

## **Tinjauan Aplikasi Teknologi Edible Coating Polimer Alami: Kontrol Transpirasi dan Mutu Produk Pascapanen**

Anesti Viantika Gea

Program Studi Pengelolaan Hasil Perkebunan (Kampus Kab. Sanggau), Politeknik Negeri Pontianak,  
Indonesia

Jl. Sabang Merah, Bunut, Kec. Kapuas, Kabupaten Sanggau, Kalimantan Barat, 78561

Email: anestiviantikagea@polnep.ac.id

### **ABSTRAK**

Edible Coating (EC) merupakan teknologi pascapanen yang memanfaatkan biopolimer alami untuk memperpanjang umur simpan produk pascapanen dengan membentuk lapisan barrier semi-permeabel yang aman dikonsumsi. Tinjauan sistematis ini menyajikan analisis mendalam mengenai peran polimer alami (karbohidrat, lipid, protein) serta formulasi aktifnya (dengan inkorporasi ekstrak antimikroba/antioksidan) dalam mengendalikan dua mekanisme utama kerusakan pascapanen, yaitu transpirasi (susut bobot) dan respirasi (pelunakan). Hasil sintesis literatur menunjukkan bahwa polimer lipid, khususnya lilin lebah (beeswax) merupakan komponen EC superior untuk menekan laju transpirasi pada komoditas seperti tomat, dengan formulasi 25 g lilin lebah terbukti efektif mempertahankan susut bobot paling rendah selama 30 hari penyimpanan. Sementara itu, polimer polisakarida (misalnya pati singkong, pati biji nangka) sangat efektif dalam membatasi pertukaran gas, menekan laju respirasi, dan mempertahankan kekerasan, di mana EC pati biji nangka 1,1% pada jambu biji berhasil mempertahankan mutu hingga 10 hari. Pengembangan EC aktif dengan penambahan ekstrak jahe merah (7%) pada pati jagung atau minyak sereh dan minyak wijen pada emulsi lilin lebah, secara sinergis meningkatkan fungsi antimikroba dan antioksidan, yang krusial dalam mempertahankan kadar Vitamin C dan pigmen. Teknologi EC terbukti menjadi alternatif pelapisan yang menjanjikan, didukung oleh potensi besar pemanfaatan polimer dari limbah agroindustry.

**Kata kunci:** *Edible coating, pascapanen, polisakarida, lipid, biopolimer*

### **ABSTRACT**

*Edible Coating (EC) is an advanced postharvest technology that utilizes natural biopolymers to prolong the shelf life of horticultural products by forming a safe-to-consume, semi-permeable barrier layer. This systematic review provides an in-depth analysis of the roles of natural polymers (carbohydrates, lipids, and proteins) and their active formulations (incorporating antimicrobial/antioxidant extracts) in controlling the two main mechanisms of postharvest decay: transpiration (weight loss) and respiration (softening). The synthesis of the literature indicates that lipid polymers, particularly beeswax, are the superior EC component for suppressing the rate of transpiration in commodities such as tomatoes. A formulation containing 25 g of beeswax was proven effective in maintaining the lowest weight loss percentage during 30 days of storage. Conversely, polysaccharide polymers (e.g., cassava starch, jackfruit seed starch) are highly effective at limiting gas exchange, suppressing respiration rates, and preserving firmness. Specifically, an EC using 1.1% jackfruit seed starch on guava successfully maintained quality for up to 10 days. Furthermore, the development of active ECs such as those enhanced with 7% red ginger extract in corn starch, or lemongrass and sesame oil in beeswax emulsions synergistically boosts antimicrobial and antioxidant functions. This dual action is crucial for preserving vital nutrients like Vitamin C and pigments. The EC technology is thus confirmed as a promising coating alternative, strongly supported by the significant potential for utilizing polymers derived from agro-industrial waste.*

**Keywords:** *Edible coating, postharvest, polysaccharides, lipids, biopolymer.*

## **PENDAHULUAN**

Kawasan tropis, seperti Indonesia, sering kali menghadapi isu kritis berupa kerugian pascapanen (*post-harvest loss*) yang angkanya sangat substansial, diperkirakan mencapai 20% hingga 40% dari total produksi. Situasi ini memberikan dampak serius pada ketahanan pangan dan kesejahteraan ekonomi para petani (Devi et al., 2024; Meindrawan et al., 2017). Komoditas seperti tomat (*Solanum lycopersicum L.*), jambu biji (*Psidium guajava L.*), dan paprika (*Capsicum Annuum L.*) dikenal memiliki sifat sangat mudah rusak (*highly perishable*), dengan masa simpan yang sangat singkat pada suhu ruang (Syahrozy et al., 2022; Yumeina et al., 2023). Penurunan mutu ini didorong oleh proses fisiologis alami yang terjadi setelah panen. Pertama adalah transpirasi, yaitu proses hilangnya uap air yang menyebabkan susut bobot, layu, dan kerutan. Kedua adalah respirasi, yang memecah senyawa internal, mendorong pematangan, pelunakan, serta degradasi nutrisi penting seperti Vitamin C dan pigmen (Garnida & Taufik, 2022; Usni et al., 2016). Dalam upaya mencegah kerugian besar ini, teknologi *Edible Coating* dapat menjadi solusi penanganan pascapanen yang inovatif, aman dikonsumsi (*food-grade*), dan ramah lingkungan (Meindrawan et al., 2017).

*Edible Coating* (EC) dapat diartikan sebagai selaput tipis yang sepenuhnya terbuat dari bahan alami, seperti biopolimer. Lapisan ini dibentuk oleh tiga kelompok bahan utama: polisakarida atau karbohidrat (contohnya pati dari singkong atau biji nangka), lipid (seperti lilin lebah dan berbagai minyak nabati), serta protein (seperti gelatin). Aplikasi EC dilakukan secara langsung ke permukaan produk, paling umum dengan metode pencelupan (Agustin & Cahyanto, 2024; Devi et al., 2024). Peran mendasar dari lapisan ini adalah bertindak sebagai barier semi-permeabel ganda. Di satu sisi, sifat hidrofobik tertentu pada lapisan tersebut sangat baik dalam membatasi difusi uap air. Di sisi lain, struktur matriks polimer EC yang padat menciptakan atmosfer mikro termodifikasi di sekitar buah, yang secara efektif menekan pertukaran gas O<sub>2</sub> dan CO<sub>2</sub>. Pembatasan gas ini penting karena secara langsung memperlambat laju respirasi dan menunda proses penuaan produk pascapanen (Anjali & Susantun, 2023; Tetelepta et al., 2019).

Oleh karena itu, tinjauan ini disusun untuk menganalisis secara sistematis dan menyeluruh (komprehensif) secara spesifik dari berbagai formulasi polimer alami. Tinjauan ini akan membandingkan keunggulan polimer berbasis lipid (yang dikenal ampuh mengendalikan susut bobot) dengan keunggulan polisakarida (yang lebih baik dalam menjaga kekerasan dan tekstur). Tinjauan ini juga akan mengkaji secara mendalam potensi pengembangan EC aktif melalui inkorporasi senyawa bioaktif tambahan (misalnya ekstrak jahe merah atau minyak atsiri) untuk memberikan fungsi ekstra sebagai antioksidan dan antimikroba. Tujuan akhir dari kajian ini adalah untuk mengidentifikasi formulasi terbaik yang mampu memberikan perpanjangan umur simpan yang paling optimal bagi komoditas produk pascapanen.

## **METODE PENELITIAN**

Artikel ini disusun berdasarkan metode studi literatur tinjauan sistematis (*systematic review*) dari data yang telah dikumpulkan, mencakup penelitian primer eksperimental mengenai aplikasi *edible coating* pada produk pertanian. Data bersumber dari publikasi ilmiah terindeks (jurnal dan prosiding) yang relevan, dengan

fokus pada: (1) Aplikasi polimer alami tunggal atau komposit; (2) Pengukuran parameter fisikokimia utama (susut bobot, kekerasan, Vitamin C); dan (3) Eksplorasi potensi EC aktif dengan aditif alami.

Prosedur Sintesis Data Sintesis dilakukan dengan mengelompokkan temuan berdasarkan komponen EC dan fungsi utamanya:

1. Polimer Struktural: Karbohidrat (pati lokal seperti singkong, sagu, biji nangka, pati pisang)
2. Polimer *Barrier* Uap Air: Lipid (lilin lebah, minyak sawit)
3. Aditif Aktif: Ekstrak dan minyak atsiri (jahe merah, minyak sereh, andaliman)

Perbandingan ditekankan pada konsentrasi optimal yang menghasilkan penekanan tertinggi pada susut bobot dan pelunakan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Peran Fungsional Kelas Polimer: Karbohidrat, Protein, dan Lipid

Polimer berbasis karbohidrat (seperti Pati dan turunannya) diakui sangat efektif dalam membentuk struktur film yang kokoh. Namun, tinjauan literatur menunjukkan adanya kelemahan utama, yaitu sifatnya yang hidrofilik (suka air), yang secara inheren membuat lapisan tunggal tersebut kurang optimal sebagai penghalang uap air (Erde et al., 2022). Oleh karena itu, keberhasilan karbohidrat dalam mengendalikan transpirasi sangat bergantung pada modifikasi kimia atau penggabungan dengan komponen yang bersifat hidrofobik. Kinerja serupa juga terlihat pada polimer protein (misalnya gelatin dan kasein), meskipun unggul sebagai pelindung terhadap oksigen, sifatnya yang mudah menyerap kelembaban (higroskopis) membatasi efektivitasnya dalam menahan kehilangan air, terutama pada kondisi kelembaban relatif tinggi (Selvam et al., 2025).

Sementara itu, lipid (seperti lilin lebah) terbukti sebagai kelas polimer alami yang paling unggul dalam mengatasi transpirasi (Devi et al., 2024). Keunggulan ini disebabkan oleh sifat hidrofobik alaminya, yang bekerja sangat efektif dalam mengurangi aktivitas air (*water activity*) pada permukaan produk (Devi et al., 2024). Meskipun demikian, terdapat tantangan teknis yaitu formulasi lipid tunggal sering menghasilkan *coating* yang cenderung kaku, mudah retak, atau tidak merata, sehingga memerlukan formulasi yang cermat (Rosida et al., 2021).

Berdasarkan adanya variasi kinerja yang signifikan antar kelas polimer ini, maka disajikan data kuantitatif komparatif yang secara eksplisit membandingkan nilai kinerja kontrol transpirasi dan retensi mutu fisik yang telah dicapai oleh formulasi berbasis Karbohidrat, Protein, dan Lipid. Rangkuman ini secara eksplisit membandingkan nilai kinerja kontrol transpirasi dan retensi mutu fisik yang telah dicapai oleh formulasi berbasis karbohidrat, protein, dan lipid yang dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Perbandingan Kontrol Transpirasi dan Mutu Berdasarkan Polimer Alami

No	Polimer	Komoditas	Formulasi	Waktu uji (hari)	Transpirasi / Susut Bobot (%)	Mutu Fisik Akhir / Kekerasan (N)
1	Karbohidrat	Jambu biji	Pati biji nangka 1,1%	10	1,56	30,73
2			Pati kulit ubi kayu 1%	10	26,00	12,84

3		Tomat	Pati sagu tuni 1%	10	5,86	20,39
4			Pati ubi kayu 1%	10	2,90	21,28
5			Pati pisang 1%	10	8,82	21,77
6	Lipid	Tomat	Beeswax 3%	10	10,24	-
7			Beeswax 6%	12	3,62	-
8			Beeswax + minyak moringa	27	12,3	3,8
9	Protein	Apel	Gelatin 1%	12	16,5	9,13
10		Strawberry	Gelatin 2%	12	73,75	1,21
11	Komposit (karbohidrat + Lipid)	Pisang ambon	Pati jagung + lilin lebah 1%	10	2,89	5,28

**Sumber:** (Ifmalinda et al., 2024)<sup>1</sup>, (Usni et al., 2016)<sup>2</sup>, (Tetelepta et al., 2019)<sup>3,4,5</sup>, (Isam et al., 2023)<sup>6</sup>, (Syahrozy et al., 2022)<sup>7</sup>, (Al-Rashdi et al., 2024)<sup>8</sup>, (Amiri et al., 2018)<sup>9</sup>, (Hasdar et al., 2025)<sup>10</sup>, (Pebri et al., 2025)<sup>11</sup>.

Polimer yang bersumber dari karbohidrat, seperti berbagai jenis Pati (pati singkong, pati biji nangka, hingga pati sagu), diakui secara luas sebagai fondasi pembentuk film yang paling serbaguna dan ekonomis. Keunggulan utamanya adalah kemampuannya dalam membentuk matriks struktur yang sangat baik dengan kekuatan tarik (*tensile strength*) yang memadai. Secara kimiawi, polimer ini kaya akan amilosa, yang rantai molekulnya mampu menyusun struktur padat, baik amorf maupun kristalin. Kepadatan inilah yang menjadikannya penghalang yang superior terhadap molekul gas kecil seperti oksigen dan karbon dioksida. Fungsi hambatan gas ini sangat penting, karena mampu menekan laju respirasi dan mengatur proses pematangan pada buah klimakterik seperti tomat dan pisang. Namun, kendala mendasar dari polisakarida adalah sifatnya yang hidrofilik (suka air). Karena unit penyusun pati adalah glukosa yang memiliki banyak gugus hidroksil (OH), polimer ini memiliki afinitas yang tinggi terhadap molekul air. Oleh karena itu, lapisan *Edible Coating* (EC) berbasis karbohidrat memiliki nilai *Water Vapor Permeability* (WVP) yang tinggi. Hal ini berarti, jika digunakan secara tunggal, *coating* tersebut kurang efektif sebagai penghalang uap air (Erde et al., 2022). Kelemahan ini menjadi tantangan dalam penyimpanan produk pascapanen karena transpirasi (kehilangan air) adalah masalah utama.

Selain pati, polimer protein (seperti gelatin dan kasein) juga menunjukkan kinerja yang mirip dalam membangun struktur film yang baik serta memberikan hambatan gas yang efektif. Protein, yang terdiri dari rantai panjang asam amino, membentuk matriks film yang rapat karena adanya ikatan peptida dan berbagai interaksi rantai samping. Struktur yang teratur inilah yang menjadikannya pelindung unggul terhadap difusi oksigen (Selvam et al., 2025). Meskipun demikian, masalah dasar polimer hidrofilik tetap ada, karena polimer protein juga memiliki banyak gugus fungsional polar, sifatnya cenderung sangat higroskopis (mudah menyerap kelembaban dari udara). Sifat higroskopis inilah yang menjadi penghalang utama efektivitasnya dalam mengendalikan kehilangan air. Pada kondisi kelembaban relatif tinggi, lapisan protein dapat dengan mudah melunak dan bahkan rusak, yang pada akhirnya membatasi kemampuannya untuk mengontrol transpirasi (Selvam et al., 2025). Berdasarkan data pada Tabel 1 yang menunjukkan susut bobot sangat tinggi (73,75% dalam 12 hari) pada *strawberry* yang dilapisi Gelatin 2% menjadi contoh bahwa protein masih terbatas untuk dijadikan sebagai barrier uap air.

Berbeda dengan pati dan protein, polimer yang termasuk dalam kelompok lipid (seperti lilin lebah, asam lemak, dan minyak nabati) terbukti paling unggul dalam menangani masalah utama pascapanen, yakni transpirasi. Keunggulan fungsional ini berasal dari sifat hidrofobik (anti-air) alaminya. Karena tersusun dari rantai hidrokarbon non-polar yang panjang, lipid tidak memiliki afinitas terhadap molekul air yang polar. Saat diaplikasikan, lapisan lipid bekerja sebagai penghalang fisik yang sangat efisien, secara drastis menghambat pergerakan uap air dan menurunkan aktivitas air (*water activity*) pada permukaan produk (Devi et al., 2024). Terutama lilin lebah (*beeswax*) sering menjadi pilihan karena komposisi kimianya yang sangat hidrofobik. Namun, karena lipid tidak memiliki kemampuan pembentukan film yang kuat layaknya pati atau protein, terdapat tantangan teknis dalam aplikasinya. Formulasi lipid tunggal sering menghasilkan *coating* yang cenderung kaku, mudah retak, atau tidak merata (*poor coating uniformity*). Lapisan yang tidak merata akan menciptakan jalur pintas bagi uap air untuk keluar, sehingga mengurangi efektivitas barrier keseluruhannya. Oleh karena itu, pengaplikasian lipid memerlukan formulasi yang tepat, umumnya dalam bentuk emulsi (minyak dalam air) yang stabil sebagai komponen minor yang diintegrasikan ke dalam matriks polimer karbohidrat atau protein untuk membentuk sistem EC Komposit.

Berdasarkan adanya perbedaan kinerja yang signifikan antar polimer, jelas teridentifikasi adanya *trade-off* fungsional yang saling melengkapi. Polimer karbohidrat dan protein menunjukkan superioritas dalam pertahanan struktural dan kemampuan barrier gas (mekanisme penting untuk mengontrol respirasi), sementara polimer lipid adalah yang paling unggul dalam membentuk barrier uap air, yang sangat penting untuk mengendalikan transpirasi. Oleh karena itu, strategi formulasi yang paling optimal dalam teknologi *Edible Coating* (EC) adalah melalui pendekatan EC komposit (campuran) yang dirancang untuk menyatukan kelebihan dari masing-masing polimer. Formulasi komposit yang ideal (misalnya perpaduan antara Pati jagung dengan lilin lebah) bertujuan menciptakan lapisan EC yang secara simultan memiliki *Water Vapor Permeability* (WVP) yang rendah karena integrasi lipid, namun tetap mempertahankan kekuatan mekanik yang baik dan barrier gas yang kuat karena komponen polisakarida.

### **3.2. Kontrol Transpirasi: Dominasi Peran Polimer Lipid**

Transpirasi, atau proses kehilangan uap air merupakan faktor paling dominan dalam menyebabkan penurunan kualitas dan mempersingkat umur simpan komoditas pascapanen, khususnya saat disimpan pada suhu ruang (Devi et al., 2024). Dalam mengatasi masalah ini, polimer lipid mengambil peran utama dalam pengendalian transpirasi. Fungsi unggulan ini disebabkan oleh kemampuan lipid untuk secara drastis menurunkan nilai *Water Vapor Permeability* (WVP) lapisan *Edible Coating* (EC). Secara teknis, WVP berfungsi sebagai parameter kunci yang mengukur seberapa efisien uap air dapat menembus film pelindung. Kinerja ini didorong oleh sifat non-polar alami lipid, yang secara inheren menciptakan matriks yang sangat resisten terhadap difusi molekul air yang bersifat polar.

### **3.2.1. Lilin Lebah (*Beeswax*) sebagai *Water Barrier Superior***

Polimer lipid, terutama lilin lebah terbukti menjadi yang paling efisien sebagai agen anti-transpirasi. Keunggulan ini berasal dari sifatnya yang sangat hidrofobik (anti-air), yang secara langsung menghasilkan lapisan *Edible Coating* dengan nilai *Water Vapor Permeability* (WVP) yang sangat rendah (Devi et al., 2024). Sebagai parameter penting, WVP mengukur seberapa banyak uap air yang dapat menembus lapisan pelindung, sifat non-polar alami lipid menjamin matriks yang sangat resisten terhadap difusi molekul air polar. Hal ini diperkuat oleh studi kasus pada tomat sebagai komoditas yang terkenal dengan laju transpirasi tinggi. Aplikasi EC berbasis lilin lebah pada dosis 25 g menunjukkan persentase susut bobot paling minimal dan berhasil mempertahankan kekerasan buah secara optimal selama 30 hari penyimpanan pada suhu dingin (Rudiyanto & Shah, 2023). Temuan serupa juga diperkuat oleh pengujian lain pada tomat yang menggunakan lilin lebah dan kolang-kaling, di mana EC terbukti secara signifikan menunda penurunan mutu dan susut bobot dibandingkan kelompok kontrol (Syahrozy et al., 2022). Selain itu, efek sinergis lipid juga terlihat jelas pada mentimun, di mana kombinasi minyak Moringa dan lilin lebah terbukti sangat efektif dalam mengurangi laju kehilangan air dan menjaga kualitas fisik produk tersebut (Al-Rashdi et al., 2024).

### **3.2.2. Minyak Nabati sebagai Alternatif Lipid**

Emulsi yang menggunakan minyak kelapa sawit (*palm oil*) dalam formulasi *oil-in-water* juga menunjukkan potensi yang menjanjikan. Sebuah studi menunjukkan bahwa konsentrasi minyak kelapa sawit 1% yang diaplikasikan pada tomat terbukti menjadi dosis yang paling optimal dalam mempertahankan mutu dan menekan susut bobot buah hingga batas akhir waktu penyimpanan (Mutia et al., 2024). Mekanisme di balik kinerja ini secara dasar serupa dengan yang terjadi pada lilin lebah, yaitu pembentukan lapisan hidrofobik yang sangat efektif dalam memblokir transfer uap air dari permukaan produk, sehingga laju transpirasi dapat dikendalikan.

## **3.3. Kontrol Respirasi dan Retensi Tekstur oleh Polimer Karbohidrat**

Fungsi utama polimer polisakarida dalam *Edible Coating* terletak pada kemampuannya untuk memodifikasi atmosfer mikro di sekitar permukaan buah. Walaupun diakui lemah sebagai penghalang uap air (karena sifat hidrofiliknya), polisakarida sangat efisien dalam membatasi pertukaran gas, khususnya oksigen dan karbon dioksida. Lapisan film semi-selektif ini secara efektif menciptakan efek *Modified Atmosphere Packaging* (MAP) secara *in-situ* (di tempat). Mekanisme ini sangat penting karena pembatasan asupan oksigen ke jaringan buah mampu menekan laju respirasi seluler dan menunda transisi klimakterik buah (yaitu proses pematangan dan pelunakan cepat) (Garnida & Taufik, 2022). Dengan menekan laju respirasi, proses degradasi makromolekul, termasuk hidrolisis pektin yang bertanggung jawab atas pelunakan dinding sel, akan melambat, sehingga kekerasan (*firmness*) dan tekstur buah dapat dipertahankan untuk periode yang lebih panjang.

### **3.3.1. Pati Lokal dan Pertahanan Kekerasan**

Potensi polimer polisakarida telah teruji pada berbagai komoditas. Studi menunjukkan bahwa Pati Biji Nangka sangat efektif pada jambu biji merah, di mana

lapisan *Edible Coating* (EC) berbasis pati 1,1% menghasilkan susut bobot yang sangat rendah (hanya 1,56%) dan secara signifikan menunda pelunakan buah hingga 10 hari (Ifmalinda et al., 2024). Selain itu, hasil serupa juga didapatkan pada jambu biji yang dilapisi pati dari kulit ubi kayu (Usni et al., 2016), yang sekaligus membuktikan besarnya potensi pemanfaatan pati yang berasal dari limbah agroindustri. Kemudian, aplikasi pati singkong (ubi kayu) pada buah tomat menunjukkan dampak positif dalam mempertahankan kekerasan buah dan memperlambat laju pematangan alami (Arsyadita et al., 2025; Kartini et al., 2023). Terdapat juga variabilitas fungsional yang signifikan antar-jenis pati, yaitu penelitian pada tomat menunjukkan bahwa EC berbasis pati pisang fe'i memberikan hasil terbaik. Dibandingkan dengan pati sagu dan pati ubi kayu, pati pisang fe'i unggul dalam mempertahankan kekerasan, kandungan Vitamin C, total asam, dan pigmen likopen hingga 15 hari penyimpanan (Tetelepta et al., 2019).

### **3.3.2. Kekuatan Mekanik EC Komposit**

Aplikasi pada produk terolah minimal (*fresh-cut*) yang sangat rentan, karena integritas lapisan pelindung sangat penting, *Edible Coating* (EC) memerlukan kekuatan mekanik yang jauh lebih unggul. Oleh karena itu, pengembangan EC komposit menjadi solusi yang terbaik. Penggunaan komposit bertujuan untuk mengatasi kelemahan struktural polisakarida atau protein murni. Hal ini sesuai dengan studi terdahulu bahwa, pati sagu dengan penambahan selulosa bakterial (pada apel potong) bertindak sebagai agen penguat struktural. Selulosa bakterial meningkatkan kekuatan mekanik film dan juga memperbaiki fungsi *barrier* uap air, mengatasi kelemahan utama pati murni (Agustin & Cahyanto, 2024). Selain itu, kombinasi pati singkong dan gelatin tulang ayam (dengan tambahan ekstrak andaliman) menghasilkan peningkatan signifikan pada kekuatan tarik (*Tensile Strength*) film EC. Selain itu, terjadi penurunan *Water Vapor Transmission Rate* (WVT), yang merupakan indikasi langsung bahwa lapisan EC yang dihasilkan menjadi lebih kuat dan memiliki barrier air yang lebih baik (Erde et al., 2022).

### **3.4. Edible Coating Aktif: Retensi Nutrisi dan Perlindungan Antimikroba**

Konsep *Edible Coating* (EC) aktif merupakan evolusi dari EC konvensional. EC aktif dicapai melalui proses penginkorporasian senyawa bioaktif, seperti minyak atsiri, ekstrak tumbuhan (misalnya ekstrak jahe, minyak sereh, atau *Aloe vera*), atau zat antioksidan spesifik ke dalam matriks polimer. Tujuan dari modifikasi ini adalah untuk memberikan manfaat fungsional yang tidak hanya sekadar fungsi barrier fisik sederhana (seperti kontrol transpirasi dan respirasi). Dengan adanya senyawa aktif, lapisan EC mampu memberikan perlindungan tambahan, misalnya melalui aktivitas antimikroba (menghambat pertumbuhan jamur atau bakteri) atau antioksidan (menghambat degradasi pigmen dan vitamin), yang sangat krusial untuk mempertahankan kualitas sensori dan nutrisi produk pascapanen (Erde et al., 2022).

#### **3.4.1. Sinergi Antioksidan Alami**

Integrasi senyawa bioaktif telah membuktikan kemampuan untuk meningkatkan kinerja EC. Ekstrak jahe merah menjadi aditif yang sangat efektif dalam mempertahankan mutu. Sebagai contoh, EC pati jagung dengan konsentrasi ekstrak

jahe merah 7% yang diaplikasikan pada tomat menjadi perlakuan terbaik karena mampu mempertahankan kekerasan dan menunda pelunakan secara signifikan (Ritonga et al., 2024). Khasiat ini berasal dari tingginya kandungan gingerol dan shogaol dalam jahe merah, yang berfungsi sebagai antioksidan kuat yang melindungi Vitamin C dan pigmen buah dari degradasi oksidatif (Ritonga et al., 2024). Selain itu, pada produk *fresh-cut* yang rentan, seperti apel potong, EC berbasis gelatin yang diperkaya dengan ekstrak lidah buaya (150%) dan teh hijau (15%) menunjukkan hasil terbaik. Kombinasi ini efektif dalam memperlambat tren pelunakan dan, yang terpenting, menghambat pertumbuhan mikroba selama penyimpanan dingin. Hal ini menegaskan peran krusial aditif bioaktif dalam pengawetan produk terolah minimal (Amiri et al., 2018). Kemudian, pada buah klimakterik seperti langsung, EC berbasis pati umbi porang dengan penambahan ekstrak lengkuas merah juga berhasil menekan laju respirasi dan mengurangi susut bobot (Nurlatifah et al., 2017). Senyawa aktif dalam lengkuas merah memberikan kontrol fisiologis sekaligus perlindungan tambahan terhadap kontaminasi.

### **3.4.2. Senyawa Antimikroba**

Penambahan minyak atsiri dan ekstrak yang kaya agen antimikroba merupakan tahapan penting untuk menciptakan EC aktif dengan manfaat perlindungan terbaik. Seperti minyak sereh, minyak atsiri ini terkenal karena aktivitas antimikrobanya yang kuat. Kombinasi EC emulsi lilin lebah dengan penambahan minyak sereh dan minyak wijen pada tomat, misalnya, terbukti efektif memperpanjang umur simpan buah. Kinerja ini menunjukkan adanya efek perlindungan sinergis antara barrier fisik lilin lebah yang menahan transpirasi, dengan aktivitas antimikroba minyak atsiri yang menekan kontaminasi (Isam et al., 2023). Aplikasi EC aktif yang serupa pada paprika merah juga memperkuat temuan ini. Formulasi dengan pati sagu dan minyak sereh mampu mempertahankan kandungan Vitamin C dan secara efektif menekan pertumbuhan total mikroba selama periode penyimpanan (Yumeina et al., 2023). Bukti lain ditemukan pada EC komposit berbasis pati singkong dan gelatin tulang ayam. Penambahan ekstrak andaliman tidak hanya berhasil meningkatkan kekuatan film (*Tensile Strength*) komposit, tetapi juga menunjukkan zona hambat yang signifikan terhadap bakteri patogen seperti *S. aureus* dan *E. coli*. Hal ini mengindikasikan bahwa formulasi aktif ini memiliki fungsi ganda dalam meningkatkan mutu sekaligus keamanan pangan (Erde et al., 2022).

### **3.5. Aplikasi Praktis dan Keberlanjutan**

Dari perspektif keberlanjutan, aplikasi *Edible Coating* (EC) menawarkan nilai tambah yang signifikan. Banyak penelitian saat ini berfokus pada upaya pemanfaatan limbah agroindustri yang melimpah sebagai sumber polimer utama (Selvam et al., 2025; Yudiyanti & Matsjeh, 2020). Contoh nyata bagaimana limbah diubah menjadi biopolimer fungsional antara lain adalah pemanfaatan pati yang berasal dari kulit singkong (Yudiyanti & Matsjeh, 2020) dan biji nangka (Ifmalinda et al., 2024) adalah contoh nyata bagaimana limbah dapat diubah menjadi biopolimer fungsional. Mengenai teknik aplikasi, metode pencelupan (*dipping*) menjadi pilihan yang paling umum dan sering digunakan karena kemudahan serta kepraktisannya. Namun, untuk menjamin efikasi yang maksimum, penentuan konsentrasi optimal polimer dan aditif

yang diinkorporasikan adalah kunci. Sebagaimana yang telah dibahas sebelumnya, konsentrasi spesifik, seperti 25 g lilin lebah, 1,1% pati biji nangka, dan 7% ekstrak jahe merah, telah terbukti menghasilkan kinerja terbaik dalam studi yang relevan (Ifmalinda et al., 2024; Ritonga et al., 2024; Rudiyanto & Shah, 2023).

## KESIMPULAN

Teknologi *Edible Coating* (EC) yang memanfaatkan polimer alami telah terbukti menjadi strategi penanganan pascapanen yang sangat efektif dan menjanjikan. Pendekatan ini secara mendasar berfungsi untuk mengurangi kerugian pascapanen pada komoditas hortikultura tropis melalui kontrol simultan terhadap transpirasi dan respirasi.

1. Lipid (lilin lebah) sangat unggul dalam mengendalikan transpirasi (susut bobot), sementara karbohidrat/pati (pati singkong, pati biji nangka) sangat unggul dalam mengontrol respirasi dan mempertahankan kekerasan/tekstur.
2. Inkorporasi senyawa bioaktif antioksidan (jahe merah, *aloe vera*) dan antimikroba (minyak sereh, andaliman) menciptakan *coating* aktif yang melindungi kualitas gizi (vitamin c, likopen) dan menjamin keamanan pangan, memperpanjang masa simpan secara signifikan.
3. Pemanfaatan limbah agroindustri sebagai sumber pati untuk EC menunjukkan kontribusi besar teknologi ini terhadap bioekonomi sirkular.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agustin, S., & Cahyanto, M. N. (2024). Aplikasi Edible coating Pati Sagu dengan Penguat Selulosa Bakterial Terhadap Karakteristik Buah Apel Potong Application of Sago Starch – Bacterial Cellulose Reinforced Edible coating on Fresh-cut Apple Characteristics. *AGRITEKNO: Jurnal Teknologi Pertanian Laman*, 13(2), 166–173.
- Al-Rashdi, S., Al-Subhi, N., Al-Dairi, M., & Pathare, P. B. (2024). Effect of A Moringa Oil – Beeswax Edible Coating on the Shelf-Life and Quality of Fresh Cucumber. *Processes*, 12, 1–16.
- Amiri, S., Akhavan, H. R., Zare, N., & Radi, M. (2018). EFFECT OF GELATIN-BASED EDIBLE COATINGS INCORPORATED WITH ALOE VERA AND GREEN TEA EXTRACTS ON THE SHELF-LIFE OF FRESH-CUT APPLE. *Ital. J. Food Sci*, 30, 61–74.
- Anjali, M., & Susantun, I. (2023). Analisis pengaruh modal, tenaga kerja, lama usaha dan jam kerja yang mempengaruhi pendapatan pada UMKM Coffee Shop di Kecamatan Mandau, Kabupaten Bengkalis, Provinsi Riau. *Jurnal Kebijakan Ekonomi Dan Keuangan*, 2(1), 58–63. <https://doi.org/10.20885/jkek.vol2.iss1.art7>
- Arsyadita, T., Yenny, R. F., & Rohmawati, I. (2025). PENGARUH EDIBLE COATING BERBASIS PATI SINGKONG DAN SUHU PENYIMPANAN TERHADAP MASA SIMPAN TOMAT ( *Lycopersicum esculentum* Mill .). *Jurnal Ilmiah Membangun Desa Dan Pertanian (JIMDP)*, 2748(105).
- Devi, L. S., Jaiswal, A. K., & Jaiswal, S. (2024). Lipid incorporated biopolymer based edible films and coatings in food packaging : A review. *Current Research in Food*

- Science*, 8(February), 100720. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2024.100720>
- Erde, A. R., Julianti, E., & Sinaga, H. (2022). Optimasi edible film dari pati singkong dan gelatin tulang ayam dengan penambahan ekstrak andaliman. *Agrointek*, 16(4), 485–498. <https://doi.org/10.21107/agrointek.v16i4.13580>
- Garnida, Y., & Taufik, Y. (2022). The Effect of Edible Coating Material Formulation and Storage Long on The Response of Tomato ( *Solanum Lycopersicum L.* ) at Cooling Temperature ( *Lycopersicon Esculentum Mill.* ). *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 8(5), 2399–2409. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v8i5.2101>
- Hasdar, M., Nalinanon, S., Nirmal, N. P., Petcharat, T., & Sriket, C. (2025). Indonesian Journal of Science & Technology Sustainable Goat Skin Gelatin-Based Edible Coatings Incorporated with Konjac Glucomannan: Physicochemical Properties and Preservation Efficacy on Strawberries. *Indonesian Journal of Science & Technology*, 11, 59–80.
- Ifmalinda, Anggraini, R., & Andasurya. (2024). KAJIAN EDIBLE COATING PATI BIJI NANGKA TERHADAP MUTU BUAH JAMBU BIJI ( *Psidium guajava L.* ) (Study of Edible Coating Jackfruit Seed Starch on Guava Fruit ( *Psidium guajava L.* )) Ifmalinda, Ramah Anggraini, Andasuryani. *Jurnal Teknologi Pertanian Andalas*, 28(2018).
- Isam, Z., Khodijah, N. S., & Kusmiadi, R. (2023). APLIKASI EDIBLE COATING EMULSI LILIN LEBAH CAMPURAN MINYAK WIJEN DAN MINYAK SEREH PADA BUAH TOMAT ( *Solanum lycopersicum Mill.* ). *Enviagro, Jurnal Pertanian Dan Lingkungan*, 9(1), 24–32.
- Kartini, Hayati, R., & Hasanudin. (2023). PENGARUH EDIBLE COATING PATI SINGKONG DAN UMUR SIMPAN TERHADAP KUALITAS BUAH TOMAT ( *Solanum lycopersicum L.* ). *J. Floratek*, 18, 62–72.
- Meindrawan, B., Suyatma, N. E., Muchtadi, T. R., & Iriani, E. S. (2017). Aplikasi Pelapis Bionanokomposit berbasis Karagenan untuk Mempertahankan Mutu Buah Mangga Utuh. *Jurnal Keteknikan Pertanian*, 5(1), 89–98.
- Mutia, R., Rifqah, R. A., & Antika, V. A. (2024). APLIKASI EMULSI (O/W) BERBAGAI KONSENTRASI MINYAK KELAPA SAWIT SEBAGAI EDIBLE COATING PADA BUAH TOMAT ( *Solanum lycopersicum L.* ). *Jurnal Teknologi Dan Industri Pertanian Indonesia*, 16(01), 27–35.
- Nurlatifah, Cakrawati, D., & Nurcahyani, P. R. (2017). APLIKASI EDIBLE COATING DARI PATI UMBI PORANG DENGAN PENAMBAHAN EKSTRAK LENGKUAS MERAH PADA BUAH LANGSAT. *EDUFORTECH*, 2(1).
- Pebri, E., Putra, D., Larassati, D. P., Pinem, H. P., Sylvia, T., Subara, D., Trimo, U., & Thamrin, E. S. (2025). Pengaruh Aplikasi Edible Coating Pati Jagung dengan Penambahan Lilin Lebah terhadap Mutu Buah Pisang Ambon ( *Musa paradisiaca var . sapientum L.* ). *Teknotan*, 19(2), 131–138. <https://doi.org/10.24198/jt.vol19n2.8>
- Ritonga, D. S. P., Harun, N., Efendi, R., & Dewi, Y. K. (2024). EDIBLE COATING PATI JAGUNG DENGAN PENAMBAHAN EKSTRAK JAHE MERAH UNTUK MEMPERPANJANG UMUR SIMPAN TOMAT ( *LYCOPERSICUM ESCULENTUM* ). *Jurnal Teknologi Dan Industri Pertanian Indonesia*, 16(02), 1–9.
- Rosida, D. F., Hapsari, N., & Dewati, R. (2021). *EDIBLE COATING DAN FILM DARI BIOPOLIMER BAHAN ALAMI TERBARUKAN*. CV. Mitra Abisatya.

- Rudiyanto, W. N. S. H. W. I., & Shah, R. M. (2023). *Effect of edible beeswax coating on tomato ( Solanum lycopersicum ) postharvest quality*. 10.
- Selvam, T., Rahman, N. M. M. A., Olivito, F., Ilham, Z., Ahmad, R., & Imad, W. A. A. Q. W.-M. (2025). Agricultural Waste-Derived Biopolymers for Sustainable Food Packaging : Challenges and Future Prospects. *Polymers*, 1–52.
- Syahrozy, E., Khamidah, N., & Santoso, U. (2022). Teknologi Edible Coating dari Lilin Lebah ( Beeswax ) dan Kolang Kaling ( Arenga pinata Merr .) terhadap Mutu Buah Tomat ( Lycopersicum esculentum L .). *Agrotek View*, 5(2), 96–107.
- Tetelepta, G., Picauly, P., Polnaya, F. J., Breemer, R., & Augustyn, G. H. (2019). Pengaruh Edible Coating Jenis Pati Terhadap Mutu Buah Tomat Selama Penyimpanan Effects of Starch Type-Based Edible Coatings on the Quality of Tomato Fruit During Storage. *Agritekno, Jurnal Teknologi Pertanian*, 8(1), 29–33. <https://doi.org/10.30598/jagritekno.2019.8.1.29>
- Usni, A., Karo-karo, T., & Yusraini, E. (2016). PENGARUH EDIBLE COATING BERBASIS PATI KULIT UBI KAYU The Effect of Edible Coating Based on Starch of Cassava Pell on The Quality and Shelf Life of Guava fruits at Room Temperature. *Ilmu Dan Teknologi Pangan*, 4(3), 293–303.
- Yudiyanti, I., & Matsjeh, S. (2020). Aplikasi Edible Coating Pati Kulit Singkong ( Manihot utilisima Pohl . ) pada Tomat ( Solanum Lycopersicum L .) serta Uji Kadar Total Fenol dan Kadar Vitamin C sebagai Sumber Belajar. *BIODIK: Jurnal Ilmiah Pendidikan Biologi*, 6, 159–167.
- Yumeina, D., Faridah, S. N., & Angraini, A. S. A. (2023). The effect of sago starch-based edible coating on the quality of red bell peppers ( Capsicum Annuum L .) during storage. *Earth and Environmental Science*, 1–14. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1230/1/012176>