

KAJIAN APLIKASI PIGMEN ANTOSIANIN DALAM SMART PACKAGING

STUDY ON THE APPLICATION OF ANTHOCYANIN PIGMENTS IN SMART PACKAGING

Vrieda Febora¹, Ignatius Radix Astadi Praptono Jati²

¹Mahasiswa Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian,
Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

²Dosen Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya
foodtech.vrieda.f.21@ukwms.ac.id

Abstrak

Smart packaging secara umum terbagi menjadi dua yaitu active packaging dan intelligent packaging. Active packaging tidak hanya berfungsi untuk melindungi makanan dari kontaminasi, namun juga dapat memperlambat kerusakan makanan akibat faktor eksternal seperti mikroba dan kondisi atmosfer lingkungan penyimpanan. Intelligent packaging merupakan kemasan yang memuat indikator secara eksternal atau internal untuk memberikan informasi mengenai kualitas makanan di dalam kemasan. Penambahan indikator cerdas dapat membantu konsumen untuk mengetahui penurunan kualitas produk selama proses distribusi dan penyimpanan. Salah satu bahan yang dapat diaplikasikan dalam kedua kemasan tersebut adalah antosianin. Antosianin terbukti dapat digunakan sebagai indikator dalam intelligent packaging karena mampu mendeteksi perubahan kualitas makanan akibat sensitivitasnya terhadap pH. Antosianin dapat digunakan sebagai bahan aktif dalam active packaging sehingga memperpanjang umur simpan makanan karena memiliki aktivitas antioksidan yang tinggi dan dapat mencegah pertumbuhan mikroba. Maka, penulisan makalah ini bertujuan untuk mengkaji aplikasi berbagai jenis antosianin dalam kemasan sebagai smart indicator dan active agent untuk mengetahui kondisi kualitas dan memperpanjang umur simpan makanan.

Kata kunci: antosianin, smart packaging, intelligent packaging, active packaging

Abstract

Smart packaging is divided into two categories in general, active packaging and intelligent packaging. Active packaging not only serves to protect food from contamination but can also slow down food deterioration caused by external factors such as microbes and environmental storage conditions. Intelligent packaging, on the other hand, is a type of packaging that includes indicators either externally or internally, to provide information about the quality of the food inside the package. The addition of smart indicators can help consumers determine whether the product's quality has decreased during distribution and storage. One material that can be applied in both types of packaging is anthocyanin. Anthocyanin has been proven to be used as an indicator in intelligent packaging because of its pH-sensitivity traits for detecting deteriorations of food quality. Additionally, anthocyanin can also be used as an active ingredient in active packaging, extending the shelf life of food due to its high antioxidant activity and its ability to inhibit microbial growth. Therefore, the purpose of this paper is to examine the application of various types of anthocyanins in packaging as a smart indicator and active agent to assess the quality conditions and extend the shelf life of food.

Keywords: anthocyanin, smart packaging, intelligent packaging, active packaging

PENDAHULUAN

Teknologi pengemasan makanan telah berkembang sangat pesat. Kemasan makanan saat ini tidak hanya berfungsi untuk melindungi makanan dari kontaminasi namun juga dapat menunjukkan informasi mengenai kualitas produk di dalam kemasan. Jenis kemasan tersebut disebut dengan kemasan cerdas atau *smart packaging*. Menurut Robertson (2016), *smart packaging* merupakan kemasan yang memuat indikator secara eksternal atau internal untuk

memberikan informasi mengenai kualitas makanan di dalam kemasan. Penambahan indikator cerdas dapat membantu konsumen untuk mengetahui penurunan kualitas produk selama proses distribusi dan penyimpanan. Indikator cerdas menunjukkan perubahan kualitas makanan dengan perubahan warna sehingga mudah dibaca dan diinterpretasikan oleh konsumen. Indikator yang biasanya digunakan untuk *smart packaging* adalah indikator berbasis pH. Perubahan warna

indikator berbasis pH bergantung pada perubahan pH lingkungannya. Salah satu pigmen warna alami yang sensitif terhadap pH adalah antosianin. Sensitivitas pigmen antosianin terhadap pH menyebabkan antosianin dapat dipakai sebagai indikator *smart packaging* (Rahmadia et al., 2022).

Pigmen antosianin merupakan pigmen yang menghasilkan warna merah, ungu, atau biru pada buah dan sayur. Antosianin dapat digunakan sebagai indikator karena stabilitas antosianin berubah tergantung pada pH lingkungannya. Menurut Enaru et al. (2021), pada pH 1 antosianin berada dalam bentuk kation flavilium paling stabil yang menghasilkan warna merah dan ungu. Ketika pH meningkat, terbentuk kuinoidal berwarna biru. Pada pH antara 5–6, muncul pseudobasa karbinol dan kalkon yang merupakan senyawa tidak berwarna. Kemudian pada pH lebih dari 7, gugus substituen cincin B antosianidin akan terdegradasi (Enaru et al., 2021). Maka, stabilitas antosianin bergantung pada keberadaan gugus metoksil dan hidroksil pada cincin B antosianidin. Antosianin semakin stabil seiring dengan meningkatnya gugus metoksil (warna merah) dan stabilitas menurun seiring dengan meningkatnya jumlah gugus hidroksil (warna biru) pada cincin B antosianidin (Enaru et al., 2021). Sifat antosianin yang sensitif terhadap perubahan pH tersebut yang dimanfaatkan sebagai indikator *smart packaging*.

Smart packaging dapat digunakan untuk mengetahui kualitas makanan tanpa harus membuka kemasan makanan tersebut. Contoh penerapan *smart packaging* adalah untuk mengemas daging segar. Pada umumnya, indikator utama untuk mengetahui apakah daging telah mengalami penurunan kualitas adalah dari aroma. Jika daging telah mengalami pembusukan maka akan mengeluarkan aroma yang khas. Aroma tersebut disebabkan oleh proses pembusukan bahan pangan hewani yang tinggi protein

menghasilkan metabolit nitrogen basa *volatile*, seperti dimetilamina, trimetilamina, dan amonia mengakibatkan perubahan pH menjadi basa (Dong et al., 2023). Namun, konsumen tidak dapat memilih daging berdasarkan dari baunya apabila daging tersebut telah dikemas secara komersial dan dijual di pasaran. Apabila, daging dikemas menggunakan *smart packaging* maka pigmen antosianin yang berperan sebagai indikator kemasan cerdas akan berubah warna menjadi kehijauan mengindikasikan bahwa daging telah rusak (Dong et al., 2023). Konsumen dapat memilih daging yang berkualitas baik dan segar berdasarkan warna kemasan tanpa harus membuka kemasan daging tersebut. Selain daging segar, *smart packaging* juga dapat diaplikasikan pada produk pangan lain dengan prinsip yang sama yaitu penurunan kualitas yang ditandai oleh perubahan pH, misalnya untuk mengetahui tingkat kematangan buah (Santoso et al., 2023). Maka, penulisan makalah ini bertujuan untuk mengkaji aplikasi berbagai jenis antosianin dalam kemasan sebagai *smart indicator* dan *active agent* untuk mengetahui kondisi kualitas dan memperpanjang umur simpan makanan.

Smart Packaging

Smart packaging tidak hanya berfungsi untuk melindungi makanan dari kontaminasi namun *smart packaging* juga dapat berinteraksi dengan produk, serta merespon perubahan fisik dan kimiawi produk ataupun kondisi atmosfer dalam kemasan (Robertson, 2016). *Smart packaging* dapat dikelompokkan menjadi dua berdasarkan fungsinya yaitu *active packaging* dan *intelligent packaging*.

Active Packaging

Menurut Robertson (2016), *active packaging* didefinisikan sebagai kemasan yang ditambahkan bahan tambahan secara sengaja ke dalam atau ruang kosong kemasan untuk meningkatkan kinerja sistem kemasan. Kinerja

sistem kemasan meliputi mempertahankan atau meningkatkan aspek sensoris, keamanan, dan kualitas makanan. *Active packaging* dapat digunakan untuk menghilangkan senyawa yang tidak diinginkan misalnya gas etilen dan oksigen, menambahkan senyawa yang diinginkan misalnya CO₂ atau etanol untuk menghambat pertumbuhan mikroba, mencegah pertumbuhan mikroba dengan menggabungkan bahan kimia antimikroba ke dalam film, mengubah permeabilitas film terhadap gas, dan menghilangkan uap air dengan penyerapan atau mengubah suhu makanan.

Gas Scavengers

Keberadaan oksigen dalam kemasan makanan dapat menyebabkan pembusukan makanan dengan cepat karena oksidasi lemak atau vitamin, dan aktivitas mikroorganisme seperti bakteri aerob, kapang dan khamir. Faktor-faktor tersebut mengakibatkan perubahan warna, bau, atau rasa makanan (Dey & Neogi, 2019). Bahan yang paling umum digunakan untuk mengendalikan oksigen (*O₂ scavengers*) adalah bubuk besi (Fe). Bubuk besi banyak digunakan karena memiliki luas permukaan yang besar. Penggunaan bubuk besi dapat mengurangi konsentrasi O₂ di *headspace* hingga kurang dari 0,01%. Namun bubuk besi memiliki kelemahan yaitu tidak dapat melewati *metal detector*. Alternatif bahan *O₂ scavengers* yang dapat digunakan adalah asam askorbat atau katekol (Robertson, 2016).

Menurut Robertson (2016), bahan lain yang mungkin akan menurunkan kualitas makanan selain O₂ adalah CO₂. CO₂ merupakan salah satu hasil respirasi aerob. Produk segar yang dikemas akan tetap mengalami respirasi selama masih ada oksigen. CO₂ yang dihasilkan dari respirasi akan menumpuk dalam kemasan dan menyebabkan CO₂ *injury*. CO₂ *injury* merupakan kerusakan fisiologis yang

diakibatkan oleh tingginya konsentrasi CO₂. Namun, konsentrasi CO₂ yang optimal dapat menghambat pertumbuhan mikroba dan mengurangi aktivitas fisiologis seperti respirasi dan produksi etilen sehingga membantu menjaga kesegaran dan memperpanjang umur simpan. Maka konsentrasi CO₂ dalam kemasan dapat dikontrol dengan absorben fisik seperti *zeolite* atau karbon aktif dan absorben kimia seperti Ca(OH)₂ atau Mg(OH)₂ (Robertson, 2016).

Kemudian, bahan lain yang dapat menurunkan kualitas makanan selain CO₂ adalah gas etilen (Robertson, 2016). Etilen (C₂H₄) merupakan hormon yang diproduksi selama proses pematangan buah-buahan dan sayuran dan dapat memberikan efek positif dan negatif pada produk segar. Dampak positifnya adalah mempercepat proses pemasakan, sedangkan dampak negatifnya meliputi peningkatan laju respirasi yang menyebabkan pelunakan jaringan buah, percepatan kematangan (yang tidak diinginkan), penurunan klorofil, dan sejumlah gangguan pasca panen. Zat penyerap C₂H₄ yang komersial adalah kalium permanganat (KMnO₄). KMnO₄ mengoksidasi C₂H₄ menjadi asetaldehida dan asam asetat yang selanjutnya teroksidasi menjadi CO₂ dan H₂O (Robertson, 2016). KMnO₄ bersifat racun sehingga tidak dapat diintegrasikan ke dalam kemasan yang kontak langsung dengan makanan. Maka, sekitar 4%–6% KMnO₄ ditambahkan ke substrat inert dengan luas permukaan yang besar seperti perlit, alumina, silika gel, vermikulit, karbon aktif atau *celite* dan ditempatkan di dalam kemasan secara aman menggunakan *sachet* (Robertson, 2016).

Moisture Absorbent

Menurut Robertson (2016), air dapat terakumulasi dalam kemasan akibat fluktuasi suhu dalam kemasan yang lembap, tetesan cairan dari daging, dan hasil transpirasi produk hortikultura. Jika air dibiarkan menumpuk di

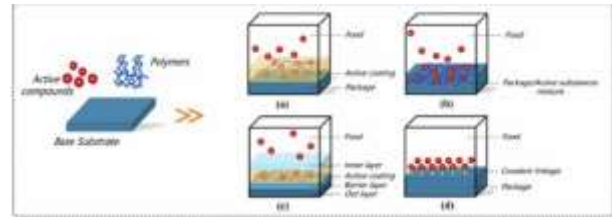
dalam kemasan, hal ini dapat menyebabkan tumbuhnya jamur dan bakteri. Penumpukan air dapat dicegah dengan memberi absorben tetesan air yang terbuat dari dua lapisan film plastik microporous, seperti LDPE atau PP dan di antaranya diberi polimer superabsorben yang mampu menyerap air hingga 500 kali beratnya. Polimer superabsorben yang umum dipakai adalah garam poliakrilat, karboksimetil selulosa (CMC), dan jaringan kopolimer pati karena memiliki afinitas yang sangat tinggi terhadap air (Robertson, 2016).

Antioxidant Activity

Makanan yang memiliki kandungan lemak yang tinggi terutama asam lemak tak jenuh ganda seperti daging atau makanan laut mudah mengalami oksidasi. Oksidasi lemak mengakibatkan penurunan kualitas dan masalah keamanan pada makanan. Antioksidan dapat digunakan untuk mengatasi masalah tersebut antioksidan karena memiliki kemampuan menangkap radikal bebas dalam makanan terutama makanan berlemak. Penambahan antioksidan sebagai bahan aktif dalam kemasan makanan dapat berfungsi untuk mencegah reaksi oksidasi dan perkembangan mikroorganisme aerob, mengurangi kerugian dalam kualitas makanan, memperpanjang masa simpannya, dan menjaga penerimaan konsumen terhadap produk. Salah satu bahan yang memiliki aktivitas antioksidan tinggi adalah antosianin. Antosianin adalah salah satu kelompok fenolik yang dapat berfungsi sebagai bahan aktif antioksidan. Antosianin berfungsi sebagai agen pereduksi, donor hidrogen, *singlet oxygen quencher*, dan *metal chelator* (Yong & Liu, 2020).

Antioksidan dapat ditambahkan ke dalam kemasan sebagai bahan aktif dengan cara menambahkan agen antioksidan sebagai *sachet*, menggabungkannya dalam lapisan film, atau mengikatnya pada substrat. Kemasan aktif antioksidan dapat dibagi

menjadi dua menurut cara kerja agen aktif yaitu sistem penangkapan dan sistem pelepasan (Gambar 1.) (Guo et al., (2023).



Gambar 1. Mekanisme Antioksidan dalam Kemasan Aktif
Sumber: Guo et al. (2023)

Antimicrobial Activity

Keberadaan mikroorganisme dalam makanan dapat menyebabkan penurunan kualitas makanan. Mikroorganisme yang umumnya mengkontaminasi makanan adalah bakteri, kapang, dan khamir. Bakteri yang sering mengkontaminasi makanan misalnya *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* sp., dan *Escherichia coli*, khamir yang sering mengkontaminasi makanan misalnya *Saccharomyces cerevisiae*, dan kapang yang sering mengkontaminasi makanan misalnya *Fusarium* sp. dan *Aspergillus flavus* (Ma et al., 2019). Mikroba menurunkan kualitas makanan dengan mengambil substrat dari makanan yang dikemas kemudian menghasilkan metabolit yang menurunkan kualitas makanan. Pengendalian mikroba dapat dilakukan menggunakan kemasan aktif antimikroba. Mekanisme bahan aktif antimikroba adalah dengan memodifikasi lingkungan di dalam kemasan sehingga mikroba tidak bisa hidup, atau berinteraksi dengan mikroba secara langsung untuk mengurangi angka mikroba. (Lloyd et al., 2019). Salah satu bahan yang dapat dijadikan bahan aktif antimikroba adalah antosianin. Antosianin mengurangi angka mikroba dengan merusak integritas membran sel (Dong et al., 2022).

Intelligent Packaging

Intelligent packaging merupakan kemasan yang memuat indikator secara eksternal atau

internal untuk memberikan berbagai informasi di dalam kemasan (Lloyd et al., 2019). Informasi tersebut dapat berupa indikasi penurunan kualitas, kondisi gas atmosfer, kelembaban, suhu, dan banyak lagi. Indikator cerdas (*intelligent indicator*) digunakan untuk mendeteksi perubahan-perubahan yang terjadi di dalam kemasan. Jenis indikator yang digunakan berbeda-beda bergantung pada fungsinya masing-masing (Robertson, 2016).

Quality and Freshness Indicator

Intelligent packaging digunakan untuk mengindikasikan adanya penurunan kualitas atau kesegaran produk selama penyimpanan, pendistribusian, dan ketika telah sampai ke konsumen. *Intelligent indicator* umumnya berubah warna secara permanen ketika terjadi penurunan kualitas sehingga mudah diinterpretasikan oleh konsumen. Indikator kesegaran mendeteksi metabolit volatil seperti diasetil, amina, ammonia, alkohol, dan H₂S yang muncul selama penyimpanan makanan (Robertson, 2016).

Gas Indicator

Konsentrasi gas *headspace* dalam kemasan MAP (*Modified Atmosphere Packaging*) dapat berubah seiring dengan waktu penyimpanan. Apabila perubahan gas tersebut dapat dideteksi maka akan sangat membantu mengetahui kualitas dari produk. Perubahan konsentrasi gas dapat disebabkan oleh respirasi buah dan sayur, penyerapan gas yang disengaja oleh absorber, dan hilangnya gas karena adanya kebocoran pada kemasan (Robertson, 2016).

Aplikasi Antosianin dalam Smart Packaging

Antosianin dapat dimanfaatkan dalam *smart packaging* karena memiliki aktivitas antioksidan, antimikroba, dan sensitivitas terhadap pH (Dong et al., 2023). Aktivitas antioksidan dan antimikroba dapat

dimanfaatkan sebagai *active packaging*, sedangkan sensitivitas pH dapat dimanfaatkan sebagai *intelligent packaging*. Penambahan antosianin dapat meningkatkan aktivitas antioksidan kemasan film yang awalnya rendah (Yong & Liu, 2020). Beberapa aplikasi antosianin dalam *smart packaging* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Aplikasi Antosianin dalam *Smart Packaging*

Sumber Antosianin	Bahan Packaging	Fungsi	Aplikasi Produk	Referensi
Terong ungu	Film kitosan	<ul style="list-style-type: none"> • Antioksidan • Indikator pH 	Susu	Yong et al., (2019)
Kulit buah naga merah	Pati singkong-kitosan	<ul style="list-style-type: none"> • Indikator pH • Antioksidan 	Pisang	Santoso et al., (2023)
Ubi ungu	<i>Edible agar</i> dan natrium alginat dengan <i>quercetin</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Antioksidan • Antimikroba • Indikator pH 	Udang	Dong et al., (2023)
Ubi ungu	Pati ubi ungu	<ul style="list-style-type: none"> • Indikator pH 	Daging ayam segar	Sohany et al., (2021)
Ubi ungu	Gliserin dan natrium alginat	<ul style="list-style-type: none"> • Antioksidan • Indikator pH 	Udang	Li et al., (2023)
Ubi ungu	Kitosan dan CMC	<ul style="list-style-type: none"> • Indikator pH 	Susu	Rusdian-to & Ramadhan, (2021)
Kulit anggur dan kulit manggis	Pati singkong dan <i>polyvinyl alcohol</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Indikator pH 	Daging ikan segar	Zhu et al., (2021)
Wortel hitam	<i>Bacterial cellulose nanofiber</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Indikator pH 	Daging ikan segar	Moradi et al., (2019)

Tabel 1. Aplikasi Antosianin dalam *Smart Packaging* (lanjutan)

Sumber Antosianin	Bahan <i>Packaging</i>	Fungsi	Aplika-si Produk	Referensi
Kol merah	<i>Acetylated distarch phosphate (ADSP)</i>	<ul style="list-style-type: none"> •Antioksidan •Indikator pH •<i>Moisture absorption</i> 	-	Cheng et al., (2022)
Mul-beri	<i>Polyvinyl alcohol</i>	<ul style="list-style-type: none"> •Anti-mikroba •Indikator pH 	Susu	Li et al., (2022)

Aplikasi Antosianin Terong Ungu untuk Mendeteksi Kerusakan Susu

Yong et al. (2019) membuat *active* dan *intelligent film packaging* dari *chitosan* dengan ekstrak terong ungu dan terong hitam yang kaya akan antosianin untuk menyimpan produk susu. Sifat antosianin yang sensitif terhadap perubahan pH membuat antosianin umum digunakan sebagai indikator *intelligent packaging* namun aktivitas antioksidan antosianin juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan aktif *active packaging*. Ekstrak antosianin dari terong ungu (PEE) dan terong hitam (BEE) ditambahkan dalam pembuatan film kitosan (CS) dengan perlakuan konsentrasi sebanyak 1%, 2%, dan 3% (b/b).

Film kitosan yang awalnya memiliki warna kuning pucat menjadi warna biru akibat antosianin terong ungu dan terong hitam. Namun warna film yang dihasilkan oleh kedua terong tersebut berbeda. Hal tersebut disebabkan karena perbedaan kadar dan komposisi antosianin dalam masing-masing terong. Kadar antosianin yang terkandung dalam terong ungu adalah sebesar 93,10 mg/g dan dalam terong hitam sebesar 173,17 mg/g. Komposisi antosianin terong ungu dan terong hitam sangat berbeda sehingga memiliki karakteristik warna dan sifat yang berbeda

pula. Antosianin terong ungu tersusun dari *cyanidin-3-O-glucosyl-rutinoside* (91.22%), *delphinidin-3-O-glucoside-catechin* (6.99%), *pelargonidin-3-O-(3",6"-dimalonil-hexoside)* (1.07%), dan *malvidin-3-O-glucoside* (0.72%) sedangkan antosianin terong hitam secara dominan disusun oleh *delphinidin-3-O-rutinoside* (97.32%) (Yong et al., 2019). Perbedaan warna ekstrak terong ungu dan terong hitam dalam larutan *buffer* yang berbeda dapat dilihat di Gambar 2.



Gambar 2. Perbedaan Warna Ekstrak Terong Ungu (atas) dan Terong Hitam (bawah) pada pH yang Berbeda. Sumber: Yong et al. (2019)

Film kitosan yang telah ditambahkan antosianin kemudian digunakan untuk memantau kerusakan susu. Antosianin dapat digunakan sebagai indikator kerusakan susu karena susu yang sudah rusak akan mengalami penurunan pH akibat meningkatnya metabolit asam yang dihasilkan oleh bakteri asam laktat. BAL memfermentasi laktosa menjadi asam laktat menyebabkan tingkat keasaman susu meningkat. Film kitosan dengan penambahan antosianin akan mendeteksi perubahan pH dan berubah warna sesuai dengan pH susu (Yong et al., 2019).

Pengujian dilakukan dengan merendam film dalam susu kemudian susu disimpan selama 16 jam pada suhu 40°C. Perubahan pH dan warna film diamati setiap 2 jam. Berdasarkan Tabel 2. pada awal penyimpanan, susu memiliki pH sebesar 6,68 kemudian setelah disimpan selama 10 jam pH susu menurun hingga menjadi 6,46 dan setelah disimpan selama 16 jam, pH susu menurun hingga menjadi 4,47.

Tabel 2. Perubahan Warna Film Kitosan Setelah Direndam dalam Susu

Waktu (jam)	0	10	16
CS + PEE 2%			
CS + BEE 2%			
pH	6,68	6,46	4,47

Sumber: Yong et al. (2019)

Pada Tabel 2. dapat dilihat bahwa warna film awalnya berwarna biru dan seiring dengan penurunan pH warna film menjadi ungu kemerahan pada kedua perlakuan. Semakin lama waktu penyimpanan, warna film menjadi semakin merah karena semakin banyak asam yang terbentuk. Bila film telah berwarna ungu kemerahan maka susu sudah tidak boleh dikonsumsi karena batas pH susu yang masih aman dikonsumsi adalah 6,24 (Rusdianto & Ramadhan, 2021).

Yong & Liu (2020) menyatakan bahwa antosianin juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan aktif dalam *active packaging* akibat kemampuan antioksidannya untuk menangkap radikal bebas yang menyebabkan kerusakan makanan. Hal tersebut didukung dengan data yang didapatkan oleh Yong et al. (2019) bahwa penambahan antosianin terong ungu dan terong hitam meningkatkan aktivitas antioksidan film kitosan. Film kitosan yang ditambahkan terong hitam memiliki kemampuan menangkap radikal 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) lebih tinggi daripada terong ungu pada konsentrasi penambahan yang sama karena kandungan antosianin terong hitam lebih banyak daripada terong ungu. Aktivitas antioksidan paling tinggi didapatkan dari penambahan terong hitam sebanyak 3%. Hal tersebut menunjukkan bahwa kemampuan antioksidan film dipengaruhi oleh komposisi dan kandungan antosianin dalam ekstrak. Namun, Yong et al. (2019) tidak meneliti pengaruh aktivitas antioksidan antosianin terhadap umur simpan susu.

Aplikasi Antosianin Buah Naga Merah untuk Mendeteksi Kematangan Pisang

Pisang adalah buah klimakterik, di mana proses respirasi akan tetap berlanjut setelah proses panen. Proses respirasi berkaitan dengan proses pematangan buah. Proses pematangan buah menyebabkan peningkatan pH sehingga antosianin dapat digunakan sebagai indikator kematangan buah. Santoso et al. (2023) meneliti pengaruh penambahan ekstrak antosianin kulit buah naga dalam film yang terbuat dari pati singkong dan kitosan untuk mendeteksi tingkat kematangan pisang.

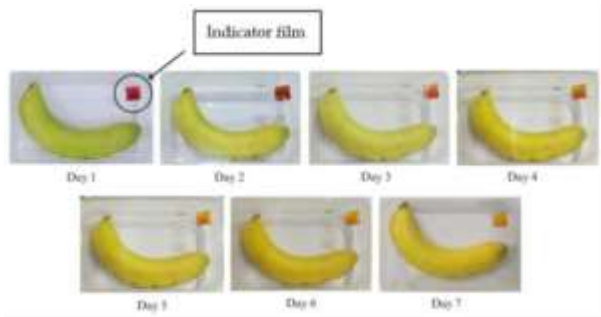
Ekstrak antosianin yang diperoleh dari kulit buah naga adalah sebesar 0,122 mg/g (Santoso et al., 2023). Perubahan warna ekstrak antosianin buah naga dalam buffer yang berbeda terdapat dalam Gambar 3. Ekstrak antosianin berwarna merah pada pH 1-11 lalu berubah warna menjadi ungu kekuningan pada pH 12 dan sepenuhnya berubah warna menjadi kuning pada pH 13.



Gambar 3. Perbedaan Warna Ekstrak Kulit Buah Naga Merah Pada pH yang Berbeda

Sumber: Santoso et al. (2023)

Santoso et al. (2023) membuat film berbahan dasar kitosan dan pati singkong kemudian menginkorporasikan ekstrak antosianin serta gliserol 85% ke dalam film tersebut. Kemudian film dipotong dan ditempel pada bagian dalam tutup kemasan pisang. Film indikator tidak kontak langsung dengan pisang sehingga monitor kesegaran dilakukan berdasarkan komposisi atmosfer dalam kemasan dan metabolit volatil yang dihasilkan oleh pisang selama proses pematangan. Pisang disimpan pada suhu ruang selama 7 hari. Pengamatan dilakukan setiap hari dengan mengamati perubahan warna pisang dan indikator (Gambar 4.).



Gambar 4. Perubahan Warna Pisang dan Indikator Setelah Disimpan Selama 7 Hari.
Sumber: Santoso et al. (2023)

Film kitosan dan pati singkong dengan penambahan ekstrak antosianin kulit buah naga menunjukkan perubahan warna dari merah menjadi merah pudar dan kuning seiring dengan waktu penyimpanan. Hal terjadi karena adanya proses pematangan pisang yang menyebabkan peningkatan pH. Hasil proses respirasi atau metabolisme yang terjadi selama proses pematangan buah, serta aktivitas enzim dan mikroorganisme selama proses pembusukan buah mempengaruhi perubahan warna indikator. Hasil proses respirasi dan metabolisme menyebabkan peningkatan pH lingkungan menjadi basa sehingga warna pada film indikator berubah menjadi kuning. Kematangan pisang ditandai dengan peningkatan nilai tekstur, pH, dan produksi gas CO_2 , serta penurunan kadar vitamin C dalam buah (Santoso et al., 2023).

Selain indikator, aktivitas antioksidan antosianin juga dapat digunakan sebagai bahan aktif film. Antosianin merupakan senyawa polifenol yang menangkap radikal bebas penyebab oksidasi. Kitosan juga dapat berperan sebagai antioksidan dengan cara mencegah tahap awal oksidasi melalui interaksi antara gugus NH_2 bebas pada posisi C2 kitosan dengan gugus H^+ dari larutan film untuk membentuk NH_3^+ . Senyawa ini kemudian akan berinteraksi dengan radikal bebas DPPH untuk membentuk molekul yang stabil (Santoso et al., 2023). Namun tidak ada penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh

aktivitas antioksidan antosianin dan kitosan terhadap umur simpan pisang.

Aplikasi Antosianin Ubi Ungu dalam Kemasan Udang

Dong et al. (2023) meneliti film multifungsi yang memiliki sifat antioksidan, antibakteri, dan sensitif terhadap pH. Film dibuat dengan menggabungkan ekstrak ubi ungu yang kaya antosianin serta nanopartikel kitosan yang mengandung *quercetin* dalam matriks polimer agar/sodium alginat untuk memantau dan menjaga kesegaran udang.

Pembuatan film dilakukan dengan mengintergrasikan zat fungsional lain dalam film multifungsi untuk meningkatkan efisiensi film. *Edible agar* (AG) ditambah dengan natrium alginat (SA) berfungsi untuk mengikat ekstrak antosianin ubi ungu (ATH) dan nanopartikel kitosan yang memuat *quercetin* (QCNP) sehingga membentuk film multifungsi yang disebut film AG-SA-QCNPs-ATH. Film ini memiliki sifat fisik (mekanik, penghalang UV, ketahanan uap air, dan stabilitas termal) dan sifat fungsional (respons pH) (Dong et al., 2023).

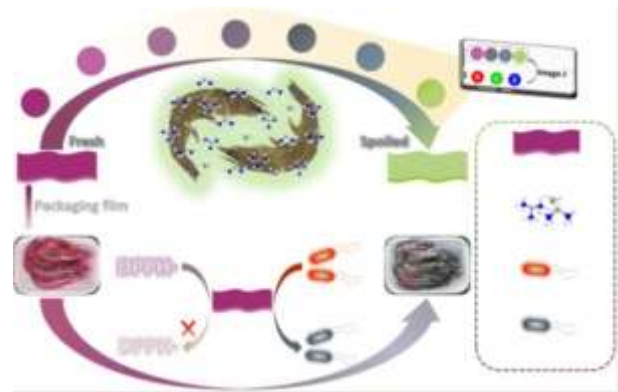
Dong et al. (2023) mengukur kadar antosianin yang terkandung dalam ubi ungu adalah sebesar 11,66 mg/g. Antosianin yang diekstrak dari ubi ungu menunjukkan stabilitas termal/foto yang lebih baik dan respons warna yang lebih luas terhadap perubahan pH dibanding antosianin lain karena bentuk monoasilat dan diasilat kaya akan sianida dan paeoniflorin (Becerril et al., 2021). Perubahan warna antosianin ubi ungu pH yang berbeda dapat dilihat pada Gambar 5.



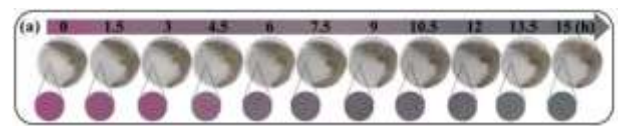
Gambar 5. Karakteristik Warna Antosianin Ubi Ungu (atas) dan Film yang Telah Diinkorporasi Antosianin (bawah) pada pH yang Berbeda
Sumber: Dong et al. (2023)

Respons warna antosianin ubi ungu yang luas tersebut menyebabkan antosianin ubi ungu dapat diaplikasikan sebagai indikator sensitif pH. Selain sensitivitas terhadap pH, antioksidan dan sifat antimikroba antosianin ubi ungu juga dapat berperan sebagai pengawet alami sehingga film bersifat multifungsi (Dong et al., 2023). Film bersifat multifungsi karena tidak hanya memberikan indikasi kesegaran, tetapi juga dapat menjaga kesegaran makanan hewani secara efisien. Film multifungsi berbasis antosianin memiliki fungsi antioksidan, antibakteri, dan respons pH, sehingga dapat menjadi alternatif dalam pemantauan dan penyimpanan makanan hewani (Huang et al., 2022). Mekanisme *intelligent* dan *active packaging* dapat dilihat pada Gambar 6.

Sifat pertama yang diuji adalah sensitivitas film antosianin dalam memantau kerusakan udang. Dong et al. (2023) mengamati perubahan warna indikator selama penyimpanan udang dengan menyimpan 20 gram udang dalam sebuah kotak plastik transparan dan menempelkan film multifungsi pada bagian dalam penutupnya. Kotak kemudian disegel dan disimpan pada suhu 25°C selama 15 jam. Setelah itu, warna film multifungsi diamati setiap 1,5 jam untuk mengindikasikan kesegaran udang (Gambar 7.).



Gambar 6. Mekanisme Antosianin dalam Memantau dan Mempertahankan Kesegaran Udang
Sumber: Dong et al. (2023)



Gambar 7. Pengamatan Warna Indikator pada Suhu 25°C Selama 15 Jam
Sumber: Dong et al. (2023)

Gambar 7. menunjukkan bahwa warna film multifungsi berubah secara dramatis ketika udang disimpan pada suhu 25°C selama 3 jam. Hasil ini dengan jelas menunjukkan bahwa film multifungsi dapat digunakan untuk mengindikasikan kerusakan udang. Dong et al. (2023) kemudian membandingkan perubahan warna film multifungsi dengan hasil deteksi total berbasis zat (TVB-N) untuk memverifikasi akurasi indikasi film. Berdasarkan hasil uji TVB-N, kandungan TVB-N udang yang disimpan pada suhu 25°C selama 6 jam adalah sebesar 20,22 mg/100 g. Jumlah tersebut melebihi batas yang dapat dimakan yaitu sebesar 20 mg/100 g dalam standar makanan yang berarti bahwa udang sudah tidak bisa dimakan (Dong et al., 2023). Hasil ini mengungkapkan bahwa film multifungsi mampu mengindikasikan tingkat kesegaran udang dan mengidentifikasi udang yang dapat dimakan dan tidak dapat dimakan.

Sifat kedua yang dievaluasi oleh Dong et al. (2023) adalah evaluasi aktivitas antioksidan film yang dilakukan dengan uji penangkapan radikal DPPH. Film AG-SA-QCNPs-ATH

meningkatkan aktivitas antioksidan dari film AG-SA yaitu sebesar 14,18% menjadi 82,66%. Aktivitas antioksidan meningkat drastis disebabkan oleh aktivitas antioksidan pelepasan *quercetin* dari QCNPs (Ezati & Rhim, 2021). Kemudian ketahanan oksidasi yang kuat disebabkan oleh kelompok fenol yang melimpah dalam struktur molekuler antosianin.

Kemudian, Dong et al. (2023) mengevaluasi tingkat bakterisidal film AG-SA-QCNPs-ATH terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* adalah sebesar 38,39%. Peningkatan yang signifikan dalam kemampuan antibakteri film multifungsi ini disebabkan oleh aktivitas QCNPs dan ATH. Akumulasi QCNPs dalam sel bakteri dapat menghambat permeabilitas dinding sel, QCNPs juga dapat berinteraksi dengan rantai asam lemak dalam lapisan lipid sehingga mengganggu struktur membran menyebabkan kematian bakteri (Wang et al., 2022). Sementara itu, ATH aktif dapat berinteraksi dengan protein intrasel bakteri sehingga menghambat pertumbuhan dan reproduksi bakteri (Roy & Rhim, 2020). Namun, tingkat bakterisidal terhadap *E. coli* lebih rendah karena membran lipopolisakarida dinding sel *E. coli* mencegah QCNPs dan ATH aktif masuk ke dalam membran sel (Kanatt, 2020).

Efektivitas antioksidan dan antimikroba antosianin ubi ungu dalam mempertahankan kesegaran udang diuji dengan menyimpan 80 gram sampel udang tanpa kemasan (kontrol), dengan kemasan film cling polyethylene (PE), dan dengan kemasan film AG-SA-QCNPs-ATH. Kemudian sampel disimpan dalam lemari es pada suhu 4°C selama 5 hari dan dilakukan pengamatan total nitrogen volatil (TVB-N), pH, total hitungan bakteri (TBC), dan asam tiobarbiturat (TBARS) sekali sehari (Dong et al., 2023). Foto hasil pengamatan dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Hasil Pengamatan Kesegaran Udang Yang Disimpan Pada Suhu 4°C Selama 5 Hari
Sumber: Dong et al. (2023)

Kenampakan udang kelompok kontrol dan kelompok kemasan film PE jelas berubah menjadi hitam. Pada hari ketiga, TVB-N udang dalam kelompok kontrol dan kelompok kemasan film PE meningkat menjadi masing-masing 26,05 mg/100 g dan 22,91 mg/100 g, melebihi batas standar yang dapat dimakan (20 mg/100 g). Namun, udang yang dikemas dengan film AG-SA-QCNPS-ATH hanya menghasilkan 19,88 mg/100 g TVB-N pada hari keempat (Dong et al., 2023).

Pada hari keempat, warna film AG-SA-QCNPS-ATH berubah dari merah muda menjadi abu-abu ungu. Dong et al. (2023) menyatakan bahwa perubahan warna film diakibatkan oleh penurunan pH. Penurunan pH disebabkan oleh terbatasnya oksigen setelah kematian udang menyebabkan terjadi proses glikolisis yang merubah glikogen menjadi asam piruvat. Setelah itu, protein udang terurai dan menghasilkan zat alkali, yang mengakibatkan peningkatan pH. Perubahan pH pada udang yang dikemas dengan kemasan film multifungsi relatif lambat, mungkin disebabkan oleh penghambatan pertumbuhan bakteri oleh film, mengakibatkan penurunan laju proteolisis dan penurunan produk alkali dalam udang (Dong et al., 2023).

Angka kontaminasi mikroba dihitung menggunakan uji *Total Bacterial Count* (TBC). TBC dalam kelompok kontrol dan kelompok kemasan film PE meningkat menjadi 6,60 dan 6,47 log CFU/g pada hari ketiga, melebihi batas yang dapat diterima (6 log CFU/g). Namun, TBC udang yang dikemas dengan film AG-SA-QCNPS-ATH hanya

meningkat menjadi 5,89 log CFU/g pada hari keempat. Tingkat TBARS dalam kelompok kontrol dan kelompok kemasan film PE mencapai 1,41 dan 1,34 mg MDA/kg pada hari keempat, sedangkan nilai TBARS pada udang yang dikemas dengan film AG-SA-QCNPs-ATH hanya mencapai 0,87 mg MDA/kg pada hari kelima. Hasil ini menunjukkan bahwa film AG-SA-QCNPs-ATH efektif dalam melawan invasi bakteri dan mencegah oksidasi daging udang, sehingga memperpanjang umur simpan udang. Film AG-SA-QCNPs-ATH dapat memperpanjang umur simpan udang sampai 36 jam dibandingkan dengan kelompok kontrol (Dong et al., 2023).

KESIMPULAN

Smart packaging tidak hanya berfungsi untuk melindungi makanan dari kontaminasi, namun juga dapat memperlambat kerusakan makanan akibat faktor eksternal seperti mikroba dan kondisi atmosfer lingkungan penyimpanan. *Smart packaging* secara umum terbagi menjadi dua yaitu *active packaging* dan *intelligent packaging*. Antosianin terbukti dapat digunakan sebagai indikator dalam *intelligent packaging* karena mampu mendeteksi perubahan kualitas makanan akibat sensitivitasnya terhadap pH. Antosianin dapat digunakan sebagai bahan aktif dalam *active packaging* sehingga memperpanjang umur simpan makanan karena memiliki aktivitas antioksidan yang tinggi dan dapat mencegah pertumbuhan.

DAFTAR PUSTAKA

Becerril, R., Nerín, C., & Silva, F. (2021). Bring some Colour to Your Package: Freshness Indicators Based on Anthocyanin Extracts. *Trends in Food Science & Technology*, *111*, 495–505.

Cheng, M., Yan, X., Cui, Y., Han, M., Wang, Y., Wang, J., Zhang, R., & Wang, X. (2022). Characterization and Release Kinetics Study of Active Packaging

Films Based on Modified Starch and Red Cabbage Anthocyanin Extract. *Polymers*, *14*(6).

- Dey, A., & Neogi, S. (2019). Oxygen Scavengers for Food Packaging Applications: A Review. *Trends in Food Science and Technology*, *90*, 26–34.
- Dong, Y., Yang, C., Zhong, W., Shu, Y., Zhang, Y., & Yang, D. (2022). Antibacterial Effect and Mechanism of Anthocyanin from *Lycium ruthenicum* Murr. *Frontiers in Microbiology*, *13*.
- Dong, S., Zhang, Y., Lu, D., Gao, W., Zhao, Q., & Shi, X. (2023). Multifunctional Intelligent Film Integrated with Purple Sweet Potato Anthocyanin and Quercetin-Loaded Chitosan Nanoparticles for Monitoring and Maintaining Freshness of Shrimp. *Food Packaging and Shelf Life*, *35*, 101022.
- Enaru, B., Dreţcanu, G., Pop, T. D., Stănilă, A., & Diaconeasa, Z. (2021). Anthocyanins: Factors Affecting Their Stability and Degradation. *Antioxidants*, *10*(12), 1967.
- Ezati, P., & Rhim, J. W. (2021). Fabrication of Quercetin-Loaded Biopolymer Films as Functional Packaging Materials. *ACS Applied Polymer Materials*, *3*(4), 2131–2137.
- Huang, J., Hu, Z., Li, G., Hu, L., Chen, J., & Hu, Y. (2022). Make Your Packaging Colorful And Multifunctional: The Molecular Interaction and Properties Characterization of Natural Colorant-Based Films and Their Applications in Food Industry. *Trends in Food Science & Technology*, *124*, 259–277.
- Guo, M., Zhang, X., & Jin, T. Z. (2024). *Active Food Packaging*. In *Encyclopedia of Food Safety* (pp. 673–688). Elsevier.
- Kanatt, S. R. (2020). Development of Active/Intelligent Food Packaging Film Containing Amaranthus Leaf Extract for Shelf Life Extension of Chicken/Fish

- During Chilled Storage. *Food Packaging and Shelf Life*, 24, Article 100506.
- Li, C., Sun, J., Yun, D., Wang, Z., Tang, C., & Liu, J. (2023). A New Method to Prepare Color-Changeable Smart Packaging Films Based on The Cooked Purple Sweet Potato. *Food Hydrocolloids*, 137.
- Li, N., Zhou, Z., Wu, F., Lu, Y., Jiang, D., Zhong, L., & Xie, F. (2022). Development of pH-Indicative and Antimicrobial Films Based on Polyvinyl Alcohol/Starch Incorporated with Ethyl Lauroyl Arginate and Mulberry Anthocyanin for Active Packaging. *Coatings*, 12(10).
- Lloyd, K., Miroso, M., & Birch, J. (2019). Active and Intelligent Packaging. In *Encyclopedia of Food Chemistry* (pp. 177–182). Elsevier.
- Ma, Y., Ding, S., Fei, Y., Liu, G., Jang, H., & Fang, J. (2019). Antimicrobial Activity of Anthocyanins and Catechins Against Foodborne Pathogens *Escherichia coli* and *Salmonella*. *Food Control*, 106.
- Moradi, M., Tajik, H., Almasi, H., Forough, M., & Ezati, P. (2019). A Novel pH-sensing Indicator Based on Bacterial Cellulose Nanofibers and Black Carrot Anthocyanins for Monitoring Fish Freshness. *Carbohydrate Polymers*, 222.
- Rahmadhia, S. N., Saputra, Y. A., Juwitaningtyas, T., & Rahayu, W. M. (2022). Intelligent Packaging as a pH-Indicator Based on Cassava Starch with Addition of Purple Sweet Potato Extract (*Ipomoea batatas* L.). *Journal of Functional Food and Nutraceutical*, 4(1), 37–47.
- Rusdianto, A. S., & Ramadhan, D. W. (2021). Smart Label with Color Indicator Made of Purple Sweet Potato (*Ipomoea Batatas* L.) on The Bottle Packaging of Pasteurized Milk. *International Journal on Food, Agriculture and Natural Resources*, 2(3), 12–19.
- Robertson, G. L. (2016). *Food Packaging*. CRC Press.
- Roy, S., & Rhim, J. W. (2020). Preparation of Gelatin/Carrageenan-Based Color-Indicator Film Integrated With Shikonin and Propolis for Smart Food Packaging Applications. *ACS Applied Bio Materials*, 4(1), 770–779.
- Santoso, V. R., Pramitasari, R., & Anugrah, D. S. B. (2023). Development of Indicator Film Based on Cassava Starch–Chitosan Incorporated with Red Dragon Fruit Peel Anthocyanins–Gambier Catechins to Detect Banana Ripeness. *Polymers*, 15(17), 3609.
- Sohany, M., Tawakkal, I. S. M. A., Ariffin, S. H., Shah, N. N. A. K., & Yusof, Y. A. (2021). Characterization of Anthocyanin Associated Purple Sweet Potato Starch And Peel-Based pH Indicator Films. *Foods*, 10(9).
- Versino, F., Ortega, F., Monroy, Y., Rivero, S., López, O. V., & García, M. A. (2023). Sustainable and Bio-Based Food Packaging: A Review on Past and Current Design Innovations. *Foods*, 12(5).
- Wang, J., Sun, X., Zhang, H., Dong, M., Li, L., Hui, Z., & Li, W. (2022). Dual-functional Intelligent Gelatin Based Packaging Film for Maintaining and Monitoring the Shrimp Freshness. *Food Hydrocolloids*, 124, Article 107258.
- Yong, H., & Liu, J. (2020). Recent Advances in the Preparation, Physical and Functional Properties, and Applications of Anthocyanins-Based Active and Intelligent Packaging Films. In *Food Packaging and Shelf Life* (Vol. 26). Elsevier Ltd.
- Yong, H., Wang, X., Zhang, X., Liu, Y., Qin, Y., & Liu, J. (2019). Effects of Anthocyanin-Rich Purple and Black

Eggplant Extracts on The Physical, Antioxidant and pH-Sensitive Properties of Chitosan Film. *Food Hydrocolloids*, 94, 93–104.

Zhu, B., Lu, W., Qin, Y., Cheng, G., Yuan, M., & Li, L. (2021). An Intelligent pH Indicator Film Based on Cassava Starch/Polyvinyl Alcohol Incorporating Anthocyanin Extracts for Monitoring Pork Freshness. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(10).