

PEMANFAATAN ANTOSIANIN SEBAGAI INDIKATOR PADA *SMART FILM PACKAGING* UNTUK MENDETEKSI KESEGRAN PRODUK PANGAN

THE USE OF ANTHOCYANINS AS INDICATORS IN SMART FILM PACKAGING TO DETECT THE FRESHNESS OF FOOD PRODUCTS

Yessica

Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian,

Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

foodtech.yessica.y.20@ukwms.ac.id

Abstrak

Antosianin merupakan pewarna alami yang larut dalam air dan sensitif terhadap perubahan nilai pH lingkungan. Pigmen antosianin dapat diperoleh dari ekstrak buah-buahan, sayuran, dan bunga. Antosianin termasuk ke dalam kelompok senyawa bioaktif dan senyawa fenolik yang memberikan warna ungu, merah, biru, dan oranye. Produk pangan rentan mengalami kerusakan selama proses penanganan yang kurang baik. Kerusakan produk pangan umumnya disebabkan oleh kelompok mikroorganisme. Penggunaan indikator antosianin pada smart film packaging bertujuan untuk memonitor kesegaran bahan pangan yang dikemas secara "real time". Indikator antosianin dapat menunjukkan tingkat kesegaran produk pangan berdasarkan perubahan warna film yang dipicu oleh perubahan nilai pH lingkungan. Beberapa penelitian terbaru meneliti tentang pengembangan smart film packaging berbasis pigmen antosianin sebagai indikator serta penggunaan polimer ramah lingkungan sebagai bahan baku film. Tujuan dari review ini adalah mengulas pemanfaatan pigmen antosianin sebagai indikator smart film packaging dalam upaya meningkatkan keamanan pangan dan mempertahankan kualitas produk pangan.

Kata kunci: Antosianin, Pewarna alami, Smart film packaging, Biopolimer, Indikator pH, Indikator kesegaran

Abstract

Anthocyanins are water soluble and pH responsive natural dyes. This pigment can be obtained by fruits, vegetables, and flowers extraction. Anthocyanins are classified as bioactive compounds and also part of phenolic family which responsible for various colors such as purple, red, blue, and orange. Food products decay easily due to insufficient handling process. In most cases, food spoilage is influenced by microorganism activity. The aim of anthocyanin usage as an indicator in smart film packaging is for "real time" freshness monitoring of packed food products. Anthocyanin as an indicator can indicate the freshness of food product by its sensitivity towards the change in pH and color change of films. Recent studies about the development of smart film packaging with anthocyanin as an indicator have shown an enormous interest in using biodegradable properties as raw materials for making eco-friendly films. The discussion in this review focuses on the utilization of anthocyanin as an indicator in smart film packaging to improve food safety and maintain the quality of packed food.

Keyword: Anthocyanin, Natural dyes, Smart film packaging, Biopolymer, pH-indicator, Freshness indicator

PENDAHULUAN

Penggunaan kemasan pada produk pangan bertujuan untuk melindungi produk dari kotoran, debu, kontaminan, serta menjaga kualitas dan memperpanjang umur simpan produk. Produk pangan segar cenderung mudah mengalami kerusakan yang dapat diakibatkan oleh luka fisik selama

penanganan pasca panen, proses transportasi, proses penyimpanan, atau disebabkan oleh faktor kimiawi dan biologis (Ghoshal, 2018; Souza et al., 2018). Indonesia berada pada peringkat pertama sebagai negara penghasil limbah makanan tertinggi di Asia Tenggara, yaitu sebanyak 20,93 juta ton sampah

makanan per tahun (UNEP, 2021). Seiring dengan perkembangan teknologi yang semakin maju, khususnya dalam bidang kemasan, menjadi pendorong untuk mewujudkan pangan yang aman dan berkualitas dengan meminimalkan kerusakan pasca panen maupun jumlah limbah pangan di Indonesia melalui inovasi pengemasan.

Kemasan berperan sebagai *barrier* produk pangan dari oksigen, karbondioksida, uap air, mikroba kontaminan, luka fisik, dan lainnya (Suman Singh et al., 2018). Kemasan juga dilengkapi dengan berbagai label yang dicantumkan dengan tujuan mengetahui informasi mengenai produk pangan tersebut termasuk tanggal kadaluarsa. Pencantuman berbagai informasi termasuk tanggal kadaluarsa tidak mencukupi sebagai acuan dalam menentukan kualitas dan kesegaran produk pangan. Dampak yang timbul dari mengonsumsi produk pangan yang tidak segar adalah potensi terjadinya *foodborne disease*. *Foodborne disease* merupakan penyakit yang timbul akibat mengonsumsi produk pangan yang sudah terkontaminasi oleh mikroba patogen (Kim et al., 2019).

Industri pangan berperan penting dalam menjamin kualitas makanan yang dikonsumsi masyarakat. Dalam proses pendistribusiannya, pangan yang kita konsumsi sehari-hari akan melewati bagian proses mulai dari penanganan pasca panen, produksi, distribusi/*retail*, dan hingga akhirnya sampai pada tangan konsumen yang mana siklus distribusi rantai makanan ini berpotensi untuk terjadinya transmisi kontaminan (Ma et al., 2021). Jenis produk pangan segar tertentu, khususnya seperti produk pangan berbasis hewani, cenderung mudah untuk mengalami kerusakan atau kebusukan jika penanganan yang diberikan tidak tepat. Transmisi kontaminan melalui produk pangan berpeluang untuk membahayakan keselamatan konsumen.

Oleh sebab itu, upaya yang dilakukan dalam meningkatkan keamanan pangan adalah melakukan inovasi kemasan dengan memberikan label indikator kesegaran produk pangan. Pembuatan label indikator dapat memanfaatkan bahan aktif yang dapat memonitor kesegaran bahan pangan secara “*real time*”. Bahan aktif tertentu dapat menjadi reaktif saat terjadi perubahan kimiawi, sebagai contoh adalah antosianin. Perubahan nilai pH bahan pangan dapat ditandai dengan perubahan warna antosianin yang diaplikasikan ke dalam *smart film packaging*, sehingga konsumen dapat mengetahui kondisi kesegaran produk pangan. Ketika pH bernilai 1, *film* antosianin cenderung menunjukkan warna merah, namun saat mencapai pH 6 *film* antosianin menunjukkan warna keunguan. Warna *film* antosianin menunjukkan perubahan warna menjadi biru-kehijauan saat mencapai pH 7-12 (Vo et al., 2019).

Sebelum menggunakan indikator berbasis pewarna alami seperti antosianin, teknologi sejenis telah diterapkan namun menggunakan indikator sintetik seperti *bromocresol purple*, *bromothymol blue*, dan *methyl red* (Zhang et al., 2019). Akan tetapi, penggunaan indikator pewarna sintetik berpotensi menjadi cemaran kimia yang dapat membahayakan kesehatan manusia dan mencemari lingkungan. Sebagai bentuk perhatian untuk mengurangi cemaran lingkungan dan meningkatkan pangan yang aman bagi kesehatan, maka dikembangkan *smart film packaging* berbasis indikator dari bahan alami seperti antosianin. *Smart film packaging* berbasis indikator antosianin dibuat menggunakan bahan biopolimer yang bersifat *biodegradable* dan ramah lingkungan.

Hadirnya kemasan pintar ini diharapkan dapat menjadi solusi untuk menekan angka *foodborne disease* dan mengurangi jumlah limbah kemasan maupun pangan di Indonesia

Smart packaging yang dilengkapi dengan indikator pewarna alami seperti antosianin juga akan membantu dalam mengidentifikasi, mengontrol, dan menjaga kualitas produk pangan yang beredar di pasaran (Zhao et al., 2022). Tujuan dari review ini adalah mengulas pemanfaatan pigmen antosianin sebagai indikator smart film packaging dalam upaya meningkatkan keamanan pangan dan mempertahankan kualitas produk pangan.

INOVASI TEKNOLOGI *SMART ACTIVE PACKAGING*

Kemasan merupakan salah satu faktor yang menentukan kualitas dan keamanan produk pangan yang beredar di kalangan konsumen. Berbagai inovasi kemasan telah dikembangkan, satu diantaranya adalah *smart active packaging* dengan penambahan komponen aktif seperti pigmen antosianin sebagai indikator kemasan. *Smart active packaging* merupakan kemasan yang bermanfaat untuk mengukur, mengestimasi dan memprediksi keamanan, kesegaran, serta kualitas pangan yang dikemas (Vilas et al., 2020). Penggunaan antosianin sebagai indikator dapat diaplikasikan pada *film non-biodegradable film packaging* ataupun *biodegradable film packaging*.

Non-Biodegradable Smart Active Packaging

Kemasan *non-biodegradable* yang sudah umum dikenal adalah kemasan plastik konvensional seperti polietilen, polipropilen, dan polietilen tereftalat. Kemasan *smart active packaging* dirancang untuk mampu memberikan informasi mengenai kesegaran produk yang dikemas. Pengaplikasian *rosemary* dan *cinnamon essential oil* pada *film* berbahan *low density polyethylene* (LDPE) dapat meningkatkan permeabilitas uap air dan oksigen kemasan, serta kandungan *essential oil* pada *film* memiliki sifat antimikroba dan mampu menghambat pertumbuhan mikroba. Hal ini

didukung dengan hasil pengamatan peningkatan nilai *total volatile basic nitrogen* (TVB-N) komoditi udang yang dikemas dengan *film* LDPE yang ditambahi *essential oil* cenderung lebih rendah dibandingkan dengan komoditi udang yang dikemas dengan LDPE blanko (Dong et al., 2018).

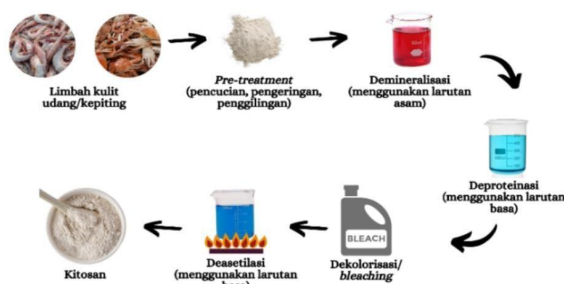
Penelitian serupa menggunakan *film* berbahan LDPE yang ditambahkan kurkumin menunjukkan peningkatan permeabilitas uap air kemasan serta meningkatkan aktivitas antioksidan yang dapat menekan oksidasi lemak dan memperpanjang masa simpan bahan pangan (Zia et al., 2019). Penelitian lain yang menggunakan penambahan ekstrak teh hijau dan oleoresin pada *film* polietilen tereftalat menunjukkan bahwa penambahan komponen aktif seperti katekin dari teh hijau dapat memerangkap radikal bebas dan menghambat terjadinya oksidasi lemak dan protein, sehingga kualitas daging dapat dipertahankan (Song et al., 2020). Penambahan komponen aktif lain seperti kurkumin yang berperan sebagai indikator amonia juga telah diteliti, dari hasil penelitian diperoleh *film* LDPE yang ditambah kurkumin digunakan untuk mengemas daging sapi dan ikan menunjukkan perubahan warna *film* dari kuning menjadi coklat dan diikuti dengan peningkatan nilai TVB-N (Zhai et al., 2020).

Biodegradable Smart Active Packaging

Kitosan

Kitosan adalah polisakarida alami yang bersifat *biodegradable*, biokompatibilitas, tidak beracun, dan memiliki kemampuan yang baik sebagai *film*. Kitosan banyak dimanfaatkan sebagai *film* kemasan produk pangan. Kitosan merupakan produk turunan dari deasetilasi kitin yang dapat diperoleh dari eksoskeleton kelompok hewan krustasea seperti cangkang kepiting dan udang (Jakubowska et al., 2022; Pakizeh et al.,

2021). Limbah kulit udang tersusun atas protein (30-40%), kalsium karbonat (30-50%), dan kitin (20-30%), kandungan kitin pada kulit udang yang cenderung lebih tinggi daripada sumber lainnya menjadikan kulit udang lebih banyak digunakan dalam pembuatan kitosan (Hoqani et al., 2021). Proses ekstraksi kitin dan kitosan secara garis besar terdiri dari empat tahapan utama (Gambar 1), yaitu demineralisasi, deproteinasi, dekolorisasi/*bleaching*, dan deasetilasi (Pakizeh et al., 2021).



Gambar 1. Proses ekstraksi kitosan dari limbah krustasea

Pati

Pati merupakan polisakarida yang ideal digunakan untuk kemasan produk pangan karena pati bersifat ramah lingkungan, mudah ditemukan, dan kompatibel untuk dikombinasikan dengan polimer-polimer lainnya. Secara struktural, pati tersusun atas amilosa dan amilopektin. Amilosa memiliki struktur rantai lurus yang terdiri dari ikatan glukosa α (1-4), sedangkan amilopektin memiliki struktur rantai bercabang yang terdiri dari ikatan glukosa α (1-4) dan α (1-6). Preparasi *film* berbasis pati dapat dilakukan dengan metode *casting* atau hidrolisis asam (Alqahtani et al., 2021; Martins et al., 2022). Untuk meningkatkan kualitas *film* pati, dalam proses preparasinya dapat dikombinasikan dengan penambahan komponen protein yang dapat meningkatkan daya tahan *film* terhadap air dan dapat terurai kurang dari lima hari (Ochoa-Yepes et al., 2019). *Film* pati dapat diaplikasikan pada berbagai produk pangan karena kecenderungannya yang tidak

mempengaruhi rasa, aroma, dan warna dari produk.

Polyvinyl Alcohol (PVA)

Polyvinyl alcohol (PVA) merupakan polimer larut air, tidak toksik, kompatibel dengan polimer lainnya, dan bersifat *biodegradable*. Untuk meningkatkan kemampuan PVA sebagai *film* maka dapat dikombinasikan dengan bahan polimer lainnya yang bersifat polar. Polimer PVA memiliki kelebihan, yaitu stabil pada temperatur tinggi, memiliki barrier oksigen, serta berpotensi untuk penyerapan CO_2 (Ahmad et al., 2022). Kombinasi antara PVA/gelatin dengan penambahan *cellulose nanocrystals* dapat meningkatkan kemampuan *barrier* kemasan terhadap uap air (Oyeoka et al., 2021). Gelatin diperoleh dari hidrolisis kolagen yang terdapat pada bagian tubuh tertentu dari hewan dan telah digunakan secara luas dalam bidang pangan maupun farmasi.

ANTOSIANIN SEBAGAI INDIKATOR ALAMI

Sumber Antosianin

Antosianin banyak dijumpai pada bunga, sayuran, dan buah-buahan dan dapat diperoleh melalui proses ekstraksi. Pigmen antosianin bersifat larut dalam air dan pelarut organik. Pemanfaatan antosianin banyak diaplikasikan pada bidang pangan karena karakteristiknya yang peka terhadap perubahan pH dan berpotensi menjadi pewarna alami yang tidak bersifat toksik. Sifat fungsional antosianin sebagai antioksidan, anti-kanker, anti-diabetes, detoksifikasi pada tubuh, dan antimikroba menjadikan antosianin banyak dipelajari lebih lanjut. Berdasarkan penelitian mengenai antosianin pada buah anggur, diperoleh hasil pengukuran yang diestimasi terkandung antosianin dalam bentuk senyawa *cyanidin 3-glucoside* (Asada et al., 2015). Penelitian

serupa juga telah dilakukan pada buah plum, persik, dan *muntries* yang dianalisa menggunakan HPLC dan diperoleh hasil pengukuran antosianin dalam bentuk senyawa *delphinidin* dan *cyanidin* (Ali et al., 2022). Dari hasil pengukuran pada berbagai jenis buah *black wolfberry* dari banyak provinsi di Cina, teridentifikasi sebanyak 17 jenis antosianin termasuk jenis antosianin baru, yaitu *delphinidin-3-rutinoside (cis-p-cou-maroyl)-5-O-diglucoside* dan *delphinidin-3-rutinoside(trans-p-cou-maroyl)-5-O-diglucoside* (Cheng et al., 2022). Sementara itu, pada sampel bunga rosela berhasil diidentifikasi dua jenis antosianin utama penyusunnya, yaitu *delphinidin-3-O-sambubioside* and *cyanidin-3-O-sambubioside* (Yang et al., 2022).

Karakteristik Antosianin

Antosianin termasuk ke dalam kelompok senyawa bioaktif dan senyawa fenolik (Granato et al., 2022). Dalam aktivitasnya, ditemukan sifat antivirus dan antioksidan terkandung pada pigmen antosianin (Granato et al., 2022; Li et al., 2022). Antosianin bertanggungjawab atas warna merah, oranye, biru, dan ungu. Perubahan warna antosianin berdasarkan nilai pH dapat dilihat pada Tabel 1.

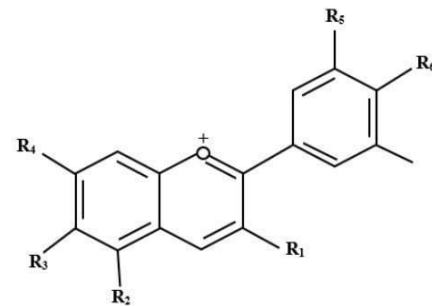
Tabel 1. Warna antosianin pada berbagai pH

Nilai pH	Warna
<6	Merah
6-7	Merah muda
8	Biru-keunguan
9-11	Hijau
12	Kuning

Sumber: Chen et al. (2020)

Antosianin terdapat dalam bentuk *anthocyanidin glycosides* dan *acylated anthocyanins*. *Anthocyanidin* terbagi menjadi beberapa macam seperti cyanidin, delphinidin, pelargonidin, petunidin, peonidin, dan malvidin (Gambar 2). Antosianin terbagi

dalam berbagai struktur kimia dan warna, hal tersebut bergantung pada nilai pH dari larutan.



Jenis	Sing kata n	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇
Cyanidin	Cy	O H	O H	H	O H	OH	O H	H
Delphinidin	Dp	O H	O H	H	O H	OJ	O H	OH
Malvidin	Mv	O H	O H	H	O H	Om e	O H	Om e
Pelargonidin	Pg	O H	O H	H	O H	H	O H	H
Peonidin	Pn	O H	O H	H	O H	Om e	O H	H
Petunidin	Pr	O H	O H	H	O H	Om e	O H	OH

Gambar 2. Struktur kimia antosianin

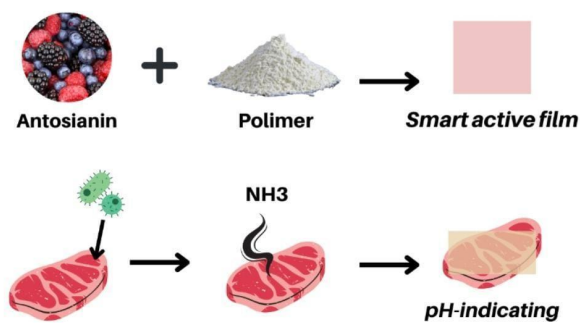
Mekanisme Antosianin Sebagai Indikator

Penyebab kerusakan produk pangan umumnya disebabkan oleh kelompok mikroorganisme. Komposisi penyusun bahan pangan merupakan substrat yang baik untuk pertumbuhan mikroorganisme. Bahan pangan tinggi protein seperti daging, telur, susu, dan ikan rentan dirusak oleh kelompok bakteri proteolitik; bahan pangan tinggi karbohidrat seperti roti, pasta, tepung, dan sirup rentan dirusak oleh mikroba fermentatif; sedangkan bahan pangan tinggi lemak rentan dirusak oleh bakteri lipolitik. Kerusakan mikrobiologis disebabkan oleh pertumbuhan mikroorganisme pembusuk yang menghasilkan enzim dan menyebabkan terbentuknya senyawa-senyawa tertentu pada bahan pangan (Petruzzi et al., 2017).

Sebagian besar mikroorganisme pembusuk menyebabkan timbulnya bau yang tidak sedap pada bahan pangan yang rusak yang berasal dari terbentuknya TVB-N (Wu

et al., 2019). Konsentrasi TVB-N yang rendah mengindikasikan kesegaran daging yang baik dan tingkat proteolisis yang rendah (Holman et al., 2021). Proteolisis merupakan reaksi pemecahan asam amino menjadi komponen yang lebih sederhana. TVB-N atau *total volatile basic nitrogen* merupakan hasil degradasi protein oleh mikroba. Seiring dengan peningkatan lama penyimpanan bahan pangan tinggi protein, konsentrasi TVB-N cenderung meningkat diikuti dengan peningkatan nilai pH. Bahan pangan yang memiliki pH tinggi merupakan media terbaik bagi mikroba proteolitik untuk tumbuh. Pertumbuhan mikroba yang tidak dikehendaki menyebabkan terjadinya kerusakan bahan pangan.

Kerusakan bahan pangan dapat diidentifikasi dengan pemanfaatan antosianin yang berperan sebagai indikator untuk mendeteksi perubahan pH pada bahan pangan akibat aktivitas mikroba (Gambar 3). Mekanisme antosianin sebagai indikator adalah perubahan warna *film* indikator seiring dengan perubahan nilai pH bahan pangan (Kang et al., 2018).



Gambar 3. Mekanisme kerja antosianin sebagai indikator *film*

Untuk dihasilkan *film* indikator, antosianin dapat dikombinasikan dengan berbagai polimer seperti pati, kitosan, gelatin, kappa-karagenan, *polyvinyl alcohol*, dan alginat. Peningkatan waktu penyimpanan bahan pangan seperti ikan dan udang mengakibatkan peningkatan nilai TVB-N yang disusul oleh peningkatan pH karena

terbentuknya suasana basa pada lingkungan penyimpanan; perubahan tersebut dideteksi dengan perubahan warna *film* dari ungu menjadi abu-abu atau coklat (Ge et al., 2020). Penyimpanan udang pada suhu ruang memberikan perubahan warna *film* dari biru menjadi hijau setelah 24 jam. Mikroba memiliki kesempatan untuk tumbuh dan menyebabkan terjadinya kebusukan selama penyimpanan serta peningkatan pH yang diduga disebabkan oleh peningkatan nilai TVB-N (Wu et al., 2021).

Penelitian serupa telah dilakukan dan diperoleh perubahan warna *film* indikator dari merah menjadi abu keunguan selama penyimpanan daging ayam dan udang pada berbagai variasi temperatur. Akan tetapi, perlakuan daging ayam yang disimpan pada suhu 0°C selama 48 jam tidak menunjukkan perubahan warna *film* yang signifikan, sehingga dapat disimpulkan penyimpanan suhu dingin cocok untuk menjaga kesegaran produk daging ayam tetapi tidak berlaku untuk daging udang (Chayavanich et al., 2020).

Kerusakan bahan pangan pada umumnya disebabkan oleh degradasi komponen penyusun bahan pangan oleh kelompok mikroorganisme yang menghasilkan TVB-N yang terdiri dari senyawa amonia yang bersifat volatil. Komponen amonia yang bersifat volatil saat berkontak dengan *film* indikator antosianin akan memicu perubahan warna *film*.

Dari hasil penelitian lainnya diperoleh hubungan lama waktu penyimpanan, pH, TVB-N, dan TVC (*total viable count* atau angka lempeng total). Nilai pH, TVB-N, dan TVC akan cenderung meningkat seiring dengan peningkatan durasi waktu penyimpanan, namun nilai pH menunjukkan penurunan yang diakibatkan perombakan ATP dan pembentukan asam laktat selama penyimpanan 12 jam pertama, sedangkan setelahnya nilai pH mengalami peningkatan

yang diakibatkan terbentuknya senyawa volatil amonia (Chen et al., 2021). Perubahan warna dari *film* indikator dipengaruhi oleh jumlah gas amonia dan nilai pH dari lingkungan sekitarnya. Hal tersebut menjadikan *film* indikator antosianin dinilai efektif untuk dimanfaatkan sebagai *smart packaging* guna memonitor kesegaran bahan pangan tinggi protein seperti daging dan produk perikanan (Alizadeh-Sani et al., 2021).

BIODEGRADABLE SMART FILM PACKING

Smart Film Packaging Berbahan Kitosan

Beberapa penelitian mengenai *biodegradable smart film packaging* yang berbasis kitosan dapat dilihat pada Tabel 2. Menurut penelitian oleh Li et al. (2021), pH susu segar menurun dari 6,8 menjadi 5,0 dan diikuti dengan perubahan warna *film* dari warna hijau menjadi warna merah muda yang menandakan susu telah mengalami kerusakan. Selain mendeteksi perubahan pH, *film* indikator juga dapat digunakan untuk mengidentifikasi nilai TVB-N. Penyimpanan ikan selama 48 jam menunjukkan nilai TVB-N diikuti dengan perubahan warna dari hijau tua menjadi hijau muda yang menandakan daging ikan telah mengalami kerusakan.

Tabel 2. *Smart film packaging* berbasis kitosan

Sumber antosianin	Polimer	Aplikasi	Referensi
Tomat ungu	Kitosan	Mendeteksi perubahan pH pada susu dan mengidentifikasi TVB-N pada daging ikan	(Li et al., 2021)
<i>Phyllanthus reticulatus</i>	Kitosan/ metil selulosa	Mendeteksi perubahan pH pada daging ikan	(Gasti et al., 2021)
Bunga telang	Kitosan/ PVA	Mendeteksi perubahan pH pada jus buah dan susu	(Singh et al., 2021)

Wortel ungu	Selulosa/ PVA	Mendeteksi perubahan pH pada susu	(Tirtashi et al., 2019)
Jambolan (<i>Syzygium cumini</i>)	Kitosan/ PVA	Mendeteksi perubahan pH pada komoditi udang	(Merz et al., 2020)
Barberry	Metil selulosa/ kitosan nanofiber	Mendeteksi perubahan pH pada daging domba	(Alizadeh-Sani et al., 2021)
<i>Black rice bran</i>	Kitosan/ oxidized chitin nanocryst	Mengidentifikasi TVB-N pada ikan dan udang	(Wu et al., 2019)
Kubis ungu	Kitosan/ PVA	Mendeteksi perubahan pH pada daging babi	(Vo et al., 2019)

Gasti et al. (2021) menyatakan bahwa nitrogen yang terbentuk selama proses degradasi protein bersifat volatil sehingga akan memengaruhi nilai pH produk yang dikemas. Wu et al. (2019) menyebutkan perubahan warna *film* disebabkan oleh peningkatan TVB-N saat penyimpanan sehingga penggunaan *film* indikator dinilai efektif untuk memonitor bahan pangan hewani melalui kenampakan warna *film*. Pada penelitian yang dilakukan oleh Singh et al. (2021), *film* yang diaplikasikan pada susu dan jus buah menunjukkan perubahan warna dari hijau tua menjadi kuning tua setelah penyimpanan 48 jam. Penelitian serupa pada sampel susu juga telah dilakukan oleh Tirtashi et al. (2019), selama periode penyimpanan susu terjadi penurunan nilai pH dari 6,6 menjadi 5,7 yang diikuti dengan perubahan warna *film* dari biru menjadi ungu.

Film indikator memiliki kelebihan untuk mengestimasi kesegaran produk secara "real time", peningkatan nilai pH daging domba dari 5,8 menjadi 7,5 dapat diidentifikasi dengan penurunan intensitas warna merah dari *film* (Alizadeh-Sani et al., 2021). Proses pembusukan daging babi yang disebabkan oleh kontaminasi mikroorganisme ditunjukkan oleh perubahan warna *film* dari biru muda menjadi kuning (Vo et al., 2019).

Penggunaan *film* berbasis indikator antosianin mampu memonitor kesegaran udang pada suhu ruang maupun suhu dingin, pada suhu yang lebih rendah *film* tidak menunjukkan perubahan warna, perubahan warna *film* terjadi seiring dengan peningkatan suhu dan lama waktu penyimpanan udang (Merz et al., 2020).

Smart Film Packaging Berbahan Pati

Penelitian yang menggunakan pati sebagai polimer *film* untuk mendeteksi kesegaran produk pangan dapat dilihat pada Tabel 3. *Film* indikator yang terbuat dari pati kentang digunakan untuk memonitor kesegaran susu, perubahan nilai pH susu dari 6,6 menjadi 5,7 disusul dengan perubahan warna *film* dari biru menjadi ungu mengindikasikan penurunan kesegaran produk susu (Goodarzi et al., 2020).

Tabel 3. *Smart film packaging* berbasis pati

Sumber antosianin	Polimer	Aplikasi	Referensi
Wortel ungu	Pati kentang	Mendeteksi perubahan pH pada susu	(Goodarzi et al., 2020)
Ubi ungu	Pati kentang/CMC-Na	Mengidentifikasi TVB-N pada ikan	(Jiang et al., 2019)
<i>Lycium ruthenicum</i> Murr	Pati singkong	Mendeteksi perubahan pH dan mengidentifikasi TVB-N pada daging babi	(Qin et al., 2019)
<i>Mulberry</i>	Carboxy-methyl starch/ κ -carrageenan	Mengidentifikasi TVB-N pada ikan	(Zhang et al., 2020)

Parameter lain yang dapat digunakan untuk mengestimasi kesegaran produk pangan seperti daging ikan adalah jumlah TVB-N. Perubahan warna indikator dari merah muda menjadi biru hingga kuning akibat peningkatan nilai TVB-N mengindikasikan bahwa produk telah mengalami kerusakan (Jiang et al., 2019; Zhang et al., 2020).

Penambahan komponen aktif antosianin ke dalam *film* menjadikannya peka terhadap perubahan pH dan peningkatan jumlah TVB-N pada daging babi yang ditandai dengan perubahan warna *film* dari merah menjadi kuning (Qin et al., 2019).

Smart Film Packaging Berbahan Polyvinyl Alcohol (PVA)

Beberapa penelitian yang menggunakan *film packaging* berbahan PVA dapat dilihat pada Tabel 4. Menurut penelitian Kang et al. (2020), perubahan warna pada *film* indikator dari ungu menjadi kuning terjadi selama penyimpanan menandakan penurunan mutu kesegaran udang. Peningkatan jumlah TVB-N selama penyimpanan menandakan produk pangan mengalami kerusakan dan dapat diamati melalui perubahan warna pada *film* indikator (Zeng et al., 2019).

Tabel 4. *Smart film packaging* berbasis PVA

Sumber antosianin	Polimer	Aplikasi	Referensi
Bunga mawar	PVA-okra mucilage polysaccharide	Mengidentifikasi TVB-N pada komoditi udang	(Kang et al., 2020)
<i>Mulberry</i>	PVA-gelatin	Mengidentifikasi TVB-N pada daging ikan	(Zeng et al., 2019)

KESIMPULAN

Antosianin merupakan pewarna alami yang peka terhadap perubahan nilai pH lingkungan sehingga berpotensi untuk dikembangkan sebagai indikator pada *smart film packaging*. Indikator antosianin dapat dikombinasikan dengan polimer yang bersifat ramah lingkungan seperti kitosan, pati, dan *polyvinyl alcohol*. Penelitian mengenai *smart film packaging* yang ditambahkan indikator antosianin telah banyak dilakukan. Kelebihan yang dimiliki *smart film packaging* berbasis indikator antosianin ini dapat memonitor dan mendeteksi kesegaran produk pangan yang dikemas secara “*real time*”. Bahan pangan

mudah mengalami kerusakan akibat penanganan yang kurang tepat sehingga dengan adalah *film* indikator kesegaran, mutu dan kualitas bahan pangan dapat tetap terjaga. Beberapa tantangan ke depan dalam pengembangan *smart film packaging* berbasis indikator alami seperti peningkatan stabilitas pewarna terhadap suhu, kekuatan fisik *film* dan permeabilitas terhadap uap air.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, S., Jahan, Z., Sher, F., Niazi, M. B. K., Noor, T., Hou, H., Azhar, O., & Sher, E. K. (2022). Polyvinyl alcohol and aminated cellulose nanocrystal membranes with improved interfacial compatibility for environmental applications. *Environmental Research*, *214*, 113793. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.113793>
- Ali, A., Cottrell, J. J., & Dunshea, F. R. (2022). Identification and characterization of anthocyanins and non-anthocyanin phenolics from Australian native fruits and their antioxidant, antidiabetic, and anti-Alzheimer potential. *Food Research International*, 1–37.
- Alizadeh-Sani, M., Tavassoli, M., McClements, D. J., & Hamishehkar, H. (2021). Multifunctional halochromic packaging materials: Saffron petal anthocyanin loaded-chitosan nanofiber/methyl cellulose matrices. *Food Hydrocolloids*, *111*, 106237. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106237>
- Alizadeh-Sani, Mahmood, Tavassoli, M., Mohammadian, E., Ehsani, A., Khaniki, G. J., Priyadarshi, R., & Rhim, J. W. (2021). pH-responsive color indicator films based on methylcellulose/chitosan nanofiber and barberry anthocyanins for real-time monitoring of meat freshness. *International Journal of Biological Macromolecules*, *166*, 741–750. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.10.231>
- Alqahtani, N., Alnemr, T., & Ali, S. (2021). Development of low-cost biodegradable films from corn starch and date palm pits (*Phoenix dactylifera*). *Food Bioscience*, *42*, 101199. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101199>
- Asada, T., Koi, Y., & Tamura, H. (2015). New technique to isolate anthocyanins from Delaware grapes by forming an aluminium complex using a Discovery DPA-6S. *Food Chemistry*, *166*, 10–16. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.05.100>
- Chayavanich, K., Thiraphibundet, P., & Imyim, A. (2020). Biocompatible film sensors containing red radish extract for meat spoilage observation. *Spectrochimica Acta - Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, *226*, 117601. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2019.117601>
- Chen, M., Yan, T., Huang, J., Zhou, Y., & Hu, Y. (2021). Fabrication of halochromic smart films by immobilizing red cabbage anthocyanins into chitosan/oxidized-chitin nanocrystals composites for real-time hairtail and shrimp freshness monitoring. *International Journal of Biological Macromolecules*, *179*, 90–100. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.02.170>
- Cheng, H., Wu, W., Chen, J., Pan, H., Xu, E., Chen, S., Ye, X., & Chen, J. (2022). Establishment of anthocyanin fingerprint in black wolfberry fruit for

- quality and geographical origin identification. *LWT*, 157, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113080>
- Dong, Z., Xu, F., Ahmed, I., Li, Z., & Lin, H. (2018). Characterization and preservation performance of active polyethylene films containing rosemary and cinnamon essential oils for Pacific white shrimp packaging. *Food Control*, 92, 37–46. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.04.052>
- Gasti, T., Dixit, S., D'souza, O. J., Hiremani, V. D., Vootla, S. K., Masti, S. P., Chougale, R. B., & Malabadi, R. B. (2021). Smart biodegradable films based on chitosan/methylcellulose containing *Phyllanthus reticulatus* anthocyanin for monitoring the freshness of fish fillet. *International Journal of Biological Macromolecules*, 187, 451–461. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.07.128>
- Ge, Y., Li, Y., Bai, Y., Yuan, C., Wu, C., & Hu, Y. (2020). Intelligent gelatin/oxidized chitin nanocrystals nanocomposite films containing black rice bran anthocyanins for fish freshness monitorings. *International Journal of Biological Macromolecules*, 155, 1296–1306. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.11.101>
- Ghoshal, G. (2018). Recent trends in active, smart, and intelligent packaging for food products. In *Food Packaging and Preservation*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-811516-9.00010-5>
- Goodarzi, M. M., Moradi, M., Tajik, H., Forough, M., Ezati, P., & Kuswandi, B. (2020). Development of an easy-to-use colorimetric pH label with starch and carrot anthocyanins for milk shelf life assessment. *International Journal of Biological Macromolecules*, 153. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.03.014>
- Granato, D., Fidelis, M., Haapakoski, M., dos Santos Lima, A., Viil, J., Hellström, J., Rätsep, R., Kaldmäe, H., Bleive, U., Azevedo, L., Marjomäki, V., Zharkovsky, A., & Pap, N. (2022). Enzyme-assisted extraction of anthocyanins and other phenolic compounds from blackcurrant (*Ribes nigrum* L.) press cake: From processing to bioactivities. *Food Chemistry*, 391, 1–11.
- Holman, B. W. B., Bekhit, A. E. D. A., Waller, M., Bailes, K. L., Kerr, M. J., & Hopkins, D. L. (2021). The association between total volatile basic nitrogen (TVB-N) concentration and other biomarkers of quality and spoilage for vacuum packaged beef. *Meat Science*, 179, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108551>
- Hoqani, H. Ali Said Al, Hamed Khalifa Al Shaqsi, N., Amzad Hossin, M., & Abdullah Al Sibani, M. (2021). Structural characterization of polymeric chitosan and mineral from Omani shrimp shells. *Water-Energy Nexus*, 4, 199–207. <https://doi.org/10.1016/j.wen.2021.11.002>
- Jakubowska, E., Gierszewska, M., Szydłowska-Czerniak, A., Nowaczyk, J., & Olewnik-Kruszkowska, E. (2022). Development and characterization of active packaging films based on chitosan, plasticizer, and quercetin for repassed oil storage. *Food Chemistry*, 399, 1–14.

- <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133934>
- Jiang, G., Hou, X., Zeng, X., Zhang, C., Wu, H., Shen, G., Li, S., Luo, Q., Li, M., Liu, X., Chen, A., Wang, Z., & Zhang, Z. (2019). Preparation and characterization of indicator films from carboxymethyl-cellulose/starch and purple sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) lam) anthocyanins for monitoring fish freshness. *International Journal of Biological Macromolecules*. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.12.024>
- Kang, S., Wang, H., Guo, M., Zhang, L., Chen, M., Jiang, S., Li, X., & Jiang, S. (2018). Ethylene-vinyl alcohol copolymer-montmorillonite multilayer barrier film coated with mulberry anthocyanin for freshness monitoring. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *66*(50), 13268–13276. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.8b05189>
- Kang, S., Wang, H., Xia, L., Chen, M., Li, L., Cheng, J., Li, X., & Jiang, S. (2020). Colorimetric film based on polyvinyl alcohol/okra mucilage polysaccharide incorporated with rose anthocyanins for shrimp freshness monitoring. *Carbohydrate Polymers*, *229*. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.115402>
- Kim, H. E., Lee, J. J., Lee, M. J., & Kim, B. S. (2019). Analysis of microbiome in raw chicken meat from butcher shops and packaged products in South Korea to detect the potential risk of foodborne illness. *Food Research International*, *122*, 517–527. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.05.032>
- Li, W., Gong, P., Ma, H., Xie, R., Wei, J., & Xu, M. (2022). Ultrasound treatment degrades, changes the color, and improves the antioxidant activity of the anthocyanins in red radish. *Lwt*, *165*, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113761>
- Li, Y., Wu, K., Wang, B., & Li, X. (2021). Colorimetric indicator based on purple tomato anthocyanins and chitosan for application in intelligent packaging. *International Journal of Biological Macromolecules*, *174*, 370–376. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.01.182>
- Ma, N. L., Peng, W., Soon, C. F., Noor Hassim, M. F., Misbah, S., Rahmat, Z., Yong, W. T. L., & Sonne, C. (2021). Covid-19 pandemic in the lens of food safety and security. *Environmental Research*, *193*, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110405>
- Martins, P. C., Latorres, J. M., & Martins, V. G. (2022). Impact of starch nanocrystals on the physicochemical, thermal and structural characteristics of starch-based films. *LWT*, *156*, 113041. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.113041>
- Merz, B., Capello, C., Leandro, G. C., Moritz, D. E., Monteiro, A. R., & Valencia, G. A. (2020). A novel colorimetric indicator film based on chitosan, polyvinyl alcohol and anthocyanins from jambolan (*Syzygium cumini*) fruit for monitoring shrimp freshness. *International Journal of Biological Macromolecules*, *153*, 625–632. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.03.048>
- Ochoa-Yepes, O., Di Gioglio, L., Goyanes, S., Mauri, A., & Famá, L. (2019). Influence of process (extrusion/thermo-compression,

- casting) and lentil protein content on physicochemical properties of starch films. *Carbohydrate Polymers*, 208,221–231.
<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.12.030>
- Oyeoka, H. C., Ewulonu, C. M., Nwuzor, I. C., Obele, C. M., & Nwabanne, J. T. (2021). Packaging and degradability properties of polyvinyl alcohol/gelatin nanocomposite films filled water hyacinth cellulose nanocrystals. *Journal of Bioresources and Bioproducts*, 6(2), 168–185.
<https://doi.org/10.1016/j.jobab.2021.02.009>
- Pakizeh, M., Moradi, A., & Ghassemi, T. (2021). Chemical extraction and modification of chitin and chitosan from shrimp shells. *European Polymer Journal*,159,110709.
<https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2021.110709>
- Petruzzi, L., Corbo, M. R., Sinigaglia, M., & Bevilacqua, A. (2017). Microbial Spoilage of Foods: Fundamentals. In *The Microbiological Quality of Food: Foodborne Spoilers*. Elsevier Ltd.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100502-6.00002-9>
- Qin, Y., Liu, Y., Yong, H., Liu, J., Zhang, X., & Liu, J. (2019). Preparation and characterization of active and intelligent packaging films based on cassava starch and anthocyanins from *Lycium ruthenicum* Murr. *International Journal of Biological Macromolecules*, 134, 80–90.
<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.05.029>
- Singh, Sudarshan, Nwabor, O. F., Syukri, D. M., & Voravuthikunchai, S. P. (2021). Chitosan-poly(vinyl alcohol) intelligent films fortified with anthocyanins isolated from *Clitoria ternatea* and *Carissa carandas* for monitoring beverage freshness. *International Journal of Biological Macromolecules*, 182,1015–1025.
<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.04.027>
- Singh, Suman, Gaikwad, K. K., & Lee, Y. S. (2018). Anthocyanin – A Natural Dye for Smart Food Packaging Systems. *Korean Journal of Packaging Science and Technology*, 24(3), 167–180.
<https://doi.org/10.20909/kopast.2018.24.3.167>
- Song, X. C., Canellas, E., Wrona, M., Becerril, R., & Nerin, C. (2020). Comparison of two antioxidant packaging based on rosemary oleoresin and green tea extract coated on polyethylene terephthalate for extending the shelf life of minced pork meat. *Food Packaging and Shelf Life*, 26,100588.
<https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2020.100588>
- Souza, V. G. L., Pires, J. R. A., Vieira, É. T., Coelho, I. M., Duarte, M. P., & Fernando, A. L. (2018). Shelf Life Assessment of Fresh Poultry Meat Packaged in Novel Bionanocomposite of Chitosan/ Montmorillonite Incorporated with Ginger Essential Oil. *Coatings*, 8(5), 1–17.
- Tirtashi, F. E., Moradi, M., Tajik, H., Forough, M., Ezati, P., & Kuswandi, B. (2019). Cellulose/chitosan pH-responsive indicator incorporated with carrot anthocyanins for intelligent food packaging. *International Journal of Biological Macromolecules*, 136, 920–926.
<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.06.148>
- Vilas, C., Mauricio-Iglesias, M., & García, M. R. (2020). Model-based design of smart active packaging systems with

- antimicrobial activity. *Food Packaging and Shelf Life*, 24, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2019.100446>
- Vo, T. V., Dang, T. H., & Chen, B. H. (2019). Synthesis of intelligent pH indicative films from chitosan/poly(vinyl alcohol)/anthocyanin extracted from red cabbage. *Polymers*, 11(7), 1–12. <https://doi.org/10.3390/polym11071088>
- Wu, C., Sun, J., Zheng, P., Kang, X., Chen, M., Li, Y., Ge, Y., Hu, Y., & Pang, J. (2019). Preparation of an intelligent film based on chitosan/oxidized chitin nanocrystals incorporating black rice bran anthocyanins for seafood spoilage monitoring. *Carbohydrate Polymers*, 222, 115006. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.115006>
- Wu, L. T., Tsai, I. L., Ho, Y. C., Hang, Y. H., Lin, C., Tsai, M. L., & Mi, F. L. (2021). Active and intelligent gellan gum-based packaging films for controlling anthocyanins release and monitoring food freshness. *Carbohydrate Polymers*, 254. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.117410>
- Yang, D., Li, M. M., Wang, W. J., Zheng, G. D., Yin, Z. P., Chen, J. G., & Zhang, Q. F. (2022). Separation and purification of anthocyanins from Roselle by macroporous resins. *LWT*, 161, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113371>
- Zeng, P., Chen, X., Qin, Y. R., Zhang, Y. H., Wang, X. P., Wang, J. Y., Ning, Z. X., Ruan, Q. J., & Zhang, Y. S. (2019). Preparation and characterization of a novel colorimetric indicator film based on gelatin/polyvinyl alcohol incorporating mulberry anthocyanin extracts for monitoring fish freshness. *Food Research International*, 126. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108604>
- Zhai, X., Wang, X., Zhang, J., Yang, Z., Sun, Y., Li, Z., Huang, X., Holmes, M., Gong, Y., Povey, M., Shi, J., & Zou, X. (2020). Extruded low density polyethylene-curcumin film: A hydrophobic ammonia sensor for intelligent food packaging. *Food Packaging and Shelf Life*, 26, 100595. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2020.100595>
- Zhang, C., Sun, G., Cao, L., & Wang, L. (2020). Accurately intelligent film made from sodium carboxymethyl starch/ κ -carrageenan reinforced by mulberry anthocyanins as an indicator. *Food Hydrocolloids*, 108. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106012>
- Zhang, M., Chen, H. zhi, Bhandari, B., & Yang, C. hui. (2019). Development of a novel colorimetric food package label for monitoring lean pork freshness. *Lwt*, 99, 43–49. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.09.048>
- Zhao, L., Liu, Y., Zhao, L., & Wang, Y. (2022). Anthocyanin-based pH-sensitive smart packaging films for monitoring food freshness. *Journal of Agriculture and Food Research*, 9(July), 100340. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2022.100340>
- Zia, J., Paul, U. C., Heredia-Guerrero, J. A., Athanassiou, A., & Fragouli, D. (2019). Low-density polyethylene/curcumin melt extruded composites with enhanced water vapor barrier and antioxidant properties for active food packaging. *Polymer*, 175, 137–145.