 jam sampai lembaran film dapat dilepas dari cetakan untuk dilakukan uji karakteristik kemasan. Selanjutnya dilakukan uji karakteristik kemasan yaitu uji kuat tarik, pemanjangan, elastisitas, uji ketahanan air dan ketebalan kemasan serta uji perubahan warna film kemasan terhadap larutan asam. Hasil uji kemasan diamati dan dianalisis untuk mengetahui pengaruh suhu gelatinisasi dan durasi pengadukan terhadap karakteristik film kemasan cerdas berbasis pati dan kitosan.

Parameter Penelitian

Kuat Tarik (*Tensile Strenght*)

Penghitungan kuat tarik secara matematis dapat ditulis sebagai berikut:

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

Keterangan:

σ : Kuat Tarik (kg/cm^2) ($1 \text{ kg}/\text{cm}^2 = 0,0981 \text{ MPa}$)

F : Beban saat putus (kg)

A_0 : Luas penampang awal (cm^2)

Pemanjangan (*Elongation*)

Nilai elongasi dapat dicari menggunakan penghitungan, sebagai berikut:

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

Keterangan:

ε : *Elongation* (%)

Δl : Pertambahan Panjang (panjang akhir–panjang awal) (cm)

l_0 : Panjang mula-mula (cm)

Elastisitas (*Modulus Young*)

Nilai elastisitas dapat diketahui menggunakan penghitungan sebagai berikut:

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

Keterangan:

E : Elastisitas

σ : Kuat tarik

ε : *Elongation*

Ketahanan Air (*Uji Swelling*)

Prosedur pengujian berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Jabbar (2017) adalah sebagai berikut: berat awal sampel ditimbang (W_0). Kemudian sampel dicelupkan kedalam aquades selama 5 menit selanjutnya ditimbang kembali untuk mendapatkan berat akhir (W). Sebelum menghitung nilai ketahanan air, terlebih dahulu menghitung penyerapan yang dialami oleh film.

Penyerapan yang dialami oleh film kemudian dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

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

Keterangan:

W_0 : Berat awal sampel

W : Berat sampel setelah diberi perlakuan (perendaman)

Ketahanan air dihitung menggunakan persamaan:

$$\text{Ketahanan air} = 100\% - \text{persentase penyerapan air} \quad [5]$$

Ketebalan Kemasan

Nilai ketebalan didapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Ketebalan} = \frac{(\text{titik A} + \text{titik B} + \text{titik C} + \text{titik D} + \text{titik E})}{5} \quad [6]$$

Perubahan Warna

Pada penelitian ini, prosedur pengujian perubahan warna film mengacu pada penelitian Warsiki dan Putri (2012) yang sudah dimodifikasi dimana film dipotong dengan ukuran $1 \times 1 \text{ cm}$ kemudian ditetesi larutan cuka (asam asetat 25%) selanjutnya diamati perubahan warna yang dihasilkan oleh masing-masing sampel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kuat Tarik

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

pengadukan memberikan pengaruh yang signifikan ($P < 0,05$) terhadap kuat tarik film kemasan cerdas berbasis pati-kitosan. Hasil analisis kuat tarik film kemasan cerdas berbasis pati-kitosan dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Nilai Rata-rata Kuat Tarik (MPa) Film Kemasan Cerdas Berbasis Pati-Kitosan

Perlakuan Suhu Gelatinisasi (T)	Perlakuan Durasi Pengadukan (D)			Rata-rata
	D1 (5 menit)	D2 (10 menit)	D3 (15 menit)	
T1 (75°C)	5,83e	8,53d	9,15d	7,84
T2 (80°C)	14,10bc	13,61bc	12,13c	13,28
T3 (85°C)	15,19b	22,21a	12,76c	16,72
Rata-rata	11,71	11,35	14,78	

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 suhu gelatinisasi 75°C dan durasi pengadukan selama 5 menit (T1D1) yaitu sebesar 5,83 MPa sedangkan nilai kuat tarik tertinggi diperoleh pada perlakuan suhu gelatinisasi 85°C dan durasi pengadukan selama 10 menit (T3D2) yaitu sebesar 22,21 MPa. Penghitungan kuat tarik dilakukan untuk mengetahui besar gaya yang diperlukan untuk mencapai tarikan maksimum pada setiap luas area film (Lismawati, 2017), sehingga semakin besar nilai kuat tarik maka semakin baik karakteristik bioplastik yang dihasilkan.

Perlakuan T3D2 merupakan perlakuan yang menghasilkan nilai kuat tarik paling tinggi yaitu sebesar 22,21 MPa dan berdasarkan hasil uji lanjut diketahui bahwa, perlakuan ini memberikan pengaruh yang berbeda nyata dibandingkan dengan perlakuan lainnya dan nilai kuat tarik terendah yang diperoleh pada perlakuan T1D1 juga memiliki pengaruh yang berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Namun setelah dilakukan uji lanjut terdapat pula perlakuan yang tidak berbeda nyata. Selanjutnya berdasarkan data yang ditampilkan pada **Tabel 1** diketahui bahwa kecenderungan nilai kuat tarik meningkat sejalan dengan peningkatan suhu yang digunakan.

Nilai kuat tarik yang dihasilkan dari penelitian ini memiliki nilai tertinggi pada perlakuan suhu gelatinisasi 85°C dan durasi pengadukan selama 10

menit namun mengalami penurunan pada durasi 15 menit dengan suhu yang sama yaitu sebesar 12,76 MPa, hal ini dapat terjadi karena dengan adanya pemanasan, granula pati akan menyerap air namun karena durasi pemanasan yang lebih lama mengakibatkan pati membengkak dan rusak. Menurut Ginting *et al.* (2014), nilai kuat tarik sangat dipengaruhi oleh suhu gelatinisasi dimana kerusakan butiran pati karena mengalami pengembangan yang berpengaruh terhadap kekentalan larutan dapat mempengaruhi nilai kuat tarik bioplastik yang dihasilkan.

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) 7818 tahun 2014 dalam Putri *et al.* (2021), bioplastik memiliki nilai kuat tarik minimal sebesar 13,7 MPa. Dari penelitian ini rentang nilai kuat tarik yang dihasilkan adalah sebesar 5,83-22,21 MPa yang menandakan beberapa film kemasan cerdas sudah memenuhi standar nilai kuat tarik bioplastik SNI 7818:2014.

Pemanjangan

Berdasarkan hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa interaksi antara suhu gelatinisasi dan durasi pengadukan memberikan pengaruh yang signifikan ($P < 0,05$) terhadap pemanjangan film kemasan cerdas berbasis pati-kitosan. Hasil analisis pemanjangan film kemasan cerdas berbasis pati-kitosan dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Nilai Rata-rata Pemanjangan (%) Film Kemasan Cerdas Berbasis Pati-Kitosan

Perlakuan Suhu Gelatinisasi (T)	Perlakuan Durasi Pengadukan (D)			Rata-rata
	D1 (5 menit)	D2 (10 menit)	D3 (15 menit)	
T1 (75°C)	1,98b	2,83ab	3,69a	2,85
T2 (80°C)	3,73a	2,20ab	2,37ab	2,77
T3 (85°C)	3,68a	2,21ab	2,57ab	2,82
Rata-rata	3,13	2,41	2,89	

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 nilai pemanjangan terendah diperoleh pada perlakuan suhu gelatinisasi 75°C dan durasi pengadukan selama 5 menit (T1D1) sebesar 1,98% sedangkan nilai tertinggi diperoleh pada perlakuan suhu gelatinisasi 80°C dan durasi pengadukan selama 5 menit (T2D1) sebesar 3,73%. Penghitungan nilai pemanjangan dilakukan untuk mengetahui persentase perubahan panjang film saat ditarik hingga putus (Lismawati, 2017).

Perlakuan T2D1 merupakan perlakuan yang menghasilkan nilai pemanjangan tertinggi sebesar 3,73% dan berdasarkan hasil uji lanjut perlakuan ini memberikan pengaruh yang berbeda nyata dengan perlakuan T1D1 yang merupakan perlakuan dengan nilai pemanjangan terendah yaitu sebesar 1,98%, namun tidak berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Berdasarkan **Tabel 2**, dapat diamati bahwa perlakuan suhu gelatinisasi dan durasi pengadukan tidak memiliki kecenderungan terhadap perbedaan persentase pemanjangan. Pada analisis keragaman, nilai pemanjangan berpengaruh signifikan sehingga dapat dilakukan uji lanjut. Namun, setelah uji lanjut, terdapat perlakuan suhu gelatinisasi dan durasi pengadukan yang tidak memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap persentase pemanjangan. Hal ini dapat terjadi karena dalam penelitian ini, jumlah

plasticizer berupa gliserol yang dicampurkan kedalam larutan pati-kitosan sama banyak yaitu sebesar 1 ml sehingga perlakuan suhu gelatinisasi dan durasi pengadukan tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap persentase pemanjangan film kemasan yang dihasilkan. Hal ini sesuai dengan penelitian Putra *et al.* (2019) yang menyatakan bahwa pemberian *plasticizer* dalam jumlah yang lebih besar umumnya akan menyebabkan persentase pemanjangan menjadi lebih besar.

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) 7818 tahun 2014 dalam Putri *et al.* (2021), bioplastik memiliki rentang nilai pemanjangan sebesar 21-220%. Dari penelitian ini nilai pemanjangan tertinggi adalah sebesar 3,73% sehingga film kemasan cerdas belum memenuhi standar nilai pemanjangan bioplastik SNI 7818:2014.

Elastisitas

Berdasarkan hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa interaksi antara suhu gelatinisasi dan durasi pengadukan memberikan pengaruh yang signifikan ($P < 0,05$) terhadap elastisitas film kemasan cerdas berbasis pati-kitosan. Hasil analisis elastisitas film kemasan cerdas berbasis pati-kitosan dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Nilai Rata-rata Elastisitas (MPa) Film Kemasan Cerdas Berbasis Pati-Kitosan

Perlakuan Suhu Gelatinisasi (T)	Perlakuan Durasi Pengadukan (D)			Rata-rata
	D1 (5 menit)	D2 (10 menit)	D3 (15 menit)	
T1 (75°C)	320,83de	361,28cde	253,23e	311,81
T2 (80°C)	397,75cde	619,26b	511,65bc	509,55
T3 (85°C)	432,22cde	1002,50a	503,37bcd	646,03
Rata-rata	383,60	661,01	442,75	

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 bahwa nilai elastisitas terendah diperoleh pada perlakuan suhu gelatinisasi 75°C dan durasi pengadukan selama 15 menit (T1D3) yaitu sebesar 253,23 MPa sedangkan nilai elastisitas tertinggi diperoleh pada perlakuan suhu gelatinisasi 85°C dan durasi pengadukan selama 10 menit (T3D2) yaitu sebesar 1002,50 MPa. Nilai elastisitas diperoleh dari perbandingan antara nilai kuat tarik dengan pemanjangan untuk mengetahui kekuatan kemasan yang dihasilkan (Pratami *et al.*, 2021).

Perlakuan T3D2 merupakan perlakuan yang menghasilkan nilai elastisitas tertinggi dan setelah dilakukan uji lanjut, perlakuan ini memberikan pengaruh yang berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Sementara, nilai terendah yang diperoleh

pada perlakuan T1D3 juga memberikan pengaruh yang berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Namun setelah dilakukan uji lanjut terdapat pula perlakuan yang tidak berbeda nyata. Selanjutnya, berdasarkan data yang ditampilkan pada Tabel 3, dapat diamati bahwa nilai elastisitas pada penelitian ini sebanding dengan nilai kuat tarik dan memiliki kecenderungan meningkat seiring dengan peningkatan suhu gelatinisasi.

Nilai elastisitas pada penelitian ini sebanding dengan nilai kuat tarik karena nilai elastisitas diperoleh dari hasil penghitungan perbandingan antara nilai kuat tarik dan nilai pemanjangan sehingga semakin besar nilai kuat tarik yang diperoleh maka semakin besar nilai elastisitas. Selain itu nilai elastisitas pada penelitian ini dipengaruhi oleh perbandingan

konsentrasi pati dan kitosan yang tepat hal ini sesuai dengan pernyataan Afif *et al.* (2018), bahwa nilai elastisitas bioplastik yang baik akan didapatkan dari penggunaan perbandingan pati-kitosan yang tepat. Menurut Situmorang *et al.* (2019), nilai elastisitas sebanding dengan nilai kuat tarik sehingga karakteristik kemasan yang diharapkan adalah kemasan yang memiliki nilai elastisitas tinggi.

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) 7818 tahun 2014 dalam Putri *et al.* (2021), standar nilai elastisitas bioplastik berkisar antara 40-1120 MPa. Rentang nilai elastisitas pada penelitian ini adalah

sebesar 253,23-1002,50 MPa sehingga besarnya nilai elastisitas film kemasan yang dihasilkan sudah memenuhi SNI 7818:2014.

Ketahanan Air

Berdasarkan hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa interaksi antara suhu gelatinisasi dan durasi pengadukan memberikan pengaruh yang signifikan ($P < 0,05$) terhadap persentase ketahanan air film kemasan cerdas berbasis pati-kitosan. Hasil analisis ketahanan air film kemasan cerdas berbasis pati-kitosan dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Nilai Rata-rata Ketahanan Air (%) Film Kemasan Cerdas Berbasis Pati-Kitosan

Perlakuan Suhu Gelatinisasi (T)	Perlakuan Durasi Pengadukan (D)			Rata-rata
	D1 (5 menit)	D2 (10 menit)	D3 (15 menit)	
T1 (75°C)	98,62a	97,31b	96,98b	97,63
T2 (80°C)	96,58c	96,39d	96,00e	96,32
T3 (85°C)	95,42f	94,99g	93,80h	94,74
Rata-rata	96,87	96,23	95,59	

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 ketahanan air tertinggi diperoleh pada perlakuan suhu gelatinisasi 75°C dan durasi pengadukan selama 5 menit (T1D1) yaitu sebesar 98,62% sedangkan nilai ketahanan air terkecil diperoleh pada perlakuan suhu gelatinisasi 85°C dan durasi pengadukan selama 15 (T3D3) menit yaitu sebesar 93,59%. Penghitungan nilai ketahanan air dilakukan untuk mengetahui tingkat ketahanan suatu kemasan terhadap air (Agustin dan Padmawijaya, 2016).

Nilai ketahanan air tertinggi diperoleh dari perlakuan T1D1 dan setelah dilakukan uji lanjut, perlakuan ini memiliki pengaruh yang berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Sementara, nilai ketahanan air terendah diperoleh dari perlakuan T3D3 juga memiliki pengaruh yang berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Selanjutnya, berdasarkan data pada Tabel 4 dapat diamati bahwa kenaikan nilai ketahanan air memiliki kecenderungan terhadap peningkatan suhu gelatinisasi dan durasi pengadukan.

Berdasarkan data penelitian diketahui bahwa semakin tinggi suhu gelatinisasi dan lamanya durasi pengadukan maka semakin kecil nilai ketahanan air film kemasan yang dihasilkan. Menurut Utomo *et al.* (2013), Perlakuan suhu tinggi memberikan pengaruh terhadap penguapan kitosan pada film yang menyebabkan film lebih bersifat *hidrofilik* (suka air) sehingga kemasan menyerap lebih banyak air. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Dewi *et al.* (2017) dimana bioplastik dengan perlakuan suhu gelatinisasi terendah menghasilkan persentase penyerapan air

terendah yang menandakan sampel tersebut memiliki nilai ketahanan air tertinggi.

Menurut Purnavita dan Dewi (2021), nilai ketahanan air berbanding terbalik dengan persentase penyerapan air dimana semakin tinggi nilai ketahanan air maka semakin rendah persentase penyerapan air bioplastik. Nilai ketahanan air diperoleh dari hasil penghitungan 100% dikurangi persentase penyerapan air (Jabbar, 2017). Menurut Situmorang *et al.* (2019), kemasan bioplastik yang diharapkan adalah kemasan yang memiliki persentase ketahanan air terendah karena rendahnya persentase ketahanan air menandakan kemasan yang dihasilkan bersifat lebih tahan air. Nilai penyerapan air tertinggi diperoleh dari perlakuan suhu 75°C dengan durasi 5 menit yaitu sebesar 98,62% yang menandakan nilai ketahanan airnya sebesar 1,36% sedangkan berdasarkan *Standart International* (SI) EN 317 dalam Putri *et al.* (2021) nilai ketahanan air minimal plastik adalah 1,44% yang menandakan bahwa nilai ketahanan air film kemasan yang dihasilkan sudah memenuhi SI EN 317.

Ketebalan

Berdasarkan hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa interaksi antara suhu gelatinisasi dan durasi pengadukan memberikan pengaruh yang signifikan ($P < 0,05$) terhadap ketebalan film kemasan cerdas berbasis pati-kitosan. Hasil analisis ketebalan film kemasan cerdas berbasis pati-kitosan dapat dilihat pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Nilai Rata-rata Ketebalan (mm) Film Kemasan Cerdas Berbasis Pati-Kitosan

Perlakuan Suhu Gelatinisasi (T)	Perlakuan Durasi Pengadukan (D)			Rata-rata
	D1 (5 menit)	D2 (10 menit)	D3 (15 menit)	
T1 (75°C)	0,47a	0,45b	0,43c	0,45
T2 (80°C)	0,40d	0,39e	0,38f	0,39
T3 (85°C)	0,37g	0,36h	0,35i	0,36
Rata-rata	0,41	0,40	0,39	

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

Berdasarkan hasil penelitian nilai ketebalan terendah diperoleh pada perlakuan suhu gelatinisasi 85°C dan durasi pengadukan selama 15 menit (T3D3) yaitu sebesar 0,35 mm sedangkan nilai elastisitas tertinggi diperoleh pada perlakuan suhu gelatinisasi 75°C dan durasi pengadukan selama 5 menit (T1D1) yaitu sebesar 0,47 mm. Pengukuran ketebalan merupakan salah satu parameter yang berperan penting karena kemasan yang memiliki nilai ketebalan yang baik akan mampu mempertahankan mutu dari produk yang dikemas (Anandito *et al.*, 2012).

Nilai ketebalan tertinggi diperoleh pada perlakuan T1D1 dan setelah dilakukan uji lanjut, perlakuan ini memiliki pengaruh yang berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Sementara, nilai terendah yang diperoleh pada perlakuan T3D3 juga memberikan pengaruh yang berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Selanjutnya, berdasarkan data pada Tabel 5 dapat diamati bahwa penurunan nilai ketebalan memiliki kecenderungan dengan peningkatan suhu gelatinisasi.

Berdasarkan hasil penelitian, diketahui bahwa semakin tinggi suhu gelatinisasi dan lama durasi pengadukan maka nilai ketebalan kemasan akan semakin menurun, hal ini dapat terjadi karena dengan perlakuan suhu tinggi menyebabkan peningkatan laju uap air yang mempengaruhi ketebalan kemasan. Menurut Dewi *et al.* (2017), perlakuan suhu rendah menyebabkan laju penguapan air dalam larutan bioplastik menurun sehingga semakin tinggi suhu yang digunakan maka kandungan air pada bioplastik yang dihasilkan semakin sedikit.

Pada penelitian ini, nilai ketebalan tertinggi diperoleh dari perlakuan suhu 75°C dengan durasi 5 menit yaitu sebesar 0,47 mm sedangkan berdasarkan *Japanese Industrial Standard* (JIS) dalam Jabbar (2017), nilai ketebalan bioplastik adalah 0,25 mm yang menandakan bahwa nilai ketebalan film kemasan yang dihasilkan belum memenuhi JIS. Namun, Nilai

ketebalan bioplastik pada penelitian ini lebih tinggi dibandingkan dengan penelitian Dewi *et al.* (2017) yang berkisar antara 0,040-0,065 mm hal ini dapat terjadi disebabkan karena perbedaan bahan yang digunakan, dimana penelitian Dewi *et al.* (2017) menggunakan rumput laut sedangkan pada penelitian ini bahan utamanya adalah pati dan kitosan sehingga masing-masing larutan memiliki viskositas berbeda yang menyebabkan perbedaan ketebalan kemasan.

Perubahan Warna

Berdasarkan hasil pengamatan perubahan warna kemasan yang dilakukan selama 60 menit menunjukkan bahwa semua perlakuan memberikan respon sensitif terhadap cairan asam yang diteteskan, hal ini disebabkan karena indikator warna pada penelitian ini menggunakan *Bromocresol Purple* sebagai pewarna dimana *Bromocresol Purple* mampu memberikan respon yang baik terhadap perubahan asam-basa.

Menurut Riyanto *et al.* (2014), indikator *Bromocresol Purple* memiliki respon yang lebih sensitif dibandingkan *Bromthymol Blue* karena *Bromocresol Purple* memiliki pH aktif lebih rendah yaitu berkisar antara 5,2-6,8 sedangkan *Bromthymol Blue* berkisar antara 6-7,6 sehingga bila diberikan perlakuan larutan asam, *Bromocresol Purple* akan lebih mudah memberi respon berupa perubahan warna dari kuning hingga ungu.

Bila diamati dari Tabel 6, semua perlakuan memberikan respon bahkan sesaat setelah penetesan larutan asam, kemudian pada menit ke-10 warna kemasan mulai berwarna kecoklatan dan pada menit ke-20 warna coklat semakin terang, namun pada menit ke-30 sampai 60 perubahan warna kembali dari kecoklatan menuju ungu hal ini disebabkan karena larutan asam yang menempel pada kemasan telah mengering sehingga kemasan akan kembali ke warna aslinya karena sudah tidak bereaksi.

Tabel 6. Perubahan Warna Kemasan

Perlakuan	Waktu Pengamatan (menit)							
	Sebelum pencelupan	0	10	20	30	40	50	60
T1D1								
T1D2								
T1D3								
T2D1								
T2D2								
T2D3								
T3D1								
T3D2								
T3D3								

Keterangan: Pengamatan dilakukan selama 60 menit

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa perlakuan suhu gelatinisasi dan durasi pengadukan pada pembuatan kemasan cerdas berbasis pati dan kitosan berpengaruh terhadap nilai kuat tarik, pemanjangan, elastisitas, ketahanan air, ketebalan dan perubahan warna film kemasan cerdas. Perlakuan suhu gelatinisasi 80°C dan durasi pengadukan selama 5 menit menghasilkan kemasan cerdas dengan karakteristik terbaik yaitu nilai kuat tarik sebesar 14,10 MPa, pemanjangan sebesar 3,73%, elastisitas sebesar 397,75 MPa, ketahanan air sebesar 96,58%, dan ketebalan sebesar 0,40 mm, serta mampu memberikan reaksi perubahan warna yang baik.

DAFTAR PUSTAKA

Afif, M., Wijayati, N., dan Mursiti, S. 2018. Pembuatan dan Karakterisasi Bioplastik dari Pati Biji Alpukat-Kitosan dengan Plasticizer Sorbitol. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 7(2), 102–109.

Agustin, Y. E., dan Padmawijaya, K. S. 2016. Sintesis Bioplastik dari Kitosan-Pati Kulit Pisang Kepok dengan Penambahan Zat

Aditif. *Jurnal Teknik Kimia*, 10(2), 40–48.

Anandito, R. B. K., Nurhartadi, E., dan 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.

Dewi, N. L. G. S., Admadi, B., dan Hartiati, A. 2017. Karakteristik Bioplastik Alginat Dari Rumput Laut *Ulva lactuca* (Tinjauan Suhu dan Lama Gelatinisasi). *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 5(3), 66–73.

Elfaini, Y., dan Domonita, H. 2019. Pengaruh Bahan Pelapis (Edible Coating) dan Ketebalan Kemasan Terhadap Umur Simpan Pempek Ikan Parang-parang dalam Kemasan Vacum. *Jurnal Penelitian Ilmu-Ilmu Teknologi Pangan*, 5(1), 54–59.

Ginting, M. H. S., Sinaga, R. F., Hasibuan, R., dan Ginting, G. 2014. Pengaruh Variasi Temperatur Gelatinisasi Pati Terhadap Sifat Kekuatan Tarik dan Pemanjangan Pada Saat Putus Bioplastik Pati Umbi Talas. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi*, 1–3.

Irawan, S. 2010. Pengaruh gliserol terhadap

sifat fisik/mekanik dan Barrier Edible Film dari Kitosan. *Jurnal Kimia Dan Kemasan*, 32(1), 6–12.

- Iwanto, R., Putri, M. S., dan Jumsurizal. 2018. Biosensor Pendeteksi Kesegaran Ikan Berbasis Indikator Warna Bromocresol Purple. 1–10. <http://library1.nida.ac.th/termpaper6/sd/2554/19755.pdf>
- Jabbar, U. F. 2017. Pengaruh Penambahan Kitosan Terhadap Karakteristik Bioplastik dari Pati Kulit Kentang (*Solanum tuberosum* L.). *In Skripsi*.
- Lismawati. 2017. Pengaruh Penambahan Plasticizer Gliserol Terhadap Karakteristik Edible Film dari Pati Kentang (*Solanum tuberosum* L.). *In Skripsi*.
- Malinda, W. 2019. Kajian Waktu dan Perbedaan Suhu Penyimpanan Pada Perubahan Pewarna Alami Betasianin Sebagai Bioindikator Kemasan Cerdas Susu Kambing Segar. *In Skripsi* (Vol. 8, Issue 5).
- Pratami, N. L. F., Hartiati, A., dan Harsojuwono, B. A. 2021. Karakteristik Komposit Bioplastik dalam Variasi Rasio Pati Gadung (*Dioscorea hispida* D.) - Glukomanan dan Suhu Gelatinisasinya. 9(2), 166–173.
- Pujawati, D., Hartiati, A., dan Suwariani, N. P. 2021. Karakteristik Komposit Bioplastik Pati Ubi Talas-Karagenan pada Variasi Suhu dan Waktu Gelatinisasi. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 9(3), 277–287.
- Purnavita, S., dan Dewi, V. C. 2021. Kajian Ketahanan Bioplastik Pati Jagung Dengan Variasi Berat Dan Suhu Pelarutan Polivinil Alkohol. *Journal of Chemical Engineering*, 2, 14–22.
- Putra, D. M. D. P., Harsojuwono, B. A., dan Hartiati, A. 2019. Studi Suhu dan pH Gelatinisasi Pada Pembuatan Bioplastik Pati Kulit Singkong. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 7(3), 441–449. <https://doi.org/10.24843/jrma.2019.v07.i3p11>
- Putri, R. R. A., Hartiati, A., dan Harsojuwono, B. A. 2021. Pengaruh Jenis dan Konsentrasi Pemplastis terhadap Karakteristik Komposit Bioplastik Pati Ubi Talas Belitung (*Xanthosoma sagittifolium*) - Kitosan. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 9(3), 323–334.
- Riyanto, B., Maddu, A., dan Hasnedi, Y. W. 2010. Kemasan Cerdas Pendeteksi Kebusukan Filet Ikan Nila. *In Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia* (Vol. 13, Issue 2, pp. 129–142). <https://doi.org/10.17844/jphpi.v13i2.5354>
- Riyanto, R., Hermana, I., dan Wibowo, S. 2014. Karakteristik Plastik Indikator Sebagai Tanda Peringatan Dini Tingkatan Kesegaran Ikan Dalam Kemasan Plastik. *Jurnal Pascapanen Dan Bioteknologi Perikanan Dan Perikanan*, 9(2), 153–163.
- Situmorang, B. D., Harsojuwono, B. A., dan Hartiati, 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>
- Sucipta, I. N., Suriasih, K., dan Kencana, P. K. D. 2017. *Pengemasan Pangan*. Denpasar: Udayana University Press.
- Utomo, A. W., Argo, B. D., dan Hermanto, M. B. 2013. Pengaruh Suhu dan Lama Pengerangan terhadap Karakteristik Fisikokimiawi Plastik Biodegradable dari Komposit Pati Lidah Buaya (*Aloe vera*)-Kitosan. *Jurnal Bioproses Komoditas Tropis*, 1(1), 73–79.
- Warsiki, E., dan Putri, C. D. W. 2012. Pembuatan Label/Film Indikator Warna dengan Pewarna Alami dan Sintetis. *Jurnal Agroindustri Indonesia*, 1(2), 82–88.