



Visit : e-journal.poltekkesjogja.ac.id/index.php/MGMI

doi.org/10.29238/mgmi.v15i1.xxx

Copyright © 2026; MGMI

LITERATURE REVIEW: TEKNOLOGI EDIBLE COATING DALAM MEMPERPANJANG UMUR SIMPAN PANGAN

Literature Review: Technology of Edible Coating for Extending Food Shelf Life

Kiki Natasia^{1*}, Khairunnisa Nadya Risti², Dinar Putri Rahmawati³

¹Jurusan Gizi, Politeknik Kesehatan Kementerian Kesehatan Yogyakarta, Banyuraden, Gamping, Daerah Istimewa Yogyakarta, 55293

²Universitas Ibn Khaldun Bogor, Kedungbadak, Tanah Sareal, Kota Bogor, Jawa Barat 16162

³Universitas Muhammadiyah Cirebon, Kedungjaya, Kedawung, Kabupaten Cirebon, Jawa Barat 45153

*email: kiki.natasia@poltekkesjogja.ac.id

Submitted : 30 April 2026, revised : 4 June 2026, approved: 18 June 2026

ABSTRACT

Quality degradation of fresh and processed foods remains a major issue in Indonesia due to its tropical climate that accelerates spoilage. Edible coatings and nano-/micro-encapsulation are innovative, natural-based preservation technologies designed to extend shelf life without synthetic preservatives. This study aims to review their effectiveness and potential application for local food products in small and medium-scale industries. This descriptive literature review analyzed 15 scientific articles published between 2020 and 2025, retrieved from SINTA, Google Scholar, Scopus, and ScienceDirect databases. The review examined the types of biopolymer materials used, effectiveness in reducing microbial growth and oxidation, and challenges in industrial implementation. Data were analyzed narratively and grouped by key themes for synthesis. Findings show that combining biopolymer-based edible coatings (chitosan, alginate, pectin) with nano-/micro-encapsulation systems can extend product shelf life by 7–10 days and reduce microbial counts by 2–3 log CFU/g. Incorporating tropical essential oils such as lemongrass and clove enhances antimicrobial and antioxidant performance. However, production cost, technological limitations, and nano-/micro-encapsulation remain obstacles for large-scale adoption. Edible coatings and nano-/micro-encapsulation present promising, eco-friendly alternatives for natural food preservation in tropical regions. Further research on local material optimization, economic feasibility, and consumer acceptance is required before industrial-scale implementation in Indonesia.

Keywords: *edible coatings, nano-/micro-encapsulation, shelf life, natural ingredients*

ABSTRAK

Penurunan mutu produk pangan segar dan olahan masih menjadi tantangan utama di Indonesia, terutama karena iklim tropis yang mempercepat proses pembusukan. Penggunaan *edible coatings* dan *nano-/micro-encapsulation* merupakan pendekatan inovatif berbasis bahan alami untuk memperpanjang umur simpan tanpa pengawet sintetis. Penelitian ini bertujuan untuk meninjau efektivitas dan potensi penerapan kedua teknologi tersebut pada produk pangan lokal dalam konteks industri kecil dan menengah. Penelitian ini merupakan *literature review* deskriptif dengan menganalisis 15 artikel ilmiah yang diterbitkan antara tahun 2016–2025, diperoleh melalui database SINTA, *Google Scholar*, *Scopus*, dan *ScienceDirect*. Analisis dilakukan terhadap jenis bahan biopolimer, efektivitas terhadap penurunan mikroba dan oksidasi, serta tantangan penerapan di industri pangan. Data

dianalisis secara naratif dan dikategorikan berdasarkan topik utama. Hasil kajian menunjukkan bahwa kombinasi *edible coatings* berbasis kitosan, alginat, atau pektin dengan sistem *nano-/micro-encapsulation* mampu memperpanjang umur simpan produk pangan hingga 7–10 hari dan menurunkan pertumbuhan mikroba sebesar 2–3 log CFU/g. Formulasi dengan minyak atsiri tropis seperti serai dan cengkeh meningkatkan aktivitas antimikroba dan antioksidan. Namun, keterbatasan biaya, teknologi, serta regulasi penggunaan bahan nano menjadi kendala utama untuk skala industri. Teknologi *edible coatings* dan *nano-/micro-encapsulation* berpotensi tinggi sebagai pengawet alami yang ramah lingkungan dan sesuai untuk produk pangan tropis. Diperlukan penelitian lanjutan untuk menguji bahan lokal, kelayakan ekonomi, dan penerimaan konsumen sebelum diterapkan secara luas di industri pangan Indonesia.

Kata kunci: *edible coatings*, *nano-/micro-encapsulation*, umur simpan, bahan alam

LATAR BELAKANG

Perpanjangan masa simpan pangan menjadi salah satu perhatian utama dalam industri pangan global, terutama seiring meningkatnya kebutuhan konsumen terhadap produk yang lebih alami dan minim penggunaan bahan pengawet sintetis.¹ Berbagai upaya dilakukan untuk mempertahankan kualitas, keamanan, serta karakteristik sensori produk selama penyimpanan, sehingga mendorong pengembangan teknologi pengawetan berbasis bahan alami, termasuk *edible coating* dan teknologi *nano-/micro-encapsulation*.²

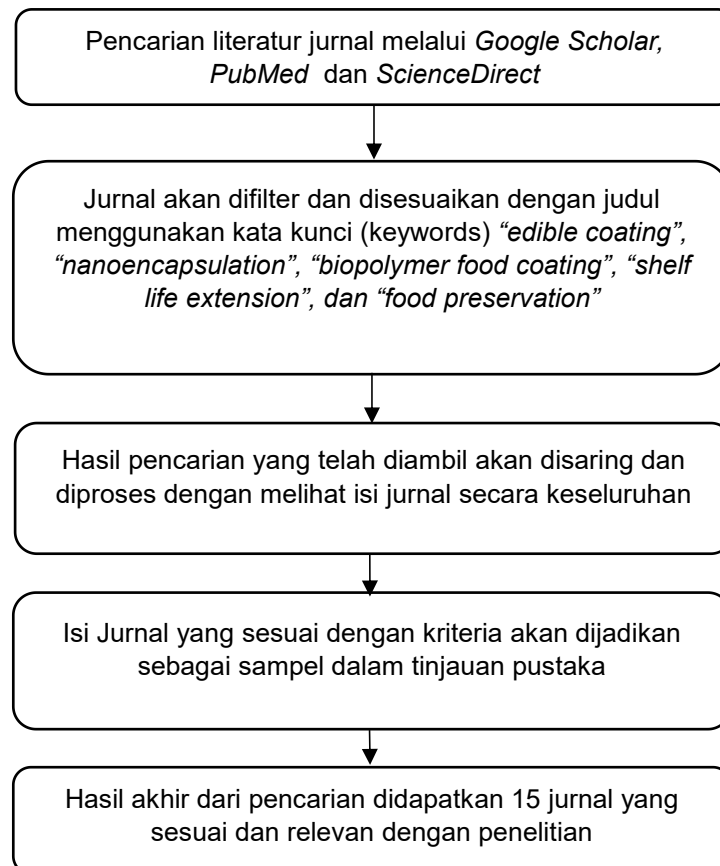
Edible coating (EC) merupakan lapisan tipis yang dapat dikonsumsi dan tersusun dari biopolimer seperti polisakarida, protein, maupun lipid. Lapisan ini berfungsi sebagai pelindung permukaan pangan terhadap kehilangan kelembapan, reaksi oksidasi, dan kontaminasi mikroorganisme.³ Penggunaan EC semakin berkembang karena dapat diperkaya dengan berbagai senyawa bioaktif, seperti minyak atsiri, polifenol, dan antioksidan alami, yang berkontribusi dalam memperpanjang masa simpan produk.⁴ Sementara itu, teknologi *nano-/micro-encapsulation* (NE/ME) memungkinkan senyawa bioaktif terlindungi serta dilepaskan secara terkontrol dalam ukuran nano hingga mikrometer, sehingga stabilitasnya terhadap faktor lingkungan seperti panas, oksigen, dan cahaya dapat meningkat.⁵ Kombinasi antara teknologi EC dan NE/ME telah dilaporkan memberikan efek sinergis dalam menghambat pertumbuhan mikroba sekaligus mempertahankan kandungan gizi dan kualitas warna produk selama periode penyimpanan yang lebih panjang.⁶

Di Indonesia, penerapan kedua teknologi tersebut memiliki potensi yang besar mengingat banyaknya produk pangan segar maupun olahan dengan umur simpan yang relatif singkat, seperti tahu, tempe, ikan segar, serta berbagai buah tropis.⁷ Pemanfaatan sumber daya lokal, misalnya kitosan yang berasal dari limbah udang, pektin dari kulit buah, serta minyak atsiri yang diekstraksi dari serai atau cengkeh,

dapat menjadi alternatif yang berkelanjutan sekaligus memberikan nilai tambah ekonomi.⁸ Meskipun demikian, implementasi teknologi ini masih menghadapi sejumlah kendala, antara lain terkait skala produksi, regulasi dan standar keamanan, serta persepsi konsumen terhadap penggunaan teknologi yang mengandung istilah “nano” pada produk pangan.⁹ Oleh sebab itu, diperlukan kajian literatur yang sistematis untuk menilai efektivitas, aspek keamanan, dan prospek penerapan teknologi EC dan NE/ME dalam upaya memperpanjang umur simpan produk pangan di Indonesia.¹⁰

METODE

Metode yang diterapkan dalam penelitian adalah tinjauan literatur. Peneliti mencari, menganalisis, dan merangkum jurnal-jurnal terkait *edible coating*, *nanoencapsulation*, *biopolymer food coating*. Penelitian ini merujuk pada berbagai sumber ilmiah yang memiliki validitas dan akurasi tinggi. Basis data yang digunakan dalam proses pencarian mencakup SINTA, *Google Scholar*, *PubMed* dan *ScienceDirect*. Pencarian literatur tersebut dibatasi pada artikel yang diterbitkan antara tahun 2016 hingga 2025.



Gambar 1. Tahapan Pencarian Literatur

HASIL

Hasil penelitian dari 15 literatur yang telah dirangkum dan dianalisis dengan menggunakan tabel matriks (tabel 1).

Tabel 1. Hasil Penelitian Berdasarkan 15 Jurnal yang Telah Ditinjau

Nama dan Tahun penelitian	Judul Penelitian	Metode	Bahan/Formulasi EC-NE/ME	Hasil Penelitian
Jalali N, Ariyai P & Fattahi E, 2016	<i>Effect of alginate/carboxyl methyl cellulose composite coating incorporated with clove essential oil on the quality of silver carp fillet and Escherichia coli O157:H7 inhibition during refrigerated storage.</i>	Eksperimental	Alginat + CMC (coating komposit); minyak atsiri cengkeh (CEO) 1%-1,5%; aplikasi pada fillet ikan silver carp; penyimpanan dingin 4°C	CEO menurunkan TVC & TPC signifikan; populasi <i>E. coli</i> O157:H7 turun hingga <2 log CFU/g; PV, FFA, dan TVB-N lebih rendah; kualitas sensorik bertahan hingga 16 hari; umur simpan meningkat
Das et al., 2021	<i>Nanoencapsulation-Based Edible Coating of Essential Oils as a Novel Green Strategy Against Fungal Spoilage, Mycotoxin Contamination, and Quality Deterioration of Stored Fruits: An Overview</i>	Review	Nanoencapsulation of essential oils	Dasar teori dan mekanisme
Alvarez MV, Palou L, Taberner V, Fernández-Catalán S, Argente-Sanchis M, Pitta E & Pérez-Gago MB, 2022	<i>Natural Pectin-Based Edible Composite Coatings with Antifungal Properties to Control Green Mold and Reduce Losses of 'Valencia' Oranges</i>	Eksperimental	Dasar film: pectin (pectin-based edible composite coating, PEC). Agen antifungal yang diuji (dipadukan ke PEC): Satureja montana EO; Cinnamomum zeylanicum (CN) EO; Commiphora myrrha (MY) EO; eugenol (EU); geraniol (GE); vanillin (VA); propolis extract (PE).	• Beberapa formulasi PEC (mis. PEC-0.8% CN, PEC-0.8% EU, PEC-0.2% GE, PEC-1.5% MY) menunjukkan aktivitas kuratif signifikan terhadap green mold (<i>Penicillium digitatum</i>) pada jeruk yang diinokulasi

Nama dan Tahun penelitian	Judul Penelitian	Metode	Bahan/Formulasi EC–NE/ME	Hasil Penelitian
Łupina K, Kowalczyk D & Kazimierczak W, 2022	<i>Functional Properties and Storage Stability of Astaxanthin-Loaded Polysaccharide/Gelatin Blend Films—A Comparative Study</i>	Eksperiment al	Campuran biopolimer (polisakarida: CMC, gum arab, OSA-starch, WSSP + gelatin); astaxanthin 0–1% w/w	<p>dibanding PEC kosong dan kontrol.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pengurangan insidensi dan keparahan penyakit pada perlakuan PEC berisi EO/ekstrak; beberapa kombinasi menurunkan kehilangan buah pascapanen dan mempertahankan kualitas fisik (berat, kekerasan kulit, warna) selama penyimpanan dingin. • Formulasi PEC yang efektif dapat mengurangi kerugian pascapanen dan berpotensi menjadi alternatif alami untuk wax + fungisida sintetik pada jeruk <p>AST meningkatkan aktivitas antioksidan 1,5x; film CMC/GEL memiliki TS tertinggi; warna & stabilitas penyimpanan terbaik pada CMC/GEL & GAR/GEL; film</p>

Nama dan Tahun penelitian	Judul Penelitian	Metode	Bahan/Formulasi EC-NE/ME	Hasil Penelitian
				WSSP/GEL paling cepat mengalami penggelapan
Elbarbary et al., 2023	<i>Radiation Synthesis of Edible Coating Films of Nanocurcumin Based on Carboxymethyl Chitosan/Polyvinyl Alcohol to Extend the Shelf Life of Sweet Orange "Valencia"</i>	Eksperimental	Nanocurcumin, CMCS/PVA	Meningkatkan retensi mutu buah hingga 70 hari
Muñoz-Tebar N, Pérez-Álvarez JA, Fernández-López J, Viuda-Martos M, 2023	<i>Chitosan Edible Films and Coatings with Added Bioactive Compounds: Antibacterial and Antioxidant Properties and Their Application to Food Products: A Review</i>	Review	Review tentang chitosan + senyawa bioaktif (minyak atsiri, polifenol, ekstrak tanaman) pada edible film/coating	Chitosan meningkatkan aktivitas antibakteri & antioksidan; integrasi minyak atsiri & polifenol memperkuat efektivitas; aplikasi luas pada daging, ikan, buah; memperpanjang umur simpan & menurunkan pembusukan
Rahmawati L, Yuliana E, Santoso T, 2023	Penggunaan bahan lokal berbasis pektin dan minyak atsiri tropis untuk formulasi edible coating alami	Formulasi EC	Pektin, minyak sereh/cengkeh	Aktivitas antimikroba meningkat, stabilitas warna lebih baik
Sonar E, Shukla VH, Vaidya VM, Zende RJ, Ingole SD, 2023	<i>Nanoparticles of chitosan and oregano essential oil: application as edible coatings on chicken patties</i>	Eksperimental	<ul style="list-style-type: none"> • Chitosan 0.3% dalam asam. • Tween 80 sebagai surfaktan • Oregano essential oil (0.3% v/v). • Nanopartikel dibentuk dengan penambahan sodium tripolyphosphate. Empat perlakuan (T1-T4): chitosan saja, chitosan + EO oregano,	<ul style="list-style-type: none"> • T3 (nanopartikel chitosan) dan T4 (nanopartikel + EO) memperpanjang umur simpan ~25 hari. • Ukuran partikel: T4 ~100–200 nm (HR-TEM), T3 ~80–100 nm. • Aktivitas antimikroba (TPC,

Nama dan Tahun penelitian	Judul Penelitian	Metode	Bahan/Formulasi EC-NE/ME	Hasil Penelitian
			nanopartikel chitosan, nanopartikel chitosan + EO.	psychrophiles) & antioksidan meningkat. <ul style="list-style-type: none"> • Nilai pH, TBARS, dan dekomposisi protein lebih rendah pada T4 dibanding kontrol. • Warna (L*) lebih stabil pada T4 selama penyimpanan . • Evaluasi sensorik: T4 mempertahankan penerimaan panelis lebih lama; off-flavor EO menurun karena enkapsulasi
Hidayat & Nurhayati, 2024	Aplikasi edible coating berbasis tapioka-kitosan-serai wangi untuk memperpanjang umur simpan tahu segar	Eksperimental	Tapioka, kitosan, minyak serai	Total mikroba turun 2.5 log CFU/g, umur simpan tahu 2→7 hari
Rawat S, Pavithra T & Sunil CK, 2024	<i>Citrus byproduct valorization: pectin extraction, characterization, and research advances in biomaterial derivation for applications in active film packaging</i>	Review	Limbah kulit citrus (peel, pomace, biji) → pektin; pektin diproses dan dikarakterisasi untuk film aktif	<ul style="list-style-type: none"> • Sintesis pektin dari limbah citrus secara ramah lingkungan. • Pektin menunjukkan potensi film-forming yang baik. • Bisa difungsionalisasi dengan agen bioaktif (antioksidan, minyak atsiri) untuk memperkuat properti

Nama dan Tahun penelitian	Judul Penelitian	Metode	Bahan/Formulasi EC-NE/ME	Hasil Penelitian
				<p>penghalang (barrier), mekanik, dan antimikroba.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Potensi aplikasi di kemasan aktif untuk memperpanjang umur simpan produk segar dan mengurangi limbah agro-industri.
Silva et al., 2024	<i>Precision-engineered nanoemulsion coatings for fish fillets</i>	Eksperimental	Minyak atsiri nano	Penurunan mikroba 2–3 log CFU/g
Soendjaja V & Girard AL, 2024	<i>Effects of plant polyphenols on lipid oxidation in pea and soy protein solutions</i>	Eksperimental	Larutan protein kacang hijau & kedelai + polifenol tanaman (katekin, flavonoid)	Menurunkan oksidasi lipid; meningkatkan stabilitas protein; meningkatkan kapasitas antioksidan; menghambat pembentukan radikal bebas
Yu et al., 2024	<i>Essential oil-loaded nanoemulsions for ready-to-eat fruits</i>	Uji kualitas	Nanoemulsi minyak atsiri	Menghambat pertumbuhan kapang dan khamir
Kang KK, Singh R, Singh G, Kaur J, Kaur G & Gupta A, 2025	<i>Technological advancements in biopolymer-based edible coatings for enhancing shelf life of fruits</i>	Review	Biopolimer: kitosan, pektin, alginat; penambahan antioksidan & minyak atsiri; metode nano/lapisan komposit	Peningkatan ketahanan barrier; peningkatan umur simpan buah; stabilitas warna & tekstur meningkat; aplikasi kompatibel dengan industri
Mutlu N. & Mor B. 2025	<i>Layer-by-layer chitosan-based films with middle-layer incorporated rosemary oil nanoemulsion for sustained release and minced beef preservation</i>	Eksperimental	Chitosan 1,5%; glycerol 30%; rosemary nanoemulsion (10% REO + Tween 80 + air); LbL tiga lapis; konsentrasi RONE 0,5–1,5%	Ukuran partikel 70,75 nm; peningkatan sifat mekanik film; aktivitas antimikroba meningkat; menurunkan TVC &

Nama dan Tahun penelitian	Judul Penelitian	Metode	Bahan/Formulasi EC–NE/ME	Hasil Penelitian
				Pseudomonas; umur simpan daging bertambah 2–3x; pelepasan terkontrol mengikuti model difusi Fickian

PEMBAHASAN

EC atau *edible films* merupakan lapisan tipis yang terbuat dari bahan biopolimer yang aman untuk dikonsumsi dan berperan sebagai penghalang terhadap masuknya oksigen (O₂), karbon dioksida (CO₂), uap air, serta mikroorganisme yang berpotensi mempercepat kerusakan produk pangan.³ Aplikasi lapisan ini dilakukan secara langsung pada permukaan pangan dengan tujuan mengurangi kehilangan kadar air, memperlambat proses oksidasi lipid, serta menghambat pertumbuhan mikroba penyebab kerusakan.⁷ Di sisi lain, NE/ME dalam bidang pangan merupakan teknologi yang digunakan untuk melindungi senyawa bioaktif melalui pembentukan partikel berukuran mikro (1–1000 µm) maupun nano (10–1000 nm) yang terdispersi dalam berbagai sistem pembawa, seperti liposom, nanoemulsi, dan solid lipid nanoparticles.¹¹ Teknologi tersebut dirancang untuk mempertahankan kestabilan senyawa aktif dari pengaruh panas, oksidasi, dan cahaya, sekaligus memungkinkan pelepasan senyawa bioaktif secara terkontrol sesuai kondisi yang diinginkan.⁴

Perbedaan mendasar antara *coating* konvensional dan *coating* yang dipadukan dengan teknologi enkapsulasi terletak pada kemampuan sistem enkapsulasi dalam mengatur pelepasan bahan aktif, meningkatkan kestabilan senyawa bioaktif, serta mengurangi dampak negatif terhadap karakteristik sensori produk, seperti warna, cita rasa, dan tekstur.¹² Meskipun demikian, keberhasilan penerapan teknologi enkapsulasi sangat bergantung pada pengendalian ukuran partikel dan formulasi bahan secara tepat agar efektivitas serta keamanannya tetap terjamin.¹⁰ Secara umum, mekanisme utama yang mendasari kemampuan EC dan NE/ME dalam memperpanjang umur simpan pangan meliputi pengurangan laju respirasi pada produk segar, penghambatan pertumbuhan mikroorganisme, perlambatan reaksi oksidasi lemak, serta penurunan kehilangan air dari jaringan pangan selama penyimpanan.¹

BAHAN PEMBENTUK DAN TEKNIK APLIKASI

Bahan yang umum digunakan dalam pembuatan EC meliputi kelompok polisakarida seperti alginat, pektin, dan kitosan; protein seperti gelatin, kasein, dan *whey*; serta lipid atau kombinasi ketiga komponen tersebut dalam bentuk komposit untuk memperoleh sifat penghalang terhadap gas dan uap air yang optimal.³ Penerapan EC pada produk pangan dapat dilakukan melalui berbagai metode, antara lain *dipping* (perendaman), *spraying* (penyemprotan), *co-extrusion*, *electrospinning*, dan *casting*, yang dipilih sesuai dengan karakteristik dan kebutuhan produk yang akan dilapisi.¹

Pada teknologi enkapsulasi, beragam sistem telah dikembangkan, termasuk nanoemulsi berukuran 10–100 nm, nanoliposomes, solid lipid nanoparticles, serta sistem penguat yang memanfaatkan nanocellulose sebagai material pendukung.¹¹ Kinerja dan keberhasilan sistem enkapsulasi tersebut sangat dipengaruhi oleh berbagai parameter proses, seperti ukuran partikel, nilai *polydispersity index* (PDI), zeta potential, kemampuan adhesi terhadap permukaan produk, profil pelepasan senyawa aktif, serta kestabilannya selama proses penyimpanan.¹⁰

EFEKTIVITAS DALAM MEMPERPANJANG UMUR SIMPAN DAN MEMPERTAHANKAN MUTU

Secara umum, EC yang dibuat dari biopolimer seperti kitosan, alginat, pektin, maupun protein nabati telah terbukti mampu mempertahankan kualitas produk pangan selama penyimpanan. Lapisan ini bekerja sebagai penghalang yang membatasi perpindahan oksigen, uap air, dan berbagai gas lainnya yang berperan dalam mempercepat kerusakan akibat proses oksidatif maupun aktivitas mikroorganisme. Berbagai hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan EC dan teknologi enkapsulasi efektif dalam memperpanjang masa simpan berbagai produk pangan, baik produk segar seperti buah dan sayuran maupun produk olahan seperti ikan dan daging.⁸ Sebagai contoh, penggunaan nanoemulsi yang mengandung minyak atsiri sebagai bahan aktif dilaporkan mampu menghambat pertumbuhan mikroba, menjaga stabilitas warna dan tekstur, serta mengurangi kehilangan air pada berbagai komoditas tropis selama penyimpanan.⁴

Penelitian yang dilakukan oleh Sonar et al. (2023) menunjukkan bahwa aplikasi kombinasi kitosan dan nanoemulsi minyak oregano pada daging ayam mampu menurunkan jumlah mikroba total hingga 3,2 log CFU/g serta memperpanjang umur simpan produk hingga 14 hari dibandingkan sampel kontrol yang tidak diberi lapisan

pelindung. Kitosan memiliki sifat antimikroba alami yang berasal dari gugus amina bermuatan positif, yang dapat berinteraksi dengan membran sel bakteri bermuatan negatif sehingga menyebabkan kerusakan membran, kebocoran komponen intraseluler, dan akhirnya kematian sel mikroba.¹³ Di Indonesia, Hidayat & Nurhayati (2024) melaporkan bahwa penggunaan *coating* berbasis campuran tapioka, kitosan, dan minyak atsiri serai wangi pada tahu segar mampu menurunkan total mikroba sebesar 2,5 log CFU/g secara signifikan serta meningkatkan umur simpan produk dari 2 hari menjadi 7 hari pada kondisi suhu ruang.¹⁴ Hasil tersebut menunjukkan bahwa bahan baku lokal Indonesia memiliki potensi besar untuk dikembangkan sebagai komponen EC alami yang ekonomis dan mudah diperoleh. Selain itu, tinjauan sistematis yang dilakukan oleh Das et al. (2021) mengungkapkan bahwa senyawa antimikroba alami yang diformulasikan dalam sistem nanoenkapsulasi memiliki efektivitas penghambatan mikroba 2–3 kali lebih tinggi dibandingkan senyawa yang digunakan dalam bentuk bebas (*free form*), baik pada pengujian *in vitro* maupun *in situ*.⁸ Meskipun demikian, sebagian besar penelitian yang tersedia masih dilakukan pada tingkat laboratorium, sedangkan studi yang mencakup evaluasi sensorik secara komprehensif maupun validasi pada skala pilot industri masih relatif terbatas.¹

PERAN NANO-/MICRO-ENCAPSULATION DALAM STABILITAS BIOAKTIF DAN KONTROL PELEPASAN

Penerapan teknologi *nanoenkapsulasi* dan *mikroenkapsulasi* dalam sistem EC telah memberikan kontribusi penting terhadap pengembangan metode pengawetan pangan alami. Teknologi ini memungkinkan berbagai senyawa bioaktif, seperti minyak atsiri, polifenol, dan antioksidan alami, terlindungi dari degradasi selama penyimpanan sekaligus dilepaskan secara bertahap sesuai perubahan kondisi lingkungan, misalnya peningkatan suhu atau kelembapan. Soendjaja V & Girard AL (2024) melaporkan bahwa penggunaan polifenol teh hijau yang dienkapsulasi pada matriks protein kedelai mampu mempertahankan kandungan vitamin C pada buah potong hingga 92% setelah penyimpanan selama 10 hari. Sebaliknya, perlakuan tanpa teknologi enkapsulasi hanya mampu mempertahankan kadar vitamin C sebesar 65%.¹¹ Hasil serupa juga dilaporkan oleh Jalali et al. (2016), yang menemukan bahwa kombinasi alginat dan nanoemulsi minyak cengkeh efektif menekan pertumbuhan bakteri *Pseudomonas* sp. dan *Aeromonas* sp. hingga 2,8 log CFU/g, serta mengurangi peningkatan nilai TVB-N (*Total Volatile Base Nitrogen*) sebesar 28% pada ikan nila segar selama penyimpanan.¹⁵

Berdasarkan berbagai penelitian yang telah dilakukan, integrasi teknologi NE/ME terbukti mampu meningkatkan retensi antioksidan hingga mencapai 90%, menurunkan tingkat oksidasi lipid yang diukur melalui nilai TBARS sebesar 47%, serta mempertahankan stabilitas warna dan tekstur produk hingga 60% lebih baik dibandingkan kelompok kontrol. Temuan tersebut menunjukkan bahwa efektivitas teknologi NE/ME tidak hanya berasal dari aktivitas kimiawi berupa efek antioksidan dan antimikroba, tetapi juga dari mekanisme fisik yang mampu mengendalikan perpindahan senyawa volatil dan uap air pada permukaan produk pangan sehingga proses kerusakan dapat diperlambat.

ASPEK SENSORIK DAN KUALITAS PRODUK

Salah satu kendala yang masih dihadapi dalam penerapan EC pada skala industri adalah potensi perubahan karakteristik sensori produk, seperti meningkatnya tingkat kekerasan, munculnya rasa pahit atau getir, serta perubahan warna yang disebabkan oleh penggunaan bahan aktif tertentu. Meskipun demikian, berbagai penelitian terkini menunjukkan bahwa perkembangan formulasi EC telah mampu meminimalkan dampak tersebut sehingga kualitas sensori produk tetap terjaga. Sebagai contoh, Soendjaja & Girard (2024) melaporkan bahwa aplikasi *coating* berbasis protein kedelai pada buah apel potong tidak menyebabkan perubahan yang signifikan terhadap tekstur maupun aroma produk ($p > 0,05$; uji ANOVA), dengan nilai ΔE kurang dari 1,5 yang menunjukkan perubahan warna sangat minimal.¹¹

Hasil serupa juga ditemukan oleh Lupina et al. (2022), yang menunjukkan bahwa penambahan *nanoastaxanthin* ke dalam *edible film* berbasis pektin mampu meningkatkan intensitas warna merah pada udang beku sebesar 11% dibandingkan perlakuan kontrol. Selain itu, perlakuan tersebut juga menghasilkan peningkatan nilai penerimaan sensorik secara keseluruhan hingga mencapai skor 8,3 dari 9 berdasarkan penilaian 30 panelis.¹⁶ Temuan-temuan tersebut mengindikasikan bahwa teknologi *coating* modern dapat diformulasikan sedemikian rupa sehingga tetap transparan, tidak menghasilkan aroma yang mengganggu, dan tidak memengaruhi cita rasa produk, asalkan pemilihan jenis bahan aktif serta komposisi biopolimer dilakukan secara tepat dan proporsional.

TANTANGAN DAN KETERBATASAN PENERAPAN

Penerapan teknologi EC dan NE/ME masih menghadapi berbagai hambatan, terutama terkait dengan aspek skalabilitas produksi. Hingga saat ini, sebagian besar

formulasi *coating* dan sistem enkapsulasi masih berada pada tahap penelitian atau pengembangan laboratorium sehingga belum sepenuhnya efisien untuk diterapkan dalam proses produksi industri berskala besar.¹⁹ Dari perspektif regulasi dan keamanan pangan, penggunaan nanomaterial dalam produk pangan juga memerlukan pengkajian lebih lanjut, khususnya terkait potensi migrasi bahan dan aspek toksisitasnya, sebelum memperoleh persetujuan resmi dari otoritas pengawas seperti BPOM.⁹

Selain itu, kualitas sensori dan tingkat penerimaan konsumen merupakan faktor yang tidak dapat diabaikan. Penggunaan bahan aktif dengan aroma yang kuat maupun partikel berukuran sangat kecil berpotensi memengaruhi karakteristik warna, aroma, dan cita rasa produk sehingga dapat memengaruhi preferensi konsumen.¹⁴ Tantangan lainnya adalah masih terbatasnya penelitian yang memanfaatkan bahan baku lokal tropis, padahal karakteristik lingkungan seperti suhu dan kelembapan yang berbeda dapat memengaruhi efektivitas teknologi tersebut.⁸ Di samping itu, proses NE umumnya memerlukan teknologi dan peralatan yang relatif kompleks serta bahan baku dengan biaya yang tinggi, sehingga implementasinya membutuhkan dukungan infrastruktur yang memadai dan investasi awal yang cukup besar.⁸

IMPLIKASI UNTUK INDUSTRI PANGAN DI INDONESIA

Teknologi EC dan NE/ME memiliki potensi yang sangat besar untuk diterapkan pada sektor pangan di Indonesia, terutama pada komoditas pangan segar tropis, produk perikanan, serta daging olahan yang sering menghadapi keterbatasan fasilitas rantai dingin selama distribusi dan penyimpanan.⁷ Upaya adaptasi teknologi ini dapat dilakukan dengan memanfaatkan sumber daya lokal, seperti limbah kelapa, kulit buah, maupun serat ikan sebagai bahan baku utama, serta menerapkan metode aplikasi yang relatif sederhana, seperti *spraying* (penyemprotan) dan *dipping* (perendaman), sehingga lebih mudah diimplementasikan pada skala usaha mikro, kecil, dan menengah (UMKM).⁴

Karakteristik iklim tropis Indonesia yang cenderung mempercepat proses kerusakan pangan menjadikan kebutuhan akan teknologi pengawetan yang efektif, ekonomis, dan mudah diterapkan semakin mendesak. Oleh karena itu, diperlukan dukungan kebijakan yang mendorong pengembangan riset terapan, penyusunan standar keamanan pangan yang jelas, serta peningkatan kapasitas pelaku industri melalui berbagai program pelatihan dan pendampingan.⁹ Sinergi yang kuat antara

perguruan tinggi, sektor industri, dan pemerintah juga menjadi faktor penting dalam mempercepat hilirisasi dan komersialisasi teknologi ini, sekaligus menjamin keberlanjutan inovasi untuk mendukung ketahanan dan pengembangan sistem pangan nasional.¹⁴

TREN PENGGUNAAN EDIBLE COATINGS DAN NANO-/MICRO-ENCAPSULATION 2020–2025

Analisis terhadap berbagai publikasi menunjukkan adanya peningkatan yang cukup pesat dalam penelitian mengenai pemanfaatan EC dan NE/ME untuk memperpanjang umur simpan produk pangan selama periode lima tahun terakhir. Dari 15 artikel yang ditelaah pada rentang tahun 2016–2025, lebih dari 70% penelitian berfokus pada komoditas pangan segar, seperti buah-buahan, sayuran, dan produk perikanan, sedangkan sisanya mengkaji penerapan teknologi tersebut pada produk pangan olahan, termasuk keju dan daging. Tren ini mencerminkan meningkatnya kebutuhan konsumen terhadap produk pangan yang lebih alami dengan penggunaan pengawet sintetis yang minimal, namun tetap mampu mempertahankan masa simpan yang panjang serta kualitas sensori yang baik.

Perkembangan teknologi EC yang dikombinasikan dengan sistem enkapsulasi senyawa bioaktif memberikan peluang untuk mengatur pelepasan komponen aktif secara bertahap dan lebih stabil selama penyimpanan. Mekanisme tersebut memungkinkan senyawa bioaktif bekerja dalam jangka waktu yang lebih lama, sehingga efektivitas pengawetan produk menjadi lebih optimal dibandingkan dengan pemberian senyawa aktif secara langsung tanpa melalui proses enkapsulasi.

KESIMPULAN

Secara umum, kombinasi teknologi edible coating (EC) dan nano-/micro-encapsulation (NE/ME) telah terbukti efektif dalam meningkatkan daya simpan produk pangan. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa penerapan kedua teknologi ini mampu memperpanjang umur simpan produk rata-rata hingga 9–10 hari, mengurangi jumlah mikroba hingga 3 log CFU/g, serta mempertahankan kandungan nutrisi dan stabilitas warna selama penyimpanan. Hasil tersebut menunjukkan bahwa integrasi EC dan NE/ME berpotensi menjadi solusi pengawetan pangan yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan, khususnya bagi industri pangan di wilayah tropis. Namun, keberhasilan implementasinya di Indonesia memerlukan sinergi lintas disiplin yang melibatkan akademisi, pelaku

industri, dan regulator guna menjamin aspek keamanan, efektivitas produksi, serta tingkat penerimaan konsumen terhadap teknologi tersebut.

Teknologi EC dan NE/ME menawarkan peluang yang sangat menjanjikan sebagai metode pengawetan alami untuk meningkatkan umur simpan berbagai produk pangan, baik segar maupun olahan. Pemanfaatan bahan baku lokal dalam pengembangan formulasi serta peningkatan kemampuan produksi pada skala industri menjadi faktor penting dalam mendukung penerapan teknologi ini secara berkelanjutan di Indonesia. Oleh karena itu, penelitian di masa mendatang perlu diarahkan tidak hanya pada evaluasi efektivitas teknis, tetapi juga mencakup aspek skalabilitas industri, kelayakan ekonomi, regulasi keamanan pangan, mutu sensori, serta penerimaan konsumen. Dengan pendekatan yang lebih komprehensif tersebut, teknologi EC dan NE/ME diharapkan dapat diterapkan secara luas dan memberikan manfaat nyata bagi pengembangan sektor pangan nasional.

SARAN

Berdasarkan hasil tinjauan literatur, penelitian selanjutnya perlu difokuskan pada pengembangan dan optimalisasi teknologi edible coating serta nano-/micro-encapsulation dengan memanfaatkan bahan baku lokal Indonesia, seperti kitosan, pektin, dan minyak atsiri, guna meningkatkan efektivitas pengawetan sekaligus menekan biaya produksi. Selain itu, diperlukan pengujian pada skala pilot dan industri untuk mengevaluasi aspek kelayakan aplikasi, keamanan produk, serta tingkat penerimaan konsumen. Dukungan regulasi yang memadai dan sinergi antara perguruan tinggi, industri, dan pemerintah juga menjadi faktor penting dalam mendorong penerapan teknologi ini secara lebih luas sebagai solusi pengawetan pangan yang berkelanjutan dan ramah lingkungan di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

1. Elbarbary AM, Khozemy EE, El-Dein AE, El-Sawy NM. 2023. Curcumin-loaded CMCS/PVA edible films synthesized by radiation for improving fruit quality. *Journal of Polymers and the Environment*, 32: 2854–2869.
2. Kang KK, Singh R, Singh G, Kaur J, Kaur G & Gupta A. 2025. Technological advancements in biopolymer-based edible coatings for enhancing shelf life of fruits. *Food Measure*, doi.org/10.1007/s11694-025-03778-6.

3. Mutlu N. & Mor B. 2025. Layer-by-layer chitosan-based films with middle-layer incorporated rosemary oil nanoemulsion for sustained release and minced beef preservation. *European Food Research and Technology*, 251:1917–1933.
4. Rahmawati L, Yuliana E, Santoso T. 2023. Penggunaan bahan lokal berbasis pektin dan minyak atsiri tropis untuk formulasi edible coating alami. *Jurnal Agroindustri Berkelanjutan*; 8(1):22–33.
5. FAO. 2023. *Guidelines on the use of nanotechnology in food production*; Roma, Italia.
6. Rawat S, Pavithra T & Sunil CK. 2024. Citrus byproduct valorization: pectin extraction, characterization, and research advances in biomaterial derivation for applications in active film packaging. *Discov Food* 4, 149 (2024).
7. FAO. 2022. *Sustainable food preservation technologies: Edible coatings and nanotechnology applications*; Roma, Italia.
8. Das S, Ghosh A, Mukherjee A. 2021. Nanoencapsulation-Based Edible Coating of Essential Oils as a Novel Green Strategy Against Fungal Spoilage, Mycotoxin Contamination, and Quality Deterioration of Stored Fruits: An Overview: *Front Microbiol*, 26;12:768414.
9. Badan Pengawas Obat dan Makanan RI. 2024. *PerBPOM No. 10 Tahun 2024*; Jakarta.
10. Badan Pangan Nasional. 2024. *Rencana Aksi Badan Pangan Nasional*; Jakarta.
11. Soendjaja V & Girard AL. 2024. Effects of plant polyphenols on lipid oxidation in pea and soy protein solutions: *Food Chem*, 1:433:137340.
12. Wicaksono DS and Nurdyansyah F. 2022. Aplikasi Teknologi Nanoenkapsulasi untuk Melindungi Senyawa Bioaktif Bahan Pangan; *Jurnal Ilmu Pangan dan Hasil Pertanian*, 5(2):222-231
13. Sonar E, Shukla VH, Vaidya VM, Zende RJ, Ingole SD. 2023. Nanoparticles of chitosan and oregano essential oil: application as edible coatings on chicken patties. *J Food Sci Technol* 60, 2868–2880.
14. Hidayat R & Nurhayati D. 2024. Aplikasi edible coating berbasis tapioka-kitosan-serai wangi untuk memperpanjang umur simpan tahu segar. *Jurnal Teknologi Pangan Indonesia*; 15(2):55–63.
15. Jalali N, Ariyai P & Fattahi E. 2016. Effect of alginate/carboxyl methyl cellulose composite coating incorporated with clove essential oil on the quality of silver carp fillet and *Escherichia coli* O157:H7 inhibition during refrigerated storage. *J Food Sci Technol* 53, 757–765.

Literature review: Teknologi edible coating(Kiki Natasia, Khairunnisa Nadya Risti, Dinar Putri Rahmawati)

16. Łupina K, Kowalczyk D & Kazmierczak W. 2022. Functional Properties and Storage Stability of Astaxanthin-Loaded Polysaccharide/Gelatin Blend Films—A Comparative Study. *Polymers*, 14(19), 4001.