Pengaruh Konsentrasi Ammonium Molibdat dan Suhu Gelatinisasi Terhadap Karakteristik Fisik Kemasan Cerdas Bioplastik untuk Buah Mangga (*Mangifera indica L*)

*Effect of Amonium Molybdate Concentration and and Gelatinization Temperature on the Physical Characteristics of Smart Bioplastik Packaging for Mango Fruit (*Mangifera indica L*)*

Ni Made Vina Trisnawati, Ni Luh Yulianti*, I Putu Surya Wirawan

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

*email: yulianti@unud.ac.id

Abstrak

Kemasan cerdas merupakan suatu kemasan yang dapat memberikan informasi terhadap mutu suatu produk yang dikemas melalui indikator yang diletakan di internal atau eksternal kemasan. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan pengaruh konsentrasi ammonium molibdat dan suhu gelatinisasi terhadap karakteristik fisik kemasan cerdas bioplastik, menentukan perlakuan yang menghasilkan karakteristik fisik kemasan cerdas bioplastik yang terbaik untuk penyimpanan buah mangga, mendapatkan respon indikator warna dari kemasan cerdas terhadap tingkat kematangan buah mangga. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dua faktor. Faktor pertama adalah konsentrasi ammonium molibdat yang terdiri dari 3 taraf yaitu 1%, 1,5% dan 2%. Faktor kedua yaitu suhu gelatinisasi dengan suhu 70 °C, 75 °C, dan 80 °C. Hasil penelitian menunjukkan interaksi antara perlakuan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap nilai kuat tarik, penyerapan air, biodegradasi kemasan serta perubahan warna, susut bobot dan total padatan terlarut dari buah mangga yang dikemas. Pada penelitian ini perlakuan terbaik diperoleh pada interaksi perlakuan konsentrasi ammonium molibdat 1,5% dan suhu gelatinisasi 80 °C yang menghasilkan nilai kuat tarik sebesar 19,28 MPa, penyerapan air sebesar 0,67%, kemasan cerdas bioplastic dapat terdegradasi paling cepat yaitu selama 9 hari dan memberikan pengaruh terhadap mutu buah mangga selama penyimpanan dengan nilai susut bobot sebesar 3,91%, nilai total padatan terlarut sebesar 10,90°Brix, dan kemasan cerdas mampu memberikan respon terhadap tingkat kematangan buah mangga berupa perubahan warna pada kemasan.

Kata kunci: *bioplastik, kemasan cerdas, ammonium molibdat, suhu gelatinisasi, karakteristik fisik*

Abstract

Smart packaging is a packaging that can provide information on the quality of a packaged product through indicators placed on the the internal or external packaging. This study aims to obtain the effect of ammonium molybdate concentration and gelatinization temperature on the physical characteristics of smart bioplastic packaging, determine the treatment that produces the best physical characteristics of smart bioplastic packaging for storing mangoes, obtain the response of color indicators from smart packaging to the level of ripeness of mangoes. This study used a two-factor Randomized Block Design (RBD). The first factor is the concentration of ammonium molybdate consisting of 3 levels, namely 1%, 1.5% and 2%. The second factor is the gelatinization temperature with temperatures of 70 °C, 75 °C, and 80 °C. The results showed that the interaction between treatments had a significant effect on the tensile strength, water absorption, packaging biodegradation and color changes, weight loss and total dissolved solids of packaged mangoes. In this study, the best treatment was obtained in the interaction of 1.5% ammonium molybdate concentration treatment and 80 °C gelatinization temperature which produced a tensile strength value of 19.28 MPa, water absorption of 0.67%, smart bioplastic packaging can be degraded the fastest, namely for 9 days and has an effect on the quality of mango fruit during storage with a weight loss value of 3.91%, a total dissolved solids value of 10.90°C, and smart packaging is able to respond to the level of ripeness of mango fruit in the form of color changes on the packaging.

Keywords: *bioplastik, smart packaging, ammonium molybdate, gelatinization temperature, physical characteristics.*

PENDAHULUAN

Penggunaan plastik konvensional biasanya hanya digunakan dalam waktu yang singkat bahkan hanya digunakan sekali pakai. Namun penggunaan kemasan

plastik sebagai pelindung sebuah produk, menciptakan sampah plastik yang berdampak sangat berbahaya bagi lingkungan hidup karena plastik merupakan polimer yang disintesis yang berasal dari bahan baku minyak bumi yang tidak dapat terurai dan

sangat dapat mencemari lingkungan (Aripin et al., 2017). Dalam mengatasi permasalahan tersebut salah satu cara untuk mengurangi penggunaan sampah plastik yaitu dengan pengembangan bioplastik sebagai pengganti kemasan plastik konvensional.

Bioplastik merupakan jenis plastik yang dapat terurai oleh mikroorganisme yang pada akhirnya akan menghasilkan gas karbondioksida dan air yang tidak menyisakan sisa yang dapat mencemari lingkungan (Suryati et al., 2017). Bahan baku yang dapat dijadikan bioplastik yaitu pati yang bersifat mudah terdegradasi dalam tanah dan ketersediannya melimpah (Harsojuwono et al., 2016). Pati merupakan polimer alami yang tergolong dalam kelompok hidrokoloid dan tersusun dari karbohidrat polisakarida, serta mengandung protein dan lemak (Irma et al., 2024). Biasanya, penggunaan pati dalam pembuatan bioplastik melibatkan pati singkong, jagung, beras dan umbi – umbian lainnya sebagai bahan baku. Kemasan cerdas merupakan suatu kemasan yang dapat memberikan informasi terhadap mutu suatu produk yang dikemas melalui indikator yang diletakkan di internal atau eksternal kemasan (Riyanto et al., 2014).

Pentingnya dapat mendeteksi kematangan buah klimaterik yang khususnya buah yang tidak menunjukkan perubahan warna seperti buah mangga. Kemasan bioplastik yang berkonsep cerdas memiliki karakteristik yaitu memerlukan tambahan senyawa yang berfungsi sebagai indikator perubahan mutu produk. Salah satu senyawa yang dapat dijadikan sebagai bahan pembuatan kemasan cerdas adalah ammonium molibdat sebagai indikator warna. Warna yang dimaksud yaitu warna yang dapat dengan mudah dimengerti dan dipahami oleh konsumen (Iskandar et al., 2020). Ammonium molibdat dapat menampilkan perubahan warna yang dihasilkan dari gas etilen yang diproduksi oleh buah yang dikemas. Mutu suatu buah dapat dipengaruhi oleh sejumlah gas etilen (Chandani et al., 2022). Selain bahan baku pembentuk bioplastik, hal penting yang menentukan mutu bioplastik yang dihasilkan adalah suhu gelatinisasi (Muthia et al., 2021). Gelatinisasi merupakan prinsip dasar dalam proses pembuatan bioplastik berbasis pati, yang dimana pada saat proses gelatinisasi memerlukan suhu yang tinggi yang menyebabkan granula pati membengkak karena menyerap air yang banyak. Berdasarkan penelitian (Muthia et al., 2021) tentang Pengaruh Suhu Gelatinisasi dan Durasi Pengadukan terhadap Karakteristik Film Kemasan Cerdas Bioplastik menyatakan suhu 80°C 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.

Berdasarkan beberapa hasil penelitian tersebut, diketahui bahwa karakteristik fisik bioplastik kemungkinan dipengaruhi oleh dua faktor diatas yaitu konsentrasi Ammonium molibdat dan suhu gelatinisasi. Sampai saat ini belum ditemukan kombinasi penggunaan bahan cerdas ammonium molibdat dengan suhu gelatinisasi yang tepat yang menghasilkan karakteristik bioplastik berbahan baku pati, keragenan, PVA dan minyak jarak sebagai *plastikizer* yang memenuhi SNI. Sehingga, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi ammonium molibdat dan suhu gelatinisasi terhadap karakteristik fisik kemasan cerdas bioplastik, menentukan kombinasi perlakuan terbaik untuk penyimpanan buah mangga (*Mangifera indica L.*), serta mengamati respon indikator warna pada kemasan terhadap tingkat kematangan buah mangga.

METODE

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik Pasca Panen, Gedung Agrokomplek Lantai III, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Udayana. Pelaksanaan penelitian ini dilakukan pada bulan November 2024 – Januari 2025.

Bahan dan Alat Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pati singkong, kappa karegenan, polivinil alcohol (PVA), minyak jarak, ammonium molibdat, asam asetat 1%, akuades (H₂O), dan buah mangga. Peralatan yang digunakan dalam melakukan penelitian ini, yaitu sendok, cutter, gunting, talenan, pinset, timbangan analitik (Pioneer), beaker (Iwakitg32 Pyrex), glass, gelas ukur 100 ml (Iwaki Te33), pipet tetes, hot palet, magnetic stirrer, oven (Ecocell MMM Medcenter Einrichtungen GmbH), thermometer, batang pengaduk, cetakan teflon (IKEA kavalkad), toples, plastic wrap, alat uji mekanik Texture Analyzer TA.XT.plus berdasarkan ASTM D638 (American Standard for Testing and Materials), refractometer.

Pelaksanaan Penelitian

Pembuatan Larutan Indikator Warna

Pembuatan indikator warna mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh Iskandar et al., (2020) yang telah dimodifikasi. Larutan indikator warna dibuat dengan melarutkan ammonium molibdat (NH₄)₆Mo₇O₂₄.4H₂O (1%, 1,5%, 2%) ke dalam 10 ml asam asetat 1%, kemudian dihomogenkan menggunakan *magnetic stirrer* sampai larut sempurna.

Pembuatan Kemasan Cerdas Bioplastik

Proses pembuatan film kemasan cerdas bioplastik diawali dengan penimbangan pati singkong, kappa karagenan sebanyak 6 g (1,5 g : 4,5 g), penimbangan polivinil alkohol (PVA) sebanyak 10 g (Sipayung et al., 2022), menimbang *plastikizer* minyak jarak sebanyak 1 g (Putri et al., 2021), penimbangan larutan indikator warna sesuai perlakuan, dan mengukur asam asetat 1%. Selanjutnya pati singkong dimasukkan ke dalam *beaker glass* 1 dan kappa karagenan dimasukkan ke dalam *beaker glass* 2 dan ditambahkan asam asetat yang telah dibagi ke dalam *beaker glass* 1 dan ke dalam *beaker glass* 2 kemudian diaduk menggunakan batang pengaduk hingga homogen yang dimana bahan yang dilarutkan sudah tercampur dengan sempurna. Setelah kedua bahan tersebut homogen, masukan larutan pati, PVA 10 g, *plastikzier* minyak jarak 1 g dan larutan indikator warna ke dalam gelas beaker yang berisi larutan karagenan, kemudian diaduk hingga rata dan dilakukan proses gelatinisasi dengan suhu sesuai perlakuan. Selanjutnya homogenkan semua larutan menggunakan batang pengaduk dengan suhu campuran dipertahankan sampai campuran membentuk gel selama 16 menit. Kemudian gel dituangkan pada cetakan teflon kemudian dikeringkan menggunakan oven pada suhu 45°C selama 15 jam hingga menghasilkan lembaran film kemasan. Setelah film kering, film didiamkan pada suhu ruang selama 24 jam kemudian film dilepaskan dari teflon.

Pengujian Kemasan Cerdas Bioplastik

Pengujian kemasan cerdas bioplastik meliputi pengamatan terhadap perubahan warna film untuk mengetahui seberapa responsif kemasan cerdas terhadap gas etilen. Selain itu, karakteristik fisik kemasan cerdas bioplastik juga diuji diantaranya kuat tarik, penyerapan air (*Swelling*), biodegradasi kemasan serta pengaruh terhadap buah mangga yang dikemas.

Parameter yang diamati

Kuat Tarik (Tensile Strength)

Pengujian kuat tarik menggunakan alat uji yaitu TA XT Plus dengan perhitungan matematis pada Persamaan 1.

$$\text{Kuat Tarik (MPa)} = \frac{F}{A_0} \quad [1]$$

Keterangan:

σ : Kuat Tarik (MPa)

F : Beban (N)

A_0 : Luas Penampang Awal (mm^2)

Penyerapan Air (Swelling)

Nilai penyerapan air pada film kemasan dapat ditentukan dengan Persamaan 2 (Farah, 2021) :

$$\text{Penyerapan air (\%)} = \frac{w-w_0}{w_0} \times 100\% \quad [2]$$

Keterangan:

W_0 : Berat uji mula-mula (g)

W : Berat uji setelah perendaman (g)

Biodegradasi

Pengujian biodegradasi pada kemasan bioplastik mengacu pada penelitian (Mufida & Sigiro, 2024) dan (Saputra & Supriyo, 2020). Kemasan bioplastik dipotong dengan ukuran 1 x 1 cm kemudian dikubur pada jenis tanah lempung dengan kedalaman 5 cm. Dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.

$$W\% = \frac{w-w_0}{w} \times 100\% \quad [3]$$

Keterangan:

W : berat kering awal sebelum diletakan dalam media (g)

W_0 : berat kering akhir (g)

Perubahan Warna Kemasan Cerdas Bioplastik

Film kemasan cerdas bioplastik di potong berukuran 5 x 5 cm yang kemudian ditempelkan pada lubang pada samping toples yang berisi buah mangga. Perubahan warna diukur menggunakan aplikasi *colorimeter* guna mendapatkan nilai $L^*a^*b^*$.

Susut Bobot Buah Mangga

Susut bobot merupakan salah satu indikator mutu dalam menentukan tingkat kesegaran buah. Nilai penurunan susut bobot dapat menggunakan Persamaan 4.

$$\text{Presentase susut bobot} = \frac{w_a-w_b}{w_a} \times 100\% \quad [4]$$

Keterangan:

W_a : Berat awal sebelum dilakukan pengamatan

W_b : Berat akhir setelah dilakukan pengamatan

Total Padatan Terlarut (TPT)

TPT merupakan parameter yang digunakan sebagai indikator untuk mengukur tingkat kemanisan pada buah dengan cara meneteskan sari buah pada alat refractometer dengan satuan $^{\circ}\text{Brix}$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kuat Tarik (Tensile Strength) Kemasan Cerdas Bioplastik

Interaksi konsentrasi ammonium molibdat dan suhu gelatinisasi menunjukkan pengaruh yang signifikan

($P < 0,05$) terhadap kuat tarik film kemasan cerdas bioplastik. Hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai Kuat Tarik Kemasan Cerdas Bioplastik (%)

Perlakuan Konsentrasi Ammonium Molibdat (A)	Perlakuan Konsentrasi Suhu Gelatinisasi (S)		
	S1 (70°C)	S2 (75°C)	S3 (80°C)
A1 (1%)	11,86 ^e	12,40 ^{de}	17,35 ^{ab}
A2 (1,5%)	11,14 ^e	14,14 ^{cd}	19,28 ^a
A3 (2%)	11,27 ^e	15,12 ^{bc}	15,71 ^{bc}

Keterangan: Huruf yang berbeda di belakang nilai rata-rata menunjukkan adanya pengaruh nyata ($P < 0,05$)

Pada perlakuan konsentrasi ammonium molibdat 1,5% dan suhu gelatinisasi 80°C (A2S3) dengan nilai sebesar 19,28 MPa, sedangkan nilai kuat tarik terendah yaitu pada perlakuan konsentrasi ammonium molibdat 1,5% dan suhu gelatinisasi 70°C (A2S1) dengan nilai sebesar 11,14 MPa. Berdasarkan uji lanjut *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) kuat tarik tertinggi pada perlakuan ammonium molibdat 1,5% dan suhu gelatinisasi 80°C (A2S3) tidak berbeda nyata dengan perlakuan ammonium molibdat 1% dan suhu gelatinisasi 80°C (A1S3), sedangkan kuat tarik terendah perlakuan konsentrasi ammonium molibdat 1,5% dan suhu gelatinisasi 70°C (A2S1) tidak berbeda nyata dengan perlakuan (A3S1, A1S1, A1S2). Nilai kuat tarik tertinggi yang dihasilkan pada penelitian ini didapatkan pada konsentrasi 1,5 % dan suhu gelatinisasi 80°C namun mengalami penurunan pada konsentrasi yang sama pada suhu gelatinisasi 70°C yaitu sebesar 11,14 Mpa. Sifat kekuatan tarik bergantung pada konsentrasi dan jenis bahan penyusun bioplastik tersebut. Salah satu konsentrasi yang mempengaruhi kuat tarik adalah amonium molibdat. Penambahan amonium molibdat dapat mempengaruhi kerapatan jaringan polimer dan

meningkatkan kekuatan ikat antar rantai polimer, sehingga meningkatkan kekuatan tarik film (Foran et al., 2020). Selain penambahan amonium molibdat menurunnya nilai kuat tarik diduga akibat adanya pemanasan granula pati yang menyerap air yang dapat mempengaruhi struktur pati dan berdampak pada sifat mekanik bioplastik yang dihasilkan. Suhu gelatinisasi juga memiliki peran dalam menentukan nilai kuat tarik bioplastik yang dihasilkan, hal ini sejalan dengan pernyataan dari (Erlangga et al., 2021) yang menyatakan bahwa kerusakan butiran pati yang mengalami pengembangan yang berpengaruh terhadap kekentalan larutan bioplastik yang dapat mempengaruhi nilai kuat tarik bioplastik yang dihasilkan yang dimana hal ini dapat dipengaruhi oleh suhu gelatinisasi.

Penyerapan Air Kemasan Cerdas Bioplastik

Interaksi konsentrasi ammonium molibdat dan suhu gelatinisasi menunjukkan pengaruh yang signifikan ($P < 0,05$) terhadap penyerapan air film kemasan cerdas bioplastik. Hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai Penyerapan Air Kemasan Cerdas Bioplastik (%)

Perlakuan Konsentrasi Ammonium Molibdat (A)	Perlakuan Konsentrasi Suhu Gelatinisasi (S)		
	S1 (70°C)	S2 (75°C)	S3 (80°C)
A1 (1%)	1,02 ^b	0,90 ^c	1,02 ^b
A2 (1,5%)	0,91 ^c	0,91 ^c	0,67 ^d
A3 (2%)	1,17 ^a	1,15 ^a	1,04 ^b

Keterangan: Huruf yang berbeda di belakang nilai rata-rata menunjukkan adanya pengaruh nyata ($P < 0,05$)

Nilai presentase penyerapan air terendah yaitu pada perlakuan ammonium molibdat 1,5% dan suhu gelatinisasi 80°C (A2S3) dengan nilai presentase

0,67% sedangkan nilai tertinggi didapatkan pada perlakuan ammonium molibdat 2% dan suhu gelatinisasi 70°C (A3S1) dengan nilai presentase

sebesar 1,17%. Nilai terendah pada penyerapan air ini yaitu pada perlakuan ammonium molibdat 1,5% dan suhu gelatinisasi 80°C (A2S3) dengan nilai presentase 0,67% selanjutnya dilakukan uji *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) yang dimana perlakuan (A2S3) berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Sedangkan perlakuan dengan nilai penyerapan air tertinggi yaitu pada perlakuan ammonium molibdat 2% dan suhu gelatinisasi 70°C (A3S1) dengan nilai presentase sebesar 1,17%. Tidak berbeda nyata dengan perlakuan ammonium molibdat 2% dan suhu gelatinisasi 75°C (A3S2). Meningkatnya nilai penyerapan air di pengaruhi oleh penambahan amonium molibdat yang digunakan amonium molibdat mampu larut dalam air, yang menunjukkan bahwa senyawa ini bersifat hidrofilik (menyerap air) (Zebua, et al., 2022). Selain itu suhu geletinisasi juga mempengaruhi nilai penyerapan air hal ini dikarenakan semakin tinggi suhu gelatinisasi maka semakin banyak uap air yang akan dikeluarkan dari gel yang terbuat dari struktur permukaan film bioplastik tersebut (Irma et al, 2024).

Biodegradasi Kemasan Cerdas Bioplastik

Dari hasil uji biodegradasi yang didapatkan perlakuan ammonium molibdat 1,5% dan suhu gelatinisasi 70° (A2S1) terdegradasi selama 15 hari sedangkan biodegradasi tercepat pada perlakuan ammonium molibdat 1,5% dan suhu gelatinisasi 80° (A2S3) terdegradasi selama 9 hari. Penambahan ammonium molibdat yang memiliki sifat hidrofilik menunjukan bahwa bioplastik dapat terdegradasi secara efisien di dalam tanah (Achyani et al., 2018). Hal ini sejalan dengan pernyataan Gunawan, (2021) penambahan ammonium molibdat pada kemasan memungkinkan film menyerap air membuat sampel film gampang tumbuh jamur atau mikroba atau jamur alami lainnya sehingga mempercepat proses biodegradasi. Selain itu suhu gelatinisasi juga mempengaruhi cepatnya proses biodegradasi pada kemasan cerdas bioplastik hal ini dapat terjadi karena penggunaan suhu yang terlalu tinggi pada konsep bioplastik yang berbahan dasar pati dapat membuat kemasan menjadi rapuh hal ini juga sejalan dengan pernyataan dari (Muthia et al., 2021) yang menyatakan semakin tinggi suhu gelatinisasi maka semakin kecil ketahanan film kemasan terhadap air.

Perubahan Warna Kemasan Cerdas Bioplastik

Terjadinya perubahan warna pada film kemasan cerdas bioplastik dapat dilihat menggunakan sistem L*, a*, b*. Kecenderungan warna yang dimana dari warna gelap hingga terang yaitu nilai L*, warna hijau sampai warna merah yaitu nilai a* dan warna biru

hingga kuning yaitu nilai b*. Dari hasil pengamatan perubahan warna kemasan yang dilakukan selama 15 hari, film kemasan cerdas bioplastik memberikan respon terhadap gas etilen. Dengan terjadinya kematangan pada buah mangga menandakan indikator warna film kemasan cerdas bioplastik memberikan respon yang baik.

Dari hasil pengujian didapatkan adanya perubahan warna pada film kemasan cerdas bioplastik yang dimana warna awal film kemasan cerdas bioplastik yaitu berwarna bening sedikit kehijauan dan kekuningan. Didapatkannya warna tersebut diduga karena kurangnya penambahan konsentrasi ammonium molibdat yang digunakan yang dimana seharusnya warna yang diharapkan yaitu berwarna biru hal ini sesuai dengan hasil penelitian (Chandani et al., 2022) yang menyatakan warna biru diperoleh dari ammonium molibdat yang dilarutkan ke dalam asam asetat 1%. Dari hasil penelitian ini nilai L* pada hari ke-0 yaitu sebesar 74,6 dan mengalami penurunan sampai hari ke-15 menjadi 42,9 dengan didapatkannya hasil tersebut warna film kemasan cerdas bioplastik menjadi semakin gelap seiring dengan peningkatan kematangan pada buah mangga. Kemudian nilai a* diperoleh pada hari ke-0 yaitu sebesar -1,3 kemudian selama masa simpan hingga hari ke-15 menjadi 1,2 dan nilai b* berkisar 2,4 sampai 11,8.

Susut Bobot Buah Mangga

Interaksi konsentrasi ammonium molibdat dan suhu gelatinisasi menunjukkan bahwa interaksi antar perlakuan memberikan pengaruh yang signifikan $P < 0,05$ terhadap susut bobot buah mangga. Hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 3. Nilai susut bobot terendah diperoleh pada konsentrasi ammonium molibdat 1,5% dan suhu gelatinisasi 80°C (A2S3) dengan nilai presentase susut bobot 3,91%, sedangkan nilai susut bobot tertinggi didapatkan pada konsentrasi ammonium molibdat 1,5% dan suhu gelatinisasi 75°C (A2S2) dengan nilai presentase 10,95%. Nilai susut bobot terendah diperoleh pada perlakuan ammonium molibdat 1,5% dan suhu gelatinisasi 80°C (A2S3) yaitu sebesar 3,91% setelah dilakukan uji lanjut *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT), perlakuan ini tidak berbeda nyata dengan perlakuan ammonium molibdat 2% dan suhu gelatinisasi 80°C (A3S3). Sedangkan nilai susut bobot tertinggi diperoleh pada perlakuan ammonium molibdat 1,5% dan suhu gelatinisasi 75°C (A2S2) yaitu sebesar 10,95% memberikan pengaruh yang berbeda nyata dengan perlakuan lainnya.

Tabel 3. Nilai Susut Bobot Buah Mangga

Perlakuan Konsentrasi Ammonium Molibdat (A)	Perlakuan Konsentrasi Suhu Gelatinisasi (S)		
	S1 (70°C)	S2 (75°C)	S3 (80°C)
A1 (1%)	6,24 ^c	8,36 ^b	5,64 ^c
A2 (1,5%)	5,59 ^c	10,95 ^a	3,91 ^d
A3 (2%)	8,63 ^b	6,21 ^c	4,61 ^d

Keterangan: Huruf yang berbeda di belakang nilai rata-rata menunjukkan adanya pengaruh nyata ($P < 0,05$)

Berdasarkan data yang dapat dilihat pada Tabel 5 diketahui bahwa perlakuan konsentrasi ammonium molibdat 1,5% dan suhu gelatinisasi 75°C (A2S2) dengan nilai presentase 10,95% mengalami peningkatan nilai persentase susut bobot buah mangga yang signifikan dibandingkan dengan perlakuan yang lainnya. Hal ini terjadi akibat dari adanya proses respirasi dan transpirasi yang menyebabkan berkurangnya kadar air pada buah selama masa penyimpanan hal ini sesuai dengan pernyataan (Nisha et al., 2019) bahwa peningkatan susut bobot buah disebabkan oleh proses transpirasi dan respirasi yang terjadi selama penyimpanan atau pelepasan air berupa uap air melalui permukaan epidermis buah. Pada perlakuan A2S3 yang memperoleh nilai susut bobot terendah yang dimana hal tersebut dapat terjadi akibat dari penggunaan bahan dalam pembuatan kemasan cerdas bioplastik yaitu ammonium molibdat yang dimana ammonium molibdat memberikan pengaruh terhadap masa simpan buah mangga karena pemberian ammonium molibdat dalam pembuatan kemasan cerdas

bioplastik dapat mempengaruhi kerapatan polimer kemasan sehingga kemasan cerdas bioplastik ini dapat melindungi buah dari proses kehilangan air akibat dari proses transpirasi. Suhu gelatinisasi pada kemasan bioplastik juga dapat mempengaruhi susut bobot pada buah mangga hal ini dapat terjadi karena karena suhu gelatinisasi juga dapat mempengaruhi tingkat kerapatan atau kepadatan pada bioplastik yang digunakan sebagai media penyerap etilen. Semakin tinggi suhu gelatinisasi maka semakin banyak uap air yang dilepaskan dari film gel penyusun struktur bioplastik sehingga terjadinya penguapan air yang menyebabkan partikel – partikel material bergerak keluar dan mengikat lapisan antar sel.

Total Padatan Terlarut Buah Mangga

Interaksi konsentrasi ammonium molibdat dan suhu gelatinisasi menunjukkan bahwa memberikan pengaruh yang signifikan ($P < 0,05$) terhadap total padatan terlarut buah mangga. Hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 4

Tabel 4. Nilai Total Padatan Terlarut Buah Mangga °Brix

Perlakuan Konsentrasi Ammonium Molibdat (A)	Perlakuan Konsentrasi Suhu Gelatinisasi (S)		
	S1 (70°C)	S2 (75°C)	S3 (80°C)
A1 (1%)	11,75 ^{bc}	13,30 ^a	11,65 ^{bc}
A2 (1,5%)	12,00 ^b	11,60 ^{bc}	10,90 ^c
A3 (2%)	12,20 ^b	12,35 ^b	11,60 ^{bc}

Keterangan: Huruf yang berbeda di belakang nilai rata-rata menunjukkan adanya pengaruh nyata ($P < 0,05$)

Berdasarkan tabel diatas perlakuan yang menghasilkan nilai total padatan terlarut tertinggi yaitu pada perlakuan konsentrasi ammonium molibdat 1% dan suhu gelatinisasi 75°C (A1S2) dengan nilai sebesar 13,30°Brix sedangkan perlakuan yang menghasilkan nilai total padatan terlarut terendah yaitu diperoleh pada perlakuan konsentrasi ammonium molibdat 1,5% dan suhu gelatinisasi 80°C (A2S3) dengan nilai sebesar 10,90°Brix. Berdasarkan hasil uji lanjut *Duncan's*

Multiple Range Test (DMRT) perlakuan konsentrasi ammonium molibdat 1% dan suhu gelatinisasi 75°C (A1S2) berbeda nyata dengan perlakuan yang lainnya sedangkan perlakuan konsentrasi ammonium molibdat 1,5% dan suhu gelatinisasi 80°C (A2S3) tidak berbeda nyata dengan perlakuan (A2S2, A3S3, A1S3, A1S1).

Berdasarkan pada tabel diatas didapatkan bahwa perlakuan konsentrasi ammonium molibdat 1% dan

suhu gelatinisasi 75°C (A1S2) dengan nilai sebesar 13,30°Brix mengalami peningkatan total padatan terlarut selama penyimpanan. Peningkatan ini terjadi disebabkan oleh adanya proses pematangan buah yang seperti produksi etilen dan laju respirasi selama masa penyimpanan, sehingga dengan adanya hal tersebut dapat mempercepat proses pematangan pada buah mangga. Hal ini juga dapat terjadi karena selama penyimpanan buah mengalami perombakan karbohidrat menjadi kandungan gula hal ini sesuai dengan pernyataan (Ismail et al., 2015) yang menyatakan buah yang belum matang banyak tersimpan karbohidrat dalam bentuk pati dan selama proses menuju matang kandungan tersebut akan berubah menjadi gula. Perlakuan konsentrasi ammonium molibdat 1,5% dan suhu gelatinisasi 80°C (A2S3) merupakan perlakuan yang memperoleh nilai total padatan terlarut terendah hal ini dapat terjadi karena adanya pengaruh penambahan ammonium molibdat dan suhu gelatinisasi pada kemasan cerdas bioplastik yang dapat mempengaruhi nilai TPT pada buah mangga. Pengaruh karakteristik kemasan dapat mempengaruhi nilai TPT buah mangga karena penambahan ammonium molibdat yang terlalu tinggi dan suhu gelatinisasi yang terlalu tinggi dapat mempengaruhi kerapuhan pada film kemasan cerdas bioplastik.

KESIMPULAN

Interaksi konsentrasi ammonium molibdat dan suhu gelatinisasi pada kemasan cerdas bioplastik yang memberikan pengaruh nyata terhadap kuat tarik, penyerapan air dan biodegradasi. Perlakuan yang menghasilkan karakteristik fisik kemasan cerdas bioplastik yang terbaik untuk penyimpanan buah mangga yaitu perlakuan konsentrasi ammonium molibdat 1,5% dan suhu gelatinisasi 80°C (A2S3) yang mendapatkan nilai kuat tarik 19,28 MPa, penyerapan air 0,67%, kemasan cerdas bioplastic dapat terdegradasi paling cepat yaitu selama 9 hari, susut bobot buah mangga 3,91%, dan total padatan terlarut buah mangga 10,90°Brix. Indikator warna pada kemasan cerdas bioplastik memberikan respon terhadap tingkat kematangan buah mangga yang berupa perubahan warna kemasan cerdas bioplastik yang awalnya berwarna bening kemudian berubah menjadi sedikit kehijauan seiring dengan bertambahnya tingkat kematangan buah mangga.

DAFTAR PUSTAKA

- Achyani, Sutanto, A., & Faliyanti, E. (2018). Pupuk Organik Kulit Kopi. In *UM Metro Press*.
- Aripin, S., Saing, B., & Kustiyah, E. (2017). Studi Pembuatan Bahan Alternatif Plastik Biodegradable. *Jurnal Teknik Mesin (JTM)*, 06(2), 79–84.
- Chandani, N. P. A. P., Yulianti, N. L., & Setiyo, Y. (2022). Studi Variasi Konsentrasi Asam Stearat dan Amonium Molibdat terhadap Karakteristik Fisik Kemasan Cerdas Bioplastik. *Jurnal BETA (Biosistem Dan Teknik Pertanian)*, 11(2), 316. <https://doi.org/10.24843/jbeta.2023.v11.i02.p09>
- Erlangga, E., Pramono, A., & Wardhono, E. Y. (2021). *Development of Single Layer Edible Film Composite from Chitosan Nanoparticles-based as Fruit Packaging Materials*. 7(2), 13–19.
- Farah, S. (2021). Karakteristik Bioplastik dari Alginat Padina sp. dengan Pmlastis gliserol. *Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta*.
- Foran, G., Mankovsky, D., Verdier, N., Lepage, D., Prébé, A., Aymé-Perrot, D., & Dollé, M. (2020). The Impact of Absorbed Solvent on the Performance of Solid Polymer Electrolytes for Use in Solid-State Lithium Batteries. *IScience*, 23(10), 1–16. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2020.101597>
- Gunawan, P. (2021). *APLIKASI LABEL CERDAS BERBAHAN AMONIUM MOLIBDAT – KALIUM PERMANGANAT UNTUK MENDETEKSI TINGKAT KEMATANGAN BUAH MANGGA (Mangifera indica L.)*. JURUSAN TEKNIK GRAFIKA DAN PENERBITAN POLITEKNIK NEGERI JAKARTA.
- Harsojuwono, B. A., Pertanian, F. T., Udayana, U., & Jimbaran, B. (2016). *Karakteristik Fisik dan Mekanik Bioplastik (Studi Konsentrasi Tapioka dan Perbandingan Campuran Pmlastis) Characteristic of bioplastic's physical and mechanical (Study on Tapioca Concentration and Composition Mixture of Plasticizer)*. 3(1), 1–7.
- Irma, K., Lestari, D., Yulianti, N. L., & Gunadnya, I. B. P. (2024). Pengaruh Variasi Konsentrasi KMnO4 dan Suhu Gelatinisasi terhadap Karakteristik Fisik dan Efektivitas Kemasan Aktif Bioplastik. *BETA (Biosistem Dan Teknik Pertanian)*, 12(1), 117–125.
- Iskandar, A., Yuliasih, I., Warsiki, E., Jurusan,

- Agroindustri, T., Teknologi, F., Pertanian, T., & Bogor, P. (2020). Peningkatan Kinerja Buah Label Cerdas Kematangan Berdasarkan Indikator Warna Amonium Molibdat. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Pangan Indonesia IFSTJ*, 3(2), 48–57. www.onlinedoctranslator.com
- Ismail, T. K. D. V. A., Maxiselly, A. K. Y., & Sutari, A. W. I. W. (2015). *Pemanfaatan jenis-jenis pisang (banana dan plantain) lokal Jawa Barat berbasis produk sale dan tepung Utilization kind of local West Java bananas (banana and plantain) based figs and flour product. 14(2), 63–70.*
- Mufida, I., & Sigiro, O. N. (2024). Analisis Biodegradasi Dan Ketahanan Air Pada Plastik Biodegradable Dari Kulit Singkong Dengan Variasi Selulosa Serat Daun Nanas. *Journal of Food Security and Agroindustry*, 2(2), 61–68. <https://doi.org/10.58184/jfsa.v2i2.357>
- Muthia, A. S., Yulianti, N. L., & Widia, I. W. (2021). Pengaruh Suhu Gelatinisasi dan Durasi Pengadukan terhadap Karakteristik Film Kemasan Cerdas Bioplastik. *Jurnal BETA (Biosistem Dan Teknik Pertanian)*, 10(2), 347. <https://doi.org/10.24843/jbeta.2022.v10.i02.p17>
- Riyanto, R., Hermana, I., & Wibowo, S. (2014). Karakteristik Plastik Indikator sebagai Tanda Peringatan Dini Tingkat Kesegaran Ikan dalam Kemasan Plastik. *Jurnal Pascapanen Dan Bioteknologi Kelautan Dan Perikanan*, 9(2), 153. <https://doi.org/10.15578/jpbkp.v9i2.108>
- Saputra, M. R. B., & Supriyo, E. (2020). Pembuatan Plastik Biodegradable Menggunakan Pati Dengan Penambahan Katalis ZnO dan Stabilizer Gliserol. *Pentana*, 1(1), 41–51.
- Zebua, N. F., Lumbangaol, B., Dachi, K., Tambunan, I. J., & Julianty, S. M. (2022). *Cangkang Kapsul dari Biji Durian (Durio zibethinus).*