

Pengaruh Penambahan Ekstrak Buah Duwet dan Bunga Mawar pada Kemasan Pintar Berbasis Selulosa Bakteri sebagai Indikator Kerusakan Makanan

Kezia Jasmine Winata¹, Jaclyn Regina Anggara², Belinda Manuela Angkadjaja³, Fayola Feivel Gunawan⁴, Joko Sulisty⁵

¹ Universitas Ciputra Surabaya, Indonesia; kjasmine01@student.ciputra.ac.id

² Universitas Ciputra Surabaya, Indonesia; janggara@student.ciputra.ac.id

³ Universitas Ciputra Surabaya, Indonesia; bmanuela@student.ciputra.ac.id

⁴ Universitas Ciputra Surabaya, Indonesia; fgunawan13@student.ciputra.ac.id

⁵ Universitas Ciputra Surabaya, Indonesia; joko.sulistyo@ciputra.ac.id

ARTICLE INFO

Keywords:

bioplastic;
bacterial cellulose;
food spoilage indicator;
smart packaging

Article history:

Received 2024-06-04

Revised 2024-07-24

Accepted 2024-08-16

ABSTRACT

Despite its environmental and health drawbacks, plastic continues to be widely used because of its cost-effectiveness and versatility. This study investigates the potential of biodegradable plastic made from cellulose derived from nata de coco, which is produced through the fermentation of *Acetobacter xylinum* bacteria, as a sustainable alternative to conventional non-biodegradable plastics. The structural integrity of the bioplastic was improved by adding cassava starch, glycerin, and CMC. Additionally, extracts from rose and Java plum were incorporated into the material to serve as indicators of food spoilage. Functionality tests revealed that the bioplastic containing rose extract demonstrated the most significant color change, likely due to the degradation of anthocyanins present in the extract. This research presents a promising approach to addressing plastic pollution and reducing food waste through the use of biodegradable smart packaging.

This is an open access article under the [CC BY-NC](#) license.



Corresponding Author:

Joko Sulisty

Universitas Ciputra Surabaya, Indonesia; joko.sulistyo@ciputra.ac.id

1. PENDAHULUAN

Plastik dapat mencemari lingkungan dan memberikan dampak buruk karena sifatnya yang sulit terurai (Ncube et al., 2020). Selain itu, plastik juga berpotensi mengganggu kesehatan makhluk hidup di sekitarnya dengan mempengaruhi sistem endokrin dalam tubuh (Ong et al., 2022). Meskipun demikian, plastik tetap menjadi salah satu bahan yang paling banyak digunakan oleh masyarakat karena harganya yang terjangkau dan kegunaannya yang beragam.

Melihat dampak negatif dari sampah plastik, mendorong penelitian dan pengembangan plastik yang dapat terurai secara alami, dikenal sebagai bioplastik. Berbagai studi telah melaporkan tentang

kemasan bioplastik, seperti kemasan berbasis serat kulit buah kakao dan ampas tebu (Azmin & Nor, 2020), kemasan pintar dengan ekstrak ubi ungu (Ningtyas & Saraswati, 2022), dan kemasan pintar mengandung betacyanin untuk susu kambing (Rahimah et al., 2020), yang digunakan untuk mendeteksi kerusakan pangan. Bioplastik, yang terbuat dari bahan alami, memiliki keunggulan dapat terurai secara alami, sehingga berpotensi menjadi alternatif pengganti plastik konvensional. Selain itu, bioplastik juga dapat digunakan sebagai bahan untuk membuat kemasan pintar yang dilengkapi dengan bioindikator yang mampu mendeteksi kerusakan pangan (Sulistyo, 2023).

Dalam penelitian ini, bahan alami yang digunakan sebagai bioindikator berbasis pigmen alami pada kemasan pintar berasal dari ekstrak buah duwet dan bunga mawar, yang ditambahkan selama proses pembuatan bioplastik dari selulosa bakteri yang dihasilkan oleh *Acetobacter xylinum*. Buah duwet dan bunga mawar dipilih karena mengandung antosianin, senyawa yang dapat bereaksi terhadap perubahan pH akibat kerusakan mikrobiologis pada makanan, yang ditandai dengan perubahan warna pigmen antosianin. Hal ini memudahkan deteksi kerusakan pangan (Thomas & Easwari, 2021; Tamamy et al., 2018).

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi penggunaan bioplastik sebagai alternatif pengganti plastik sintetis atau konvensional, serta menguji kemasan bioplastik berbasis selulosa bakteri sebagai kemasan pangan pintar, dengan ekstrak buah duwet dan bunga mawar sebagai bioindikator untuk mendeteksi kerusakan makanan.

2. METODE

Waktu dan Lokasi

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Kimia dan Laboratorium Pengolahan Pangan, Food Technology Program, Universitas Ciputra Surabaya, pada bulan Maret hingga Juli 2024.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah blender Philips HR-2115, dehidrator Getra ST-32, texture analyzer ZTS-500N, kulkas LG, moisture analyzer Shimadzu MOC63u, climate chamber Memmert, colorimeter CHN Spec CS-10.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah air kelapa tua yang didapatkan dari Pasar Modern Citraland, Monosodium Glutamat (MSG) merek Ajinomoto, gula tebu Rose Brand, asam asetat, gliserin OneMed, tepung tapioka Cap Tani Gunung, bakteri probiotik *Acetobacter xylinum*, ekstrak bunga mawar *Rosa chinensis* merah dari @tokogrosirtanaman dari Shopee Batu, dan buah duwet *Syzygium cumini* dari @tokobuahlangka di Tokopedia Bekasi.

Produksi Selulosa dari Bakteri

Media air kelapa digunakan untuk pertumbuhan bakteri *A. xylinum* dengan menambahkan 0,2% MSG dan 7,5% sukrosa pada air kelapa tua yang dimasak hingga mendidih. Cairan dipindahkan ke loyang steril dan dibiarkan hingga mencapai suhu ruang. Setelah itu, kultur bakteri *A. xylinum* ditambahkan ke dalam media dan diinkubasikan selama 10 hari pada suhu ruang. Produk selulosa bakteri yang terbentuk dicuci dengan air dan direndam pada larutan NaOH 0,1 M selama 2 jam pada suhu 80°C untuk menghilangkan sel bakteri yang melekat pada pelikel dari selulosa bakteri (Sulistyo et al., 2023).

Ekstraksi Bunga Mawar dan Buah Duwet

Air sebanyak 400 mL dipanaskan hingga mendidih. Kelopak bunga mawar *rosa chinensis* sebanyak 45 gram dimasukkan ke dalam air dan dibiarkan mendidih selama 10 menit. Air dan mawar dibiarkan hingga mencapai suhu ruang sebelum dipindahkan ke dalam wadah tertutup dan dibiarkan di tempat gelap selama 5 hari.

Air sebanyak 300 mL disiapkan dalam wadah dengan tutup. Buah duwet yang telah dipisah bijinya ditimbang 100 gram, dihancurkan, dan dimaserasi air yang telah disiapkan. Wadah dimasukkan ke dalam kulkas dan dibiarkan selama 1 malam.

Pembuatan Bioplastik menggunakan Ekstrak Bunga Mawar

Selulosa bakteri sebanyak 14,2% dicampur ke dalam 400 mL ekstrak bunga mawar *rosa chinensis*, 4% pati singkong, 2% gliserin, 0,8% CMC, dan dipanaskan pada suhu 160°C sambil menambahkan 100 mL air. Adonan diaduk hingga warna menjadi bening. Setelah itu, adonan dituang ke atas loyang kemudian dikeringkan pada suhu 60°C selama 12 jam dengan dehidrator hingga terbentuk biofilm (Sulistyo et al., 2023).

Pembuatan Bioplastik menggunakan Ekstrak Buah Duwet

Selulosa bakteri sebanyak 14,2% dicampur ke dalam 400 mL ekstrak buah duwet *Syzygium cumini*, 4% pati singkong, 2% gliserin, 0,8% CMC, dan dipanaskan pada suhu 160°C sambil menambahkan 100 mL air. Adonan diaduk hingga warna menjadi bening. Setelah itu, adonan dituang ke atas loyang kemudian dikeringkan pada suhu 60°C selama 12 jam dengan dehidrator hingga terbentuk biofilm (Sulistyo et al., 2023).

Uji Sifat Fisik Bioplastik

Terdapat 4 parameter yang diuji dari pengujian tekstur bioplastik yang meliputi: ketebalan, kadar air, permeabilitas uap air, *tensile strength*, dan *elongation at break*. Ketebalan diukur secara manual dengan menggunakan mikrometer sekrup. Kadar air diukur menggunakan mesin *moisture analyzer* Shimadzu MOC63u (Othman et al., 2021). Permeabilitas uap air diukur menggunakan metode gravimetri dari perbedaan massa silica gel dalam beaker yang ditutup oleh bioplastik selama 48 jam menggunakan rumus:

$$\text{Permeabilitas uap air} = \frac{m}{t} \cdot \frac{l}{A} \cdot \frac{e}{P_s \Delta RH}$$

Tensile strength dan *elongation at break* dilihat dari hasil pengujian menggunakan *texture analyzer* dengan mengaitkan dua sisi ujung pada pengait atas dan pengait bawah sebelum ditarik untuk mengetahui gaya maksimum sebelum bioplastik sobek.

Uji Fungsional Bioindikator dan Kemasan Pintar

Bioindikator yang digunakan untuk kemasan pintar diuji dengan cara mengambil 5 mL ekstrak, ditambahkan ke dalam larutan buffer dengan pH 3 hingga 9, dan diamati perubahan warnanya (Hasan & Anwar, 2022).

Pengujian kemasan pintar dilakukan menggunakan metode Ningtyas & Saraswati, 2021 dengan tahu sebagai sampel produk pangan yang akan diuji selama penyimpanan menggunakan kemasan pintar. Tahu disimpan pada suhu kulkas (4°C), suhu ruang (25°C), suhu tinggi (40°C) dan diamati perubahan warna yang terjadi setiap hari secara fisik serta menggunakan *colorimeter* CHN Spec CS-10 (Manoe et al., 2019; Yu et al., 2023). Perubahan warna pada kemasan pintar menunjukkan adanya perubahan pH yang diakibatkan oleh adanya pertumbuhan mikroorganisme penyebab kerusakan pangan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini, dilakukan uji coba awal sebagai bagian dari penelitian pendahuluan untuk mengembangkan bioplastik yang berfungsi sebagai indikator kerusakan makanan. Sebagai indikator alami, digunakan bunga telang dalam eksperimen ini. Ekstrak bunga telang sebanyak 100 mL ditambahkan ke dalam adonan bioplastik, dan kemudian dilakukan pengamatan terhadap perubahan warna yang terjadi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa bioplastik dengan ekstrak bunga telang mengalami perubahan warna dari biru ke ungu pada pH rendah atau dalam kondisi asam. Penelitian

utama menggunakan ekstrak bunga mawar dan buah duwet sebagai indikator. Ekstrak bunga mawar dibuat dengan membandingkan tiga jenis bunga mawar, yaitu mawar Bangil, mawar Tiongkok (*Rosa chinensis*), dan mawar Holland.

Analisis Tekstur Bioplastik Mawar dan Buah Duwet

Tabel 1. Hasil Uji Tekstur Bioplastik Mawar dan Duwet

Parameter	Bioplastik Mawar	Bioplastik Duwet
Ketebalan	0,103 mm	0,175 mm
Peak pada <i>Texture Analyzer</i>	0,567 N	1,067 N
<i>Tensile Strength</i>	28.33 Pa	76.67 Pa
<i>Elongation at Break</i>	2.97%	8.64%
Kadar Air	13,59%	11,08%
Permeabilitas Uap Air	-0,00002720	-0,00016775

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan menggunakan *texture analyzer*, bioplastik dengan penambahan ekstrak bunga mawar memiliki titik puncak sebesar 0,567 N. Jika dibandingkan dengan bioplastik dengan penambahan ekstrak buah duwet yaitu sebesar 1,067 N (**Tabel 1**). Ketebalan dan kadar air dari kedua jenis bioplastik menunjukkan hasil yang serupa. Hal tersebut dipengaruhi dari proses pencetakan bioplastik yang tidak merata.

Data nilai ketebalan dari kedua sampel menunjukkan hasil yang berbeda, di mana bioplastik dengan penambahan ekstrak buah duwet lebih tinggi dibandingkan dengan bioplastik dengan penambahan ekstrak bunga mawar. Hasil ini berbanding lurus dengan nilai hasil puncak pada *texture analyzer*, *tensile strength*, dan *elongation at break* dari kedua jenis bioplastik. Bioplastik dengan penambahan ekstrak buah duwet lebih tebal dibandingkan dengan bioplastik dengan penambahan ekstrak bunga mawar. Ketebalan yang berbeda ini dapat dipengaruhi oleh proses pencetakan bioplastik yang tidak merata, sehingga menyebabkan perbedaan ketebalan dari kedua bioplastik.

Berdasarkan Tabel 1, diketahui bahwa nilai *tensile strength* dari kedua jenis bioplastik cukup tinggi. Hal ini dapat dikaitkan dengan penggunaan selulosa bakteri sebagai bahan dasar, yang secara alami cenderung meningkatkan nilai *tensile strength* bioplastik dibandingkan dengan bioplastik yang dibuat dari bahan lain. Selulosa bakteri terdiri dari rantai polimer panjang dan lurus, yang memberikan struktur yang lebih kuat ketika diubah menjadi bioplastik. Selain itu, adanya adhesi antarmuka yang sangat baik juga berkontribusi dalam membentuk jaringan ikatan hidrogen yang kuat dalam matriks bioplastik (Intandiana et al., 2019).

Ikatan hidrogen yang terbentuk pada selulosa merupakan ikatan hidrogen intermolekuler, di mana gugus hidroksil (O-H) dari pati singkong berikatan dengan gugus karboksil (COOH) pada selulosa, menghasilkan ikatan yang memperkuat kekuatan mekanik bioplastik (Danni et al., 2023).

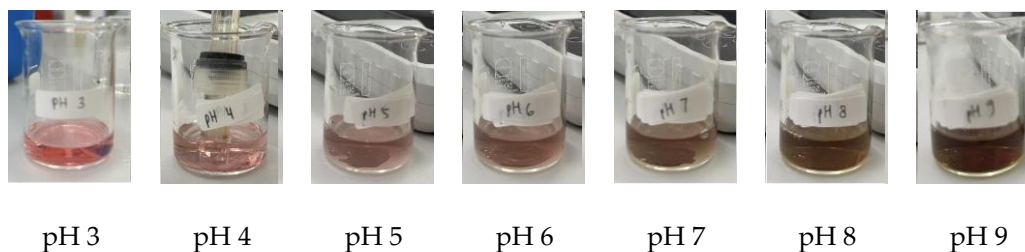
Nilai *elongation at break* adalah persentase perubahan panjang bioplastik saat ditarik hingga putus. Nilai ini dianggap baik jika mencapai lebih dari 50% dan dianggap buruk jika kurang dari 10% (Intandiana et al., 2019). Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai *elongation at break* dari kedua jenis bioplastik berada di bawah 10%. Ini terjadi karena ikatan antara gugus hidroksil pada pati dan gugus karboksil pada selulosa mengurangi elastisitas bioplastik, menyebabkan nilai *tensile strength* dan *elongation at break* saling berbanding terbalik. Selulosa memperpendek jarak antar molekul, mengurangi ikatan hidrogen, sehingga gaya tarik melemah dan bioplastik lebih mudah putus saat ditarik (Agustina et al., 2024).

Bioplastik berbasis selulosa bakteri cenderung memiliki kadar air yang tinggi. Menurut penelitian Devika & Saha (2024), kadar air bioplastik bisa mencapai 40%. Hal ini disebabkan oleh penambahan gliserin sebagai *plasticizer*, yang mengandung gugus hidroksil yang mudah berikatan dengan molekul air. Namun, dalam penelitian ini, kadar air kedua jenis bioplastik lebih rendah dibandingkan penelitian sebelumnya, yaitu 13,59% untuk bioplastik dengan ekstrak bunga mawar dan 11,08% untuk bioplastik dengan ekstrak buah duwet. Rendahnya kadar air ini mungkin disebabkan oleh proses pengeringan, yang berfungsi mengurangi kadar air untuk meminimalisir kerusakan akibat pertumbuhan mikroorganisme dan aktivitas enzim. Jika kadar air bioplastik terlalu tinggi, bioplastik akan lebih mudah rusak dan tidak tahan lama untuk digunakan sebagai kemasan (Cengristitama & Wulandari, 2021)..

Permeabilitas uap air dari kedua jenis bioplastik, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1, menunjukkan nilai yang sangat rendah. Selain itu, bioplastik dengan penambahan ekstrak bunga mawar memiliki nilai permeabilitas uap air yang lebih rendah dibandingkan dengan bioplastik yang mengandung ekstrak buah duwet. Permeabilitas uap air mengacu pada jumlah uap air yang hilang per satuan waktu, dibagi dengan luas area film (Deden et al., 2020).

Permeabilitas uap air dapat dipengaruhi oleh sifat polimer yang bersifat polar, seperti protein dan polisakarida. Polimer dengan polaritas tinggi cenderung memiliki permeabilitas oksigen yang rendah, namun permeabilitas uap airnya tinggi. Sebaliknya, polimer non-polar, seperti lipid, cenderung memiliki permeabilitas uap air yang lebih rendah dan permeabilitas oksigen yang lebih tinggi. Ini membuat bahan tersebut efektif sebagai penahan air, tetapi kurang efektif dalam menahan gas (Dewi et al., 2021). Selain itu, nilai permeabilitas juga dipengaruhi oleh ketebalan kemasan yang dibuat; semakin tebal kemasannya, semakin rendah nilai permeabilitasnya. Hal ini disebabkan oleh jumlah uap air yang dapat melewati kemasan tersebut menjadi lebih sedikit (Susanti et al., 2020)..

Pengujian pH Ekstrak Bunga Mawar (*Rosa chinensis*)



Gambar 1. Hasil Uji pH Ekstrak Bunga Mawar (*R. chinensis*)

Berdasarkan pengujian yang dilakukan, didapatkan bahwa pada pH 3 ketiga ekstrak bunga mawar (*Rosa chinensis*) menunjukkan perubahan warna dari merah menjadi coklat seiring dengan kenaikan pada pH. Bunga mawar (*R. chinensis*) merupakan salah satu jenis bunga yang memiliki aroma yang harum dan wangi dan menjadi jenis bunga yang banyak disukai oleh masyarakat. Bunga ini memiliki ukuran yang sedang dengan kelopak dan mahkota bunga yang berwarna-warni (Arif et al., 2023).

Bunga mawar mengandung pigmen antosianin yang memberikan warna merah pada bunga mawar. Pigmen antosianin tergolong ke dalam senyawa flavonoid dengan jenis antosianin adalah pelargonidin dan sianidin. Kandungan senyawa antosianin yang terdapat dalam bunga mawar dapat dimanfaatkan sebagai indikator asam-basa alami, yang mana dalam industri pangan digunakan untuk mendeteksi kerusakan pada bahan pangan (Sulfiani & Sukmawati, 2020). Senyawa antosianin dapat mengalami perubahan warna menjadi merah, biru atau ungu seiring dengan perubahan pH, yang mana hal ini dikarenakan antosianin merupakan jenis pigmen organik (Dayanti et al., 2020).

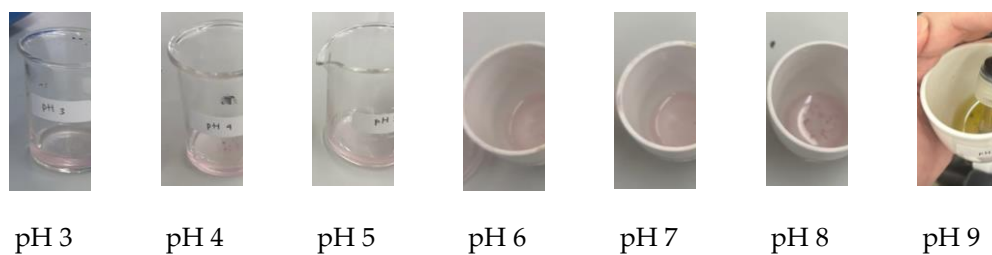
Ekstrak dari bunga mawar sendiri memiliki rentang pH sebagai indikator asam basa yang berkisar antara pH 2 hingga 9. Pada pH rendah atau pada suasana asam akan menunjukkan warna merah muda. Lalu, pada pH tinggi atau pada suasana basa akan menunjukkan perubahan warna dari merah muda menjadi coklat (Vankar & Bajpai, 2010). Hal ini sesuai dengan perubahan warna yang terjadi pada

penelitian yang dilakukan (**Gambar 1**). Hasil penelitian menunjukkan seiring dengan meningkatnya pH, maka perubahan warna yang terjadi pada ekstrak bunga mawar sebagai indikator asam basa akan menjadi warna coklat. Hasil perubahan warna yang terjadi dapat terlihat dengan jelas, di mana warna merah muda yang berasal dari ekstrak terdegradasi seiring dengan meningkatnya pH dan memunculkan warna coklat.

Pengujian pH Ekstrak Buah Duwet (*Syzygium cumini*)

Buah duwet (*S. cumini*) atau bisa disebut dengan buah jamblang merupakan jenis buah tradisional yang berasal dari Sulawesi Selatan. Buah ini memiliki bentuk yang bulat agak lonjong. Warna dari buah yang matang adalah memiliki kulit yang berwarna merah tua hingga ungu kehitaman dan bagian daging yang berwarna putih, kuning kelabu, dan agak merah ungu. Buah duwet dapat tumbuh secara bergerombol dalam satu ranting seperti anggur, sehingga memiliki sebutan sebagai anggur bugis. Buah ini memiliki kandungan antosianin alami yang tinggi, di mana berkisar antara 139-145 mg/100g (Julyaningsih et al., 2022).

Pemanfaatan buah duwet sebagai indikator alami dalam industri pangan dapat digunakan untuk mengidentifikasi kerusakan pada pangan. Kandungan antosianin yang terdapat pada buah duwet memberikan warna ungu pada buah ini (Tamamy et al., 2018). Saat senyawa antosianin yang terdapat pada buah duwet diekstraksi maka akan menghasilkan warna merah muda sampai ungu pada suasana asam atau pH rendah. Saat diberikan larutan dengan pH tinggi atau larutan basa maka akan menyebabkan terjadinya perubahan warna menjadi kuning kehijauan (Ahsana et al., 2023).







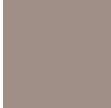

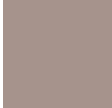
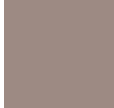








Gambar 2. Hasil Uji pH Ekstrak Buah Duwet (*S. cumini*)

Dari penelitian yang dilakukan, perubahan warna yang terjadi pada ekstrak buah duwet yang ditambahkan larutan dengan pH 9 sesuai dengan penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Ahsana et al (2023), di mana pada pH 9 terjadi perubahan warna menjadi kuning kehijauan yang dapat dilihat pada **Tabel 3**. Pada pH 4-8 tidak terjadi perubahan warna disebabkan oleh pH larutan yang tidak tepat. Pada pH rendah, antosianin dapat menghasilkan warna yang lebih cerah, yaitu warna merah. Akan tetapi, senyawa antosianin akan terdegradasi dan menghasilkan warna lainnya. Hal ini dikarenakan senyawa antosianin tidak stabil pada suhu yang tinggi, sehingga senyawa ini dapat memudar dengan cepat (Saputri et al., 2023).

Pengujian Fungsional Menggunakan Sampel Tahu













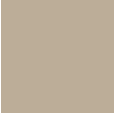



Bioplastik dengan penambahan ekstrak bunga mawar (*Rosa chinensis*) yang digunakan sebagai pengemas tahu mengalami perubahan warna dari merah ke coklat selama proses kerusakan pada tahu terjadi. Hal ini menunjukkan bahwa kemasan dapat berfungsi dengan optimal sebagai *smart packaging* yang digunakan untuk mengidentifikasi kerusakan pada pangan, salah satunya tahu. Akan tetapi, pada bioplastik dengan penambahan ekstrak buah duwet (*Syzygium cumini*) hanya mengalami perubahan kepekatan warna atau degradasi warna selama proses kerusakan pada tahu terjadi. Selain itu, terdapat pertumbuhan kapang pada tahu yang disimpan suhu ruang, di mana suhu ruang (sekitar 25°C) menjadi suhu optimum yang digunakan untuk pertumbuhan kapang (Sipayung et al., 2022).

Tabel 2. Hasil Uji Fungsional Kemasan Pintar pada Sampel Tahu menggunakan Bioindikator Ekstrak Bunga Mawar.

Hari Pertama	Hari Kedua	Hari Ketiga	Hari Keempat
			
60,71; 6,41; 7,75 HEX: #a38e85 	61,52; 6,18; 8,10 HEX: #a59087 	62,65; 6,37; 8,05 HEX: #a9938a 	59,37; 6,98; 8,24 HEX: #a18a81 
61,17; 6,18; 8,04 HEX: #a48f86 	64,66; 6,03; 9,05 HEX: #ae998d 	59,8; 5,23; 5,57 HEX: #9d8d87 	57,81; 3,5; 9,15 HEX: #98887b 
60,38; 6,62-7,56 HEX: #a38d85 	51,13; 8,32-9,46 HEX: #8e746a 	58,27; 3,96-13,94 HEX: #9c8974 	42,76; 3,7-3,34 HEX: #61675f 

Proses degradasi dari senyawa antosianin dapat terjadi karena stabilitas dari senyawa antosianin dapat dipengaruhi oleh protein, di mana reaksi yang terjadi antara protein dan antosianin akan membentuk endapan yang menyebabkan senyawa pemberi warna pada antosianin menghilang (Sulfiani & Sukmawati, 2020). Selain itu, senyawa antosianin pada pH >7 akan mengalami degradasi. Degradasi yang terjadi didasarkan pada senyawa gugus pengganti dari senyawa antosianin tersebut. Stabilitas dari antosianin dapat mengalami penurunan apabila jumlah gugus hidroksil pada cincin bagian B dari senyawa antosianin mengalami peningkatan, yang mengakibatkan mudahnya terjadi degradasi pada senyawa antosianin (Enaru et al., 2021).

Tabel 3. Hasil Uji Fungsional Kemasan Pintar pada Sampel Tahu menggunakan Bioindikator Ekstrak Buah Duwet

Hari Pertama	Hari Kedua	Hari Ketiga	Hari Keempat
			
67,05; 3,36-18,29 HEX: #b6a083 	64,32; 4,31, 19,48 HEX: #b0987a 	63,04;4,09; 18,68 HEX: #ac9578 	68,55; 1,49; 13,81 HEX: #b4a58e 
71,79; 2,22; 15,3 HEX: #bfae94 	60,93; -0,06; 10,70 HEX: #9b9280 	69,31; 1,26; 13,83 HEX: #b6a890 	68,27; -0,01; 11,23 HEX: #afa692 
71,60; 1,88; 14,92 HEX: #bead94 	46,75; 2,39; 9,33 HEX: #796d5f 	49,81; 3,85; 12,87 HEX: #857461 	48,69; 3,40; 11,26 HEX: #817161 

4. KESIMPULAN

Dari penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa bioplastik dengan penambahan ekstrak bunga mawar dapat bekerja dengan lebih baik dan memberikan hasil perubahan warna yang lebih jelas sebagai indikator kerusakan makanan, dibandingkan dengan bioplastik dengan penambahan ekstrak buah duwet. Perubahan warna yang terjadi diakibatkan oleh degradasi yang terjadi pada senyawa antosianin yang terkandung pada masing-masing ekstrak. Kedua jenis bioplastik memiliki karakteristik fisik, khususnya tekstur yang dapat digunakan sebagai kemasan makanan. Selain itu, keduanya sangat berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai *smart packaging* yang dapat mengetahui tingkat kesegaran dari suatu jenis makanan, sehingga dapat mengurangi *food waste*.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya disampaikan kepada Departemen Biro Mahasiswa dan Alumni, Food Technology Program, Fakultas Pariwisata Universitas Ciputra Surabaya, dan Simbelmawa, DIKTI atas fasilitas, pendanaan, dan sumber daya yang sangat sangat membantu dalam

pelaksanaan penelitian. Ucapan terima kasih kepada bapak Dr. Adrie Oktavio atas jasa *proofreading* terhadap makalah ini.

REFERENSI

- Abbral, H., Lawrensus, V., Handayani, D. & Sugiarti, E. (2018). Preparation of Nano-Sized Particles from Bacterial Cellulose Using Ultrasonication and Their Characterization. *Carbohydrate Polymers*, 191, pp. 161-167.
- Adriani, A., Ahsana, A., Zarwinda, I., & Mustafa, I. (2023). Pembuatan Kertas Indikator Alam Dari Ekstrak Buah Jamblang Sebagai Penentu Sifat Asam dan Basa Suatu Larutan. *Jurnal Sains Dan Kesehatan Darussalam*, 3(1), pp. 1–6.
- Agustina, E., Purnamasari, R., Erfansyah, N.F., Andiarna, F., Lusiana, N. & Hidayati, I. (2024). Pemanfaatan Limbah Pucuk Tebu Sebagai Sumber Selulosa Bahan Baku Plastik Biodegradable. *BIOTROPIC The Journal of Tropical Biology*, 8(1), pp. 39–54.
- Azmin, S.N.H.M. & Nor, M.S.M. (2020). Development and Characterization of Food Packaging Bioplastic Film from Cocoa Pod Husk Cellulose Incorporated with Sugarcane Bagasse Fibre. *Journal of Bioresources and Bioproducts*, 5(4), pp. 248-255.
- Cengristitama, & Wulandari, G.A. (2021). Variasi Penambahan Kitosan dalam Bioplastik dari Limbah Sekam Padi dan Minyak Jelantah. *TEDC*, 15(1), pp. 8–14.
- Danni, E.R., Hasan, A., & Junaidi, R. (2023). Pengaruh Penambahan Filler dari Selulosa Tongkol Jagung dan Zink Oksida Pada Plastik Biodegradable. *Scientica: Jurnal Ilmiah Sain Dan Teknologi*, 1(3), pp. 92–100.
- Dayanti, N., Saputri, S.V., Arit, A., Muharini, R. & Masriani, M. (2020). Natural Dyes Characterization of Local Plants as Acid-Base Indicator. *EduChemia Jurnal Kimia Dan Pendidikan*, 5(1), pp. 72–86.
- Deden, M., Rahim, A., & Asrawaty. (2020). Sifat Fisik dan Kimia Edible Film Pati Umbi Gadung pada Berbagai Konsentrasi. *Jurnal Pengolahan Pangan*, 5(1), pp.26–33.
- Devika, R. & Saha, R. (2024). Characterization and Optimization Studies of Cellulose-Based Bioplastics Extracted from *Musa paradisiaca* L. *Global NEST Journal*, 26(2), pp. 1–10.
- Dewi, R., Rahmi, & Nasrun. (2021). Perbaikan Sifat Mekanik dan Laju Transmisi Uap Air Edible Film Bioplastik Menggunakan Minyak Sawit dan Plasticizer Gliserol Berbasis Pati Sagu. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 10(1), pp. 61–77.
- Enaru, B., Dreţcanu, G., Pop, T.D., Stănilă, A. & Diaconeasa, Z. (2021). Anthocyanins: Factors Affecting Their Stability and Degradation. *Antioxidants*, 10(12), pp. 1967.
- Hasan, M.N. & Anwar, T., 2022. Studi potensi Pemanfaatan Bunga Telang (*Clitoria Ternatea* L.) sebagai Media Pembelajaran Sains untuk Anak Sekolah Dasar. *Awwaliyah: Jurnal Pendidikan Guru Madrasah Ibtidaiyah*, 5(2), pp. 166–175.
- Indrawijaya, B., Paradiba, A. & Murni, S.A. (2017). Uji Organoleptik dan Tingkat Ketahanan Produk Tahu Berpengawet Kitosan. *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia UNPAM*, 1(2), pp. 1-7.
- Intandiana, S., Dawam, A.H., Denny, Y.R., Septiyanto, R.F. & Affifah, I. (2019). Pengaruh Karakteristik Bioplastik Pati Singkong dan Selulosa Mikrokristalin terhadap Sifat Mekanik dan Hidrofobisitas. *EduChemia*, 4(2), pp. 185–194.
- Julyaningsih, A.H., Rais, M. & Irmayani, I. (2022). Studi Pengembangan Buah Jamblang (*Syzygium cumini* L.) Menjadi Minuman Fungsional Kaya Antioksidan. *Jurnal Agritechno*, pp. 118–131.
- Kim, S.J., Kim, S.H. & Bang, W.S. (2022). Changes in Quality of Expired Tofu during Storage at Different Temperatures. *Journal of Food Hygiene and Safety*, 37(2), pp. 80-86.
- Manoe, J.A., Hinga, I.A.T. & Setyobudi, A. (2019). Uji Organoleptik Produk Tahu Berdasarkan Suhu dan Lama Penyimpanan terhadap Mutu Tahu di Kabupaten Kupang. *Timorese Journal of Public Health*, 1(2), pp. 96-108.

- Mardhiah, A., Musran, & Handayani, L. (2023). Intelligent Packaging dalam Perspektif Filsafat Ilmu. *Jurnal Sains Riset*, 13(1), pp. 125-133.
- Ncube, L.K., Ude, A.U., Ogunmuyiwa, E.N., Zulkifli, R. & Beas, I.N. (2020). Environmental Impact of Food Packaging Materials: A Review of Contemporary Development From Conventional Plastics to Polylactic Acid Based Materials. *Materials*, 13(21), pp. 4994.
- Ningtyas, R. & Saraswati, A.D. (2022). Kemasan Pintar Berbasis Ekstrak Ubi Ungu sebagai Indikator Kesegaran Fillet Ikan Patin Pada Suhu Chiller, *Jurnal Sagu*, 20(2), pp. 40.
- Ong, H.T., Samsudin, H. & Soto-Valdez, H. (2022). Migration of Endocrine-Disrupting Chemicals Into Food From Plastic Packaging Materials: An Overview of Chemical Risk Assessment, Techniques to Monitor Migration, and International Regulations. *Critical reviews in food science and nutrition*, 62(4), pp. 957-979.
- Othman, N.A., Adam, F., & Yasin, N.H.M. (2021). Reinforced bioplastic film at different microcrystalline cellulose concentration. *Materials today: proceedings*, 41, 77-82.
- Rahimah, S., Malinda, W., Sukri, N., Salma, J.K., Tallei, T.E. & Idroes, R. (2020). Betacyanin as Bioindicator Using Time-Temperature Integrator for Smart Packaging of Fresh Goat Milk. *The Scientific World Journal*, 2020.
- Saputri, D.R., Listyadevi, Y.L., Adiwibowo, M.T., Damayanti, D., Auriyani, W.A., Fahni, Y., Sanjaya, A., Yusupandi, F., Yuniarti, R., Zega, F. A. & Ikhlis, F.R. (2023). The Effect of pH on The Color Change of Anthocyanin Compound from Butterfly Pea Flower Extract (*Clitoria ternatea*). *Communication in Food Science and Technology*, 2(2), pp. 54–60.
- Sipayung, I.S., Afriani, & Sulaksana, I. (2022). Pengaruh Lama Penyimpanan Pada Suhu Kamar Terhadap Kualitas Fisik Dan Mikrobiologi Daging Kambing Diawetkan Dengan Substrat Antimikroba *Lactobacillus plantarum* BAF 514 Yang Dikemas Vakum. *Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Peternakan*, 25(1), pp. 48–56.
- Sulfiani, & Sukmawati. (2020). Pemanfaatan Ekstrak Bunga Mawar Merah (*Rosa hybrida*) Asal Desa Bonto Majannang Kabupaten Bantaeng sebagai Indikator Formalin pada Ikan Asin. *Jurnal Abdidas*, (5), pp. 478–486.
- Sulistyo, J., Winarno, P.S., Pratiwi, I.Y., Ridfan, L.P., Pranata, K.M. & Chick, R.M.R. (2023). Preparation of Active Food Packaging and Coating Material Based on Bacterial Cellulose to Increase Food Safety. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, 34(1), pp. 48-61.
- Susanti, A., Arfa'I, I. & Yuliana, A.I. (2020). Pengaruh Jenis Kemasan dan Masa Simpan terhadap Karakteristik Keripik Pisang Kepok (*Musa paradisiaca* L.). *EPiC: Exact Papers in Compilation*, 2(1), pp. 199–204.
- Tamamy, M.M., El Husna, N. & Safriani, N. (2018). Nilai pH dan Intensitas Warna Antosianin Buah Jamblang (*Syzygium cumini*) yang Diekstrak dengan Metode Ultrasonik. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 3(4), pp.830-834.
- Thomas, S.B. & Easwari, P. (2021). Plant Extracts as Natural Indicators in Acid-Base Titrations. *Baselius Researcher*, p.74.
- Vankar, P.S. & Bajpai, D. (2010). Rose Anthocyanins as Acid Base Indicators. *EJEAFChe: Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry*, 9(5), pp. 875–884.
- Yu, S.S., Ahn, H.S. & Park, S.H. (2023). Potential Application of Electrical Conductivity Measurement for Freshness Assessment of Tofu. *Sensors and Actuators A: Physical*, 352, pp.114202.