

Strategi Mengelola Kemasan Cerdas pada Pangan

Strategies Managing Smart Packaging For Food Application

Evita Riviani Achmadi^{1*}

¹ Alumni Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Jl. Flora, Bulaksumur, Sleman, DIY

* Email korespondensi : evita.achmadi@gmail.com

ABSTRACT

Traditional packaging will be shifting to innovative packaging due to significantly growing to new trend following increasing consumers awareness correlated with food safety, quality and traceability. Through the proper application of packaging system, this requirement can be managed to give functional properties to packaging. Smart packaging is the part of innovative packaging which give synergism functional properties between active and intelligent packaging. The application of smart packaging in the food industry requires an appropriate, effective and efficient mapping and management strategy so that the benefits can be felt in a sustainable manner. This mapping and management strategy can be carried out by assessing the main factors that support smart packaging applications in food products. Implementation smart packaging using appropriate strategy will have positive impact on supply chain sustainability, quality improvement, safety, traceability, authentication, integration and can be used as an alternative to the use of food preservatives and additives. Strategy implementation must be considerate smart packaging concept which bring consumer perspective about benefit and value adding functional properties of smart packaging. The selection of packaging materials, technology and packaging techniques must be suitable with characteristics and categories of food to provide method which can manage and maintain smart packaging in food application. Application smart packaging in food has challenges which arise from a number of obstacles encountered, which can be overcome properly if the management strategy for implementing smart packaging is planned in a comprehensive manner so that parties involved in the food supply chain experience optimal benefits.

Keywords: smart packaging, intelligent packaging, active packaging

ABSTRAK

Kemasan tradisional akan beralih ke kemasan inovatif karena tumbuh secara signifikan ke tren baru seiring dengan meningkatnya kesadaran konsumen yang berkorelasi dengan keamanan pangan, kualitas dan ketertelusuran. Melalui penerapan sistem pengemasan yang tepat, kebutuhan ini dapat dikelola untuk memberikan sifat fungsional pada kemasan. Kemasan pintar adalah bagian dari kemasan inovatif yang memberikan sifat fungsional sinergis antara kemasan aktif dan cerdas. Penerapan kemasan pintar dalam industri pangan membutuhkan pemetaan dan strategi pengelolaan yang tepat, efektif dan efisien agar manfaatnya dapat dirasakan secara berkelanjutan. Pemetaan dan strategi pengelolaan ini dapat dilakukan dengan menilai faktor-faktor utama yang mendukung penerapan kemasan pintar pada produk pangan. Implementasi kemasan pintar dengan strategi yang tepat akan berdampak positif pada keberlanjutan supply chain, peningkatan kualitas, keamanan, ketertelusuran, autentikasi, integrasi dan dapat digunakan sebagai alternatif penggunaan bahan pengawet dan aditif makanan. Implementasi strategi harus mempertimbangkan konsep kemasan pintar yang membawa perspektif konsumen tentang manfaat dan nilai tambah sifat fungsional dari kemasan pintar. Pemilihan bahan pengemas, teknologi dan teknik pengemasan harus sesuai dengan karakteristik dan kategori makanan untuk menyediakan metode yang dapat mengatur dan memelihara kemasan cerdas dalam aplikasi makanan. Penerapan kemasan pintar pada makanan memiliki tantangan yang muncul dari beberapa kendala yang dihadapi, yang dapat diatasi dengan baik jika strategi manajemen penerapan smart packaging direncanakan secara komprehensif sehingga pihak-pihak yang terlibat dalam rantai pasok makanan merasakan manfaat yang optimal.

Kata kunci: kemasan pintar, kemasan cerdas, kemasan aktif

Pendahuluan

Fungsi pengemas pada makanan mengalami perkembangan pesat seiring dengan kebutuhan konsumen terhadap kualitas dan keamanan makanan. Kesadaran konsumen akan kualitas dan keamanan pangan dapat ditingkatkan dengan pemahaman mengenai informasi yang diberikan melalui label pada pengemas makanan. Label pada pengemas memberikan informasi yang berkaitan dengan bahan – bahan yang digunakan dalam formulasi produk, kandungan gizi, cara penyajian dan data lain yang mendukung rantai pasok produk tetap terjaga dengan baik. Pengemas memiliki nilai fungsional yang dapat dikategorikan berdasarkan jenis material pengemas maupun teknik yang digunakan dalam proses pengemasan makanan. Pemilihan material pengemas, teknologi dan teknik pengemasan harus sesuai dengan karakteristik dan kategori makanan, sehingga produk tersebut memiliki kualitas yang baik dan aman dikonsumsi oleh konsumen.

Perkembangan jenis pengemas disesuaikan dengan peningkatan kebutuhan konsumen terhadap kualitas, keamanan dan ketertelusuran makanan yang dikonsumsi. Selain itu, dibutuhkan cara yang efektif dan efisien dalam memenuhi kebutuhan bisnis dengan menjaga dan mempertahankan kualitas makanan melalui rantai pasok dan mengurangi food loss maupun food waste. Fungsi pengemas sebagai pelindung, wadah, identifikasi, komunikasi, kenyamanan pengguna dan menarik pasar dapat ditingkatkan dengan melakukan inovasi pada pengemas. Inovasi pengemas pada makanan bertujuan untuk meningkatkan, mengkombinasi atau memperluas empat fungsi utama pada pengemasan tradisional. Empat fungsi utama tersebut adalah perlindungan, komunikasi, kenyamanan dan wadah (Yam, Takhistov, dan Miltz, 2005; Vanderroost et al, 2014). Fungsi perlindungan dengan menjaga produk dalam volume terbatas, mencegah kebocoran atau pecah dan melindungi produk dari kontaminasi dan perubahan. Fungsi kenyamanan yang memungkinkan konsumen untuk mengonsumsi produk sesuai dengan cara yang diinginkan dan nyaman mereka. Pengemas pangan juga dapat didesign berdasarkan gaya hidup individu seperti kesesuaian porsi dan kemudahan dibawa. Fungsi pengemas sebagai wadah memberi kemudahan dalam hal transportasi dan penanganan. Fungsi komunikasi dengan mengkomunikasikan hal penting mengenai apa yang terkandung dalam makanan termasuk didalamnya nutrisi maupun guidelines mengenai penyajian produk.

Food labeling merupakan salah satu bentuk komunikasi yang difasilitasi oleh pengemas. Peraturan BPOM No. 1 Tahun 2022 tentang Pengawasan Klaim Pada Label dan Iklan Pangan Olahan mendefinisikan label pangan olahan yang selanjutnya disebut label adalah setiap keterangan mengenai pangan olahan yang berbentuk gambar, tulisan, kombinasi keduanya, atau bentuk lain yang disertakan pada pangan olahan, dimasukkan ke dalam, ditempelkan pada, atau merupakan bagian kemasan pangan. Hal ini sangat penting diketahui oleh konsumen untuk meningkatkan kepedulian konsumen terhadap kualitas, keamanan, nutrisi dan nilai fungsional dari makanan yang mereka konsumsi. Selain itu, trend masa depan yang menuntut kehidupan yang dinamis dan serba cepat mendorong perubahan gaya hidup ke arah konsumsi makanan siap makan. Hal ini mendorong inovasi pengembangan pengemas yang memberikan nilai tambah dengan meningkatkan daya simpan produk, memberikan kemampuan ketertelusuran dan potensi pengemas yang mampu mensubstitusi bahan pengawet yang biasa ditambahkan kedalam formulasi makanan.

Perubahan fungsi pengemas yang awalnya hanya meliputi empat fungsi utama (perlindungan, kenyamanan, wadah dan komunikasi), kini berubah menjadi fungsi yang memberikan nilai tambah terhadap keberlangsungan produk tersebut dalam rantai pasok. Pergeseran fungsi tersebut mendasari

pergeseran konsep pengemasan tradisional menjadi pengemasan inovatif. Pengemasan tradisional menerapkan pemilihan jenis material dan teknik pengemasan untuk memenuhi empat fungsi utama tersebut, sedangkan pengemasan inovatif mampu meningkatkan, mengkombinasikan dan memperluas fungsi utama dari pengemasan tradisional. Salah satu pengemasan inovatif yang digunakan saat ini adalah smart packaging. Menurut Vanderroost et al (2014), smart packaging merupakan konsep yang melibatkan intelligent dan active packaging yang dapat memonitor perubahan internal dan eksternal yang terjadi pada makanan (intelligent) dan respon lebih lanjut (active) dengan mengkomunikasikannya melalui external interface (elektrik atau optik). Tujuan utama dari penerapan smart packaging adalah untuk memperpanjang umur simpan dan menjaga kesegaran produk, menyampaikan informasi mengenai kualitas produk pada konsumen, meningkatkan keamanan produk dan meningkatkan ketertelusuran selama berpindah melewati rantai pasok.

Pemahaman penerapan smart packaging pada makanan sebagai bagian dari pengemasan inovatif sangat berpengaruh terhadap keberhasilan pencapaian tujuan fungsionalnya. Hal ini, bukan hanya berkaitan dengan kesiapan ilmu pengetahuan dan teknologi dalam pengembangan dan produksinya, akan tetapi juga berkaitan dengan kesiapan masyarakat sebagai pengguna dan penerima manfaat dari pengemasan inovatif. Dengan demikian perlu beberapa pendekatan terkait dengan hal tersebut antara lain: i) pemahaman mengenai perbedaan antara pengemasan inovatif dengan pengemasan tradisional; ii) konsep smart packaging iii) perspektif konsumen terhadap smart packaging iv) fungsi smart packaging v) tantangan penerapan smart packaging.

Perbedaan Pengemasan Tradisional Dan Inovatif

Inovasi pengemas pangan tidak hanya berkaitan dengan ilmu dan teknologi yang memberikan kontribusi terhadap peningkatan dan perluasan empat fungsi dasar dari pengemasan tradisional. Akan tetapi, juga kontribusinya terhadap keberlanjutan lingkungan yang terbebas dari sampah dan sisa pengemas dari makanan. Pemilihan pengemas yang ramah lingkungan juga mempertimbangkan beberapa aspek yang berhubungan dengan perlindungan produk (kualitas dan keamanan), penampakan (promosi dan design pengemas) dan produksi (ekstraksi, pembentukan, pencetakan dan pengemasan). Pengemas harus dibuat sedemikian rupa sehingga volume dan berat kemasan dibatasi pada jumlah minimum yang memadai untuk menjaga tingkat keamanan, kebersihan dan penerimaan yang diperlukan untuk produk dan konsumen. Inovasi dan pengembangan pengemas dalam hal material dan teknologi yang digunakan dapat dilakukan secara efisien dan efektif jika memahami konsep dari pengemasan tradisional dan inovatif. Perbedaan konsep jenis packaging tersebut, dapat membantu perusahaan, distributor maupun konsumen untuk memanfaatkan nilai tambah dan fungsional pengemas secara optimal. Pengemasan tradisional memiliki nilai fungsional dasar yang harus ada dalam spesifikasi pengemas terutama pada jenis material pengemas. Menurut Biji et al (2015), keamanan pada material penyusun pengemas tradisional dapat dipastikan dengan memilih material yang bersifat inert pada saat kontak langsung dengan produk. Sedangkan pengemasan inovatif dalam bentuk *smart packaging* seperti *active* dan *intelligent packaging* memiliki konsep interaksi yang menguntungkan antara lingkungan pengemas dan makanan untuk memberikan perlindungan terhadap makanan.

Pengemasan tradisional tidak lagi sesuai dengan peningkatan ekspektasi konsumen, kompleksitas produk, inisiatif nasional dan internasional yang berkaitan dengan pembinaan ekonomi

sirkular dan meminimalisir jejak karbon dari produk manufaktur. Hal tersebut mendorong peningkatan fungsionalitas dari pengemasan tradisional menjadi pengemasan inovatif yang dapat mengakomodasi kebutuhan tambahan konsumen yang bervariasi. Sebagai contoh, menawarkan pangan olahan dengan sedikit pengawet, produk yang sesuai dengan peningkatan persyaratan regulasi dan pengemas yang memungkinkan pelacakan dari produsen ke konsumen sebagai sarana proteksi terhadap pelanggaran hukum. Selain itu, *smart packaging* dapat mengakomodasi regulasi keamanan pangan nasional dan internasional yang ketat dan melindungi potensi ancaman dari bioterorisme pangan (Schaefer dan Cheung, 2018). Dengan kata lain, pengemasan inovatif merupakan pengemas yang mencakup fungsi dari pengemasan tradisional dengan peningkatan dan perluasan nilai fungsional disesuaikan dengan kebutuhan konsumen saat ini. Perbedaan antara pengemasan tradisional dan inovatif dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbedaan Pengemasan Tradisional dan Inovatif

Parameter	Pengemasan tradisional	Pengemasan inovatif	Referensi
Produk	Melindungi makanan dari kondisi lingkungan seperti cahaya, oksigen, kadar air, mikrobia, tekanan mekanis dan debu	Perubahan cara produksi, distribusi, penyimpanan dan penjualan makanan untuk memenuhi peningkatan permintaan konsumen dalam hal kualitas, keamanan dan memperpanjang masa simpan makanan.	Ahvenainen, 2003
Konsumen	Memastikan label yang memadai untuk menyediakan informasi kepada konsumen dan kenyamanan yang layak seperti lid mudah dibuka dan ditutup maupun mekanisme takaran saji yang sesuai.	<ul style="list-style-type: none"> • Meningkatkan keyakinan konsumen bahwa pengemas memenuhi fungsinya untuk melindungi kualitas, kesegaran dan keamanan pangan, tanpa atau paling tidak lebih sedikit dalam penggunaan aditif dan pengawet makanan. • Meningkatkan keyakinan konsumen dalam menghindari pemborosan, keracunan makanan dan mengurangi alergi 	
Market dan distribusi	<ul style="list-style-type: none"> • Mempermudah distribusi • Pemasaran yang baik, harga yang wajar, kelayakan secara teknis (sesuai untuk pengemas otomatis, <i>sealing</i> dengan mesin), sesuai untuk kontak langsung dengan makanan, tekanan lingkungan yang rendah (polusi, panas) dan 	Memenuhi peningkatan permintaan konsumen pada sustainable packaging (sumber, pengembangan, dan penggunaan pengemas merupakan solusi untuk mengurangi jejak dan dampak terhadap lingkungan)	

	sesuai untuk <i>recycling</i> atau <i>refill</i>)		
Fungsional	<ul style="list-style-type: none"> • Penghalang pasif yang didesign untuk menunda pengaruh merugikan dari lingkungan terhadap makanan • Bersifat inert ketika kontak dengan makanan, menyediakan dukungan secara fisik terhadap produk dan melindungi dari pengaruh eksternal pada saat distribusi, transportasi dan penyimpanan. • Memperpanjang masa simpan dan memfasilitasi transportasi dan marketing 	<ul style="list-style-type: none"> • Memiliki atribut yang membantu diferensiasi produk, menekankan kualitas unik dan memastikan keaslian produk • Memiliki karakteristik dengan fungsi aktif yang memungkinkan pengemas memainkan peran yang dinamis sebagai pengawet makanan (selama proses dan penyimpanan), mempertahankan kualitas dan keamanan selama distribusi. • Interaksi yang bermanfaat antara pengemas dan lingkungan dalam hal menyediakan proteksi aktif terhadap makanan 	Robertson, 2012; Drago et al, 2020; Barska and Joanna, 2016

Konsep Smart Packaging

Pengemasan inovatif dengan fungsi yang disempurnakan terus dikembangkan sebagai tanggapan atas permintaan konsumen terhadap makanan yang proses pengolahannya minimal dengan pengawet yang lebih sedikit, persyaratan peraturan yang lebih ketat, globalisasi pasar, meningkatnya kekhawatiran terhadap keamanan pangan, dan ancaman bioterorisme pangan. Smart packaging merupakan salah satu bentuk pengemasan inovatif yang diaplikasikan pada makanan untuk meningkatkan, mengkombinasikan dan memperluas fungsi utama pengemasan tradisional. Smart packaging merupakan pengemas yang memiliki kemampuan intelligent dan active sehingga dapat dijadikan solusi untuk memonitor perubahan pada produk atau lingkungan (intelligent) dan bertindak atas perubahan tersebut (active) (Otlés and Yalcin, 2008 dan Vanderroost et al, 2014)

Intelligent dan active packaging merupakan kombinasi sistem pengemasan yang memberikan pengaruh sinergisme secara fungsional pada smart packaging. Semua substansi yang sensitif terhadap perubahan karakteristik produk atau lingkungan dalam pengemas dipertimbangkan sebagai intelligent (EFSA, 2009 dalam Amin et al, 2022). Intelligent packaging tidak memperpanjang masa simpan atau meningkatkan kualitas dari makanan. Akan tetapi, dapat menelusuri kualitas pangan dan menyediakan informasi kuantitatif secara real time dalam hal perubahan warna atau parameter fisik lainnya (Chen et al 2020; Lim, 2019). Sedangkan active packaging merupakan semua substansi atau perangkat yang dapat memperpanjang umur simpan atau menjaga dan meningkatkan lingkungan pengemas (European Commission, 2004). Substansi ini dengan sengaja ditambahkan pada pengemas digunakan untuk fungsi tertentu seperti melepaskan atau menyerap CO₂, O₂, etilen, bau, flavor, antioksidan dan antimikrobia.

Menurut Drago et al (2020), teknologi utama untuk sistem intelligent packaging dibagi menjadi tiga yaitu indikator, sensor, dan data carrier. Indikator dan sensor memiliki fungsi utama memberikan informasi yang berkaitan dengan kualitas produk, sedangkan data carrier lebih terlibat dalam pengelolaan logistik rantai pasok. Sistem ini dapat ditempatkan pada kemasan primer, di dalam atau di luar, maupun pada kemasan sekunder atau tersier. Fungsi utama indikator adalah untuk mengirimkan informasi kepada konsumen terkait dengan ada atau tidak adanya zat tertentu, untuk menunjukkan apakah reaksi terjadi antara dua atau lebih komponen atau untuk memantau konsentrasi zat tertentu. Informasi ini diterjemahkan ke dalam sinyal dalam bentuk perubahan visual langsung (misalnya, intensitas warna yang berbeda atau difusi pewarna sepanjang jalur lurus), memberikan informasi kualitatif atau semikuantitatif. Persyaratan dasar suatu indikator adalah perubahan warna atau intensitas yang tidak dapat diubah. Indikator merupakan klasifikasi intelligent packaging yang sangat konsisten, paling banyak digunakan dan didasarkan pada jenis variabel yang dikontrol, sehingga dapat dikelompokkan menjadi tiga kategori makro yaitu time temperature indicator, fresh indicator, dan gas indicator. Sensor adalah perangkat yang merespons sifat kimia, biologi, atau fisik dengan memberikan sinyal terukur yang sebanding dengan pengukuran. Sensor yang ditujukan untuk aplikasi pengemas makanan dapat diklasifikasikan menjadi dua kategori makro yaitu chemical sensor dan biosensor. Masing-masing dari dua kategori ini dapat dibagi menjadi subkelas berdasarkan metode transduksi sinyal yaitu electrochemical; optical; mechanic; magnetic; termometric, dan microgravimetric.

Perangkat data carrier, juga dikenal sebagai perangkat identifikasi otomatis yang membuat aliran informasi dalam rantai pasok makanan menjadi lebih efisien, dengan keunggulan menjaga kualitas dan keamanan makanan. Perangkat data carrier tidak memberikan informasi apa pun tentang status kualitas makanan tetapi lebih ditujukan untuk otomatisasi, ketertelusuran, pencegahan pencurian, atau perlindungan pemalsuan (McFarlane dan Sheffi, 2003; Ghaani et al, 2016). Perangkat data carrier yang paling penting dalam industri pengemasan makanan adalah label barcode dan tag Radio Frequency Identification Data (RFID), yang termasuk dalam kategori utama intelligent sistem yang meningkatkan kenyamanan (Robertson, 2012)

Sistem active packaging merupakan salah satu inovasi pengemas yang meningkatkan sifat fungsional dari pengemasan makanan dengan membebaskan substansi aktif secara spesifik dan terkendali. Sistem active packaging yang diterapkan untuk meningkatkan sifat fungsional dari pengemas harus mempertimbangkan kondisi pangan. Kondisi pangan dalam definisi active packaging mencakup berbagai aspek yang mungkin berperan dalam menentukan masa simpan pangan kemasan, seperti proses fisiologis (misalnya respirasi buah dan sayuran segar), proses kimiawi (misalnya oksidasi lipid, pH), proses fisik (misal roti basi, dehidrasi), aspek mikrobiologis (misal pembusukan oleh mikroorganisme) dan infestasi (misal serangga). Melalui penerapan sistem active packaging yang tepat, kondisi ini dapat diatur dengan berbagai cara dan, tergantung pada persyaratan makanan kemasan, kerusakan makanan dapat dikurangi secara signifikan. (Azman et al, 2022; Han, 2013)

Menurut Firouz et al (2021), teknik active packaging untuk pengawetan, peningkatan kualitas dan keamanan makanan dapat dibagi menjadi dua kategori yaitu sistem scavenger dan sistem diffusion. Prinsip sistem scavenger adalah menghilangkan komponen yang tidak diinginkan seperti oksigen, karbondioksida, etilen, kelebihan air, noda dan spesifik komponen lainnya. Oxygen scavengers, ethylene scavengers dan moisture absorbers merupakan bagian dari sistem scavenger. Prinsip sistem diffusion atau emitters didasarkan pada pelepasan gas yang diinginkan ke bagian atas

kemasan untuk memberikan dampak positif pada makanan yang dikemas, memperlambat proses yang merugikan dan memperpanjang umur simpan. Carbondioxide emitter, ethanol emitter, sulfur dioxide emitter, antioxidant release dan antimicrobial packaging merupakan bagian dari sistem diffusion atau emitter. Scavengers dan emitters yang mengandung bahan pengawet, perasa, antimikroba, antioksidan dan sebagainya, merupakan salah satu teknologi terluas yang diterapkan saat ini di sektor active packaging.

Pengemasan tradisional secara fungsional menitikberatkan pada empat fungsi utama pengemas sehingga pemilihan material pengemas sangat penting bagi kualitas pengemasan tradisional. Atribut fungsional material pengemas yang harus dipenuhi untuk diterapkan pada makanan adalah sebagai berikut: Pertama, bahan kemasan harus dibuat dari zat yang tidak menyebabkan masalah Kesehatan yang dikarenakan bahan kimia beracun yang terlepas dari kemasan ke dalam produk makanan selama penyimpanan. Kedua, bahan kemasan harus memiliki sifat mekanik yang sesuai untuk aplikasi tertentu, seperti elastic modulus, yield stress, elongation at break, flexibility, and stretchability. Ketiga, bahan pengemas harus memiliki sifat penghalang yang sesuai, seperti kemampuan untuk membatasi aliran air atau minyak atau gas H_2O , O_2 , CO_2 , dan acetylene (Ahankari, et al 2021; Cheng et al, 2022). Keempat, bahan kemasan harus memiliki ketahanan terhadap kondisi lingkungan (cahaya, kelembaban, suhu, dan oksigen) sehingga terjaga keutuhannya dan memenuhi atribut fungsional selama masa simpan produk. Gambar 1 merupakan hubungan antara pengemasan tradisional dan inovatif beserta fungsi dan klasifikasinya.



Gambar 1. Hubungan antara innovative packaging dan traditional packaging

Fungsi Smart Packaging

1. Keberlanjutan Rantai Pasok Pangan

Sistem rantai pasok makanan yang efektif dan efisien mampu menurunkan resiko *food loss* dan *food waste* dalam jangka panjang. Upaya untuk menekan pemborosan makanan di seluruh rantai pasok terus dilakukan dengan beberapa tantangan yaitu infrastruktur yang tidak memadai, kurangnya upaya, peraturan, dan kolaborasi pada rantai pasok yang terlibat. Berdasarkan data BAPPENAS (2021), timbulan *food loss* dan *waste* Indonesia pada 2000 – 2019 yaitu 115-184 kg/ kapita/tahun dengan kontribusi timbulan terbesar terjadi di tahap rantai pasok konsumsi. Indonesia diklaim sebagai negara penghasil *food loss* and *waste* terbesar kedua di dunia dengan perkiraan mencapai 300 kg per kapita per tahun. *Food loss* terjadi pada tahap produksi, tahap pasca panen dan penyimpanan, serta tahap pemrosesan dan pengemasan. Sedangkan *food waste* terjadi pada tahap distribusi dan pemasaran, serta tahap konsumsi. Persentase timbulan *food loss* selama 20 tahun cenderung menurun, dari 61% pada tahun 2000 ke 45% pada tahun 2019. Sementara persentase timbulan *food waste* cenderung naik, dari 39% pada tahun 2000 ke 55% pada tahun 2019, dengan rata-rata sebesar 44%. Selain itu, ditemukan juga bahwa rata-rata emisi yang dihasilkan dari 1 ton timbulan *food waste* lebih besar sekitar 4,3 kali lipat dibandingkan emisi 1 ton timbulan *food loss*. Persentase rata-rata dalam 20 tahun untuk emisi gas rumah kaca dari *food loss* yaitu sebesar 23% dan untuk *food waste* yaitu sebesar 77%. Penyebab dan pendorong yang diklasifikasikan sebagai ‘Sangat Penting’ berupa penyebab langsung pada kurangnya implementasi *Good Handling Practice* (GHP), keterbatasan teknologi, dan kualitas kemasan/wadah yang buruk.

Berdasarkan data tersebut, *food waste* yang berasal dari tahap distribusi, pemasaran dan konsumsi memiliki kontribusi yang lebih besar dibandingkan dengan *food loss*. Dalam hal ini, sistem *smart packaging* dapat memainkan peran penting dengan meminimalkan limbah makanan dan memungkinkan pembangunan yang lebih berkelanjutan rantai pasok. Menurut Fernandez et al (2022), *smart packaging* adalah salah satu solusi yang memungkinkan untuk mengurangi emisi, meningkatkan efisiensi, memastikan keaslian dan ketertelusuran produk, serta mencegah penipuan dan pencurian. Hal tersebut didukung dengan manfaat *smart packaging* yang dapat memperpanjang umur simpan, mengurangi biaya, meningkatkan komunikasi antara produsen, distributor, dan konsumen, mengurangi kerugian, dan meningkatkan keamanan dengan mekanisme ketertelusuran yang memastikan kualitas makanan. Manfaat tersebut meluas ke rantai pasokan dan distribusi, sehingga memperoleh informasi tambahan di luar kualitas, antara lain seperti asal produk, lokasi, kondisi penyimpanan, dan tujuan akhir. Oleh karena itu, konsumen atau distributor memiliki akses terhadap informasi yang relevan dengan keselamatan dan kualitas produk.

2. Peningkatan Kualitas, Keamanan dan Ketertelusuran

Smart packaging yang terdiri dari *intelligent* dan *active packaging* memiliki fungsi utama berupa meningkatkan masa simpan, kualitas dan keamanan pangan. Peningkatan masa simpan makanan dapat dilakukan dengan penerapan *active packaging* secara teknis dengan sistem *scavenger* dan *diffusion*. Sedangkan peningkatan kualitas dan keamanan pangan dapat dilakukan dengan penerapan *intelligent packaging* melalui sistem pengendalian dan pemantauan dengan indikator, sensor dan *data carrier*. Pengembangan teknologi, material, perangkat dan sistem penginderaan multifungsi yang berpotensi dimasukkan dalam kemasan pangan merupakan cara yang efektif dan efisien untuk memastikan kualitas dan keamanan makanan. Inkorporasi perangkat (indikator, sensor, *data carrier*) dan material (*scavenger* dan *diffusion*) dalam kemasan pangan harus sesuai dengan kategori dan spesifikasi makanan. Kesesuaian tersebut mampu memberikan hasil yang optimal dalam menjaga kualitas dan keamanan pangan dengan mempertimbangkan titik kritis makanan berdasarkan

karakteristik dan proses pengolahan yang digunakan. Manfaat penerapan *intelligent* dan *active packaging* sebagai bagian dari *smart packaging* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Manfaat Penerapan *Intelligent* dan *Active Packaging*

Tipe <i>Smart Packaging</i>	Manfaat	Referensi
<i>Intelligent Packaging</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Meningkatkan sistem HACCP dan QACCP yang dikembangkan menjadi : <ol style="list-style-type: none"> 1. Tepat waktu mendeteksi makanan yang tidak aman; 2. Mengidentifikasi bahaya dan menetapkan strategi dan prosedur untuk mencegah, mengurangi, atau menghilangkan kejadiannya; 3. Mengidentifikasi proses yang sangat mempengaruhi atribut kualitas dan secara efisien meningkatkan kualitas akhir makanan. • Identifikasi, pemantauan dan pengendalian kualitas makanan. • Pemantauan produksi gas, kelembaban suhu dan pertumbuhan mikroorganisme 	Vanderroost et al, 2014; Ahmed et al, 2018; Ahmed et al, 2022; Alizadeh-Sani, et al 2020; Shao et al, 2021; Yousefi et al, 2019
<i>Intelligent dan Active Packaging</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Menjaga keutuhan dan secara aktif menghentikan atau memperlambat pembusukan makanan untuk memperpanjang umur simpan. • Meningkatkan karakteristik kualitas (kenampakan, rasa, tekstur, dan mouthfeel) dan keamanan pangan • Bereaksi secara aktif dalam menanggapi perubahan dalam lingkungan produk dan kemasan. • Memberi informasi tentang kondisi dan karakteristik kualitas makanan secara <i>realtime</i> dan akurat • Mengkomunikasikan produsen, pengecer dan konsumen tentang status kualitas dan keamanan produk • Membantu dalam pembukaan penutup dan penunjukan integritas segel. • Memastikan keaslian produk atau anti pemalsuan dan melawan pencurian. 	Han, 2013; Kuswandi dan Jumina, 2020; Ahmed et al, 2018, Ahmed et al, 2022; Janjarassakal et al, 2018; Firouz et al, 2021; Alizadeh-Sani, et al 2020; Shao et al, 2021; Sohail et al, 2021; Yousefi et al, 2019

Pengukuran kualitas makanan merupakan prioritas utama bagi industri pangan. Saat ini, tanggal kedaluwarsa telah digunakan untuk memperkirakan kualitas dan menentukan waktu penarikan makanan. Kurangnya informasi *real-time* tentang sumber makanan dan ketidakmampuan pelaporan kondisi makanan secara *real-time*, menempatkan konsumen dalam risiko penyakit akibat makanan bahkan jika mereka mengikuti peraturan standar. Di sisi lain, penarikan makanan menyebabkan limbah yang merupakan hasil lain yang tidak diinginkan dari tanggal kedaluwarsa yang tidak akurat.

Indikator utama kualitas makanan merupakan acuan untuk membuat keputusan penarikan yang akurat dengan cara inkorporasi sistem dalam prototipe *smart packaging*. Sistem tersebut sangat bermanfaat untuk melaporkan kualitas dan keamanan pangan serta meningkatkan efisiensi pemantauan kualitas makanan di seluruh rantai pasok (Yousefi et al, 2019)

3. Autentikasi dan integritas

Tantangan di dunia industri semakin meningkat dalam hal memastikan keamanan dan kualitas dari makanan. Secara umum, keamanan dan kualitas makanan dapat dijaga dan dipertahankan dengan cara pengontrolan dan pencegahan pada sistem kendali mutu dan keamanan pangan yang diterapkan pada setiap tahapan proses pengolahan makanan. Apabila sistem tersebut diterapkan dengan efektif, efisien dan berkesinambungan, maka akan tercapai *food integrity*. Menurut Elliot (2014) dalam Alrobaish et al (2021), *food integrity* didefinisikan sebagai kondisi dimana makanan aman untuk dikonsumsi dari segi kualitas, autentik, dapat ditelusuri dan asli dari berbagai aspek, tanpa adanya perubahan atau modifikasi. Selain itu, pihak yang mengklaim jujur dan memenuhi ekspektasi dari konsumen. Pemahaman *food integrity* berkaitan dengan keseluruhan rantai pasok yang melibatkan empat dimensi yaitu *raw material integrity*, *production integrity*, *service integrity* dan *information integrity* (Ali et al, 2017). Alrobaish et al (2021) juga mendefinisikan *food integrity* sebagai multidimensional konsep yang memperhatikan integritas dari produk, proses, orang dan data yang menyiratkan status terkontrol dari keutuhan makanan. Makanan juga dinilai aman dari kualitas dan autentik serta sesuai dengan klaim sumber maupun proses dan didistribusikan secara etis melalui rantai pasok pangan. Secara keseluruhan, *food integrity* merupakan sistem berkesinambungan yang digunakan menghindari ancaman terhadap keaslian dan ketahanan pangan yang sengaja dilakukan untuk menipu konsumen melalui kesalahan pelabelan dan pemalsuan.

Menurut Brooks et al (2021), *food fraud* merupakan tindakan yang disengaja untuk mengganti, mengubah, atau mengsalahartikan makanan untuk keuntungan finansial. Motivasi ekonomi pada *food fraud* menghasilkan langkah – langkah yang berfokus pada peluang untuk melakukan penipuan dengan menargetkan produk tertentu, sehingga mengurangi kemungkinan *food fraud* terdeteksi. Meskipun tujuan utama untuk keuntungan finansial, *food fraud* dapat berdampak pada kesejahteraan konsumen. Maka dari itu, autentikasi pangan merupakan tahap kunci dalam melindungi konsumen dan rantai pasok. Autentikasi pangan adalah proses memverifikasi kepatuhan produk makanan terhadap spesifikasi yang diberikan pada labelnya termasuk negara atau tempat asal, daftar bahan, informasi gizi, proses produksi, dan nama merek (Danezis et al, 2016; Tracey et al 2022). Dua pendekatan utama untuk autentikasi makanan adalah pemanfaatan kemasan yang terbukti rusak (*tamper-evident*) dan dapat dilacak (Badia-Melis et al., 2015; Karippacheril et al., 2017). Penerapan sistem untuk memastikan autentikasi pangan telah dilakukan oleh perusahaan pangan, produsen dan retailer untuk melawan *food fraud*. Kesuksesan dari sistem tersebut dapat dicapai apabila fokus terhadap deteksi dan pencegahan pada keseluruhan dimensi *food integrity* pada rantai pasok. *Food fraud* merupakan hasil dari penggambaran yang keliru berkaitan dengan integritas produk, proses, orang dan data. Ketika semua aspek yang berkaitan dengan *food quality*, *safety*, *authenticity* dan *defense* selalu dalam kontrol melalui *risk assessment*, management dan sistem pencegahan yang efisien, maka *food integrity* dapat tercapai. Sedangkan, perusahaan dapat terserang *food fraud* jika tidak mengontrol hal tersebut. Gambar 2 menunjukkan fungsi *smart packaging* yang memfasilitasi terwujudnya *food integrity* dan pencegahan *food fraud*.

Menurut Soon dan Manning (2019), anti-pemalsuan digunakan untuk mencegah, mendeteksi, dan mengendalikan kegiatan pemalsuan dan berbagai pendekatan terkait pengemasan mencakup penggunaan teknologi rahasia dan terbuka yang cerdas. Sebagian besar teknologi anti-pemalsuan terkait *smart packaging* adalah sistem yang berdiri sendiri dan ini menimbulkan kerentanan. Strategi anti-pemalsuan yang terintegrasi, yang digunakan oleh bisnis, rantai pasok, dan pemerintah

diperlukan untuk mengurangi risiko penjualan produk makanan dan minuman palsu. Pada akhirnya, pemalsuan merusak nilai merek, itikad baik, kepercayaan konsumen, reputasi merek, dan hak kekayaan intelektual serta merek dagang, dan jika barang palsu di bawah standar dan sulit bagi konsumen untuk membedakannya dari produk yang sah, dapat menyebabkan klaim pertanggungjawaban (Bian dan Moutinho, 2009; Bodner, 2014; Staake, et al 2012; Yao, 2005). Food Defense merupakan proses untuk menjamin keamanan makanan dan minuman serta rantai pasokannya dari semua jenis ancaman atau bahaya yang disengaja dengan motivasi untuk mengontaminasi pangan atau menyebabkan kegagalan pasokan. Maka dari itu, cara efektif dan efisien untuk memberikan perlindungan optimal pada rantai pasok makanan dan mencegah *food fraud* adalah dengan penerapan *smart packaging*.



Gambar 2. Fungsi Smart Packaging Terhadap *Food Integrity* dan *Food Fraud*

Intelligent packaging merupakan bagian dari *smart packaging* yang menjamin produk makanan di dalam kemasan sesuai dengan deskripsinya dan berasal dari merek dan tempat asal yang diiklankan pada label, serta menunjukkan kemungkinan adanya gangguan. Penyertaan tag RFID (perangkat yang terdiri dari antena, chip sirkuit terintegrasi, dan kapasitor, yang memancarkan sinyal yang dapat dideteksi oleh perangkat pembaca terdekat) dapat digunakan untuk meminimalkan pemalsuan produk makanan dan untuk meyakinkan pelanggan tentang merek dan tempat asal yang diiklankan pada label (Tracey et al, 2022). *Smart packaging* memberikan solusi untuk memastikan integritas, autentikasi dan ketertelusuran dari mana produk berasal, mencegah pemalsuan dan pencurian dan meningkatkan keamanan. Hal tersebut memberikan konsekuensi terhadap pengurangan polusi, *food loss* dan *waste* dalam rantai pasok pangan dan memberikan keuntungan terhadap konsumen dimana terdapat kualitas *real-time* dan perpanjangan masa simpan dapat tersedia secara otomatis dan berkesinambungan pada pengemas (Kuswandi dan Jumina, 2020; Fernandez et al, 2022)

4. Alternatif Penggunaan Pengawet dan Bahan Tambahan Pangan

Tantangan industri makanan difokuskan pada kebutuhan yang beragam. Di satu sisi, pemenuhan kebutuhan konsumen bertujuan untuk meningkatkan kualitas pangan dari segi sensoris dan gizi tanpa menaikkan biayanya. Di sisi lain, pengurangan limbah dan peningkatan keamanan makanan dengan mengendalikan pertumbuhan mikroorganisme yang terbawa makanan dan pembusuk makanan sambil mengurangi penggunaan pengawet sintetik yang terkait dengan risiko kesehatan dan resistensi mikroba merupakan kebutuhan lain dari konsumen. *Active packaging* dengan film gliadin yang menggabungkan 5% *cinnamaldehyde* meningkatkan masa simpan roti iris dan olesan keju. Hal tersebut menunjukkan potensi penting dari bioplastik baru yang menggabungkan senyawa antimikroba alami sebagai solusi inovatif yang dapat digunakan dalam *active packaging* untuk memperpanjang umur simpan produk makanan. Kapasitas film ini untuk memperpanjang umur

simpan bahan makanan roti dan keju menunjukkan potensi biomatriks yang menggabungkan antimikroba alami untuk menghindari penerapan pengawet kimia sintetik langsung ke makanan (Balaguer et al, 2013).

Kombinasi *oxygen scavenger* (OS) dan *etanol emitter* (EE) secara sinergis menunda pembusukan mikroba serta kerusakan fisik dan kimia. Penerapan sistem *active packaging* merupakan alternatif teknologi pengawetan yang efektif untuk memperpanjang umur simpan *sponge cake* yang sangat mudah rusak tanpa penambahan bahan pengawet kimia secara langsung ke dalam formula bakeri. Untuk meningkatkan umur simpan dan meningkatkan keamanan, pengawet kimia biasanya digunakan. Undang-undang dan peraturan keamanan pangan baru-baru ini di seluruh dunia serta permintaan konsumen akan produk organik dan sehat dengan *clean label* telah menggeser beban pengawet kimia sintetik (Janjarasskul et al, 2016).

Perspektif Konsumen terhadap Smart Packaging

Penerapan smart packaging didasarkan pada pemahaman kultur, sosial dan faktor kognitif yang mempengaruhi penerimaan konsumen. Hal ini, dapat membantu “fine tune” pengembangan smart packaging untuk memenuhi preferensi konsumen dan memastikan komunikasi secara efektif berkaitan dengan penerapan teknologi terbaru. Penerapan smart packaging ditujukan untuk memberikan edukasi mengenai keuntungan sistem pengemasan serta mengatasi kekhawatiran konsumen terhadap kualitas dan keamanan makanan. Edukasi terhadap konsumen, diharapkan mampu mengubah nilai makanan sehingga dapat berpengaruh terhadap motif pembelian. Pemanfaatan nilai fungsional dan epistemik merupakan dua dari klasifikasi motif yang dideskripsikan oleh teori nilai konsumsi dalam pembentukan hakikat dari manfaat packaging pada makanan. Selain itu, terdapat manfaat lain dari segi hedonis berupa nilai emosional dan sosial, serta nilai kondisional yang merupakan nilai yang relatif cukup jelas sehingga tidak selalu memberikan manfaat setiap waktu (Young et al, 2020).

Menurut Barone dan Aschemann-Witzel (2022), konsumen masih mengandalkan tanggal kedaluwarsa dan perasaan mereka sendiri saat membuat keputusan makanan. Secara khusus, tanggal kedaluwarsa dan karakteristik sensoris (misalnya warna) makanan muncul sebagai pendorong utama pilihan di toko dan penggunaan/pembuangan produk di rumah. Dengan demikian, konsumen mengakui bahwa smart label dalam smart packaging dapat memberikan validasi eksternal dalam hal kesegaran makanan, pengalaman dan waktu diperlukan bagi konsumen untuk siap mempercayai label sepenuhnya dan menggunakannya dalam proses pengambilan keputusan mereka dalam hal pembelian, penggunaan dan pembuangan makanan. Beberapa faktor yang mendukung penerimaan konsumen terhadap smart packaging adalah sebagai berikut:

1. Mendidik konsumen adalah kunci untuk mengatasi keengganan awal terhadap inovasi ini, yang pada akhirnya mengarah pada penerimaan dengan cara memahami nilai dan manfaat dari informasi pada label (Bogomolova et al., 2021).
2. Identifikasi manfaat oleh konsumen berpotensi efektif digunakan oleh perusahaan yang mengembangkan alat ini untuk melibatkan dan meyakinkan pengecer dalam menggunakan label tersebut di toko atau produk mereka. Pengecer memainkan peran kunci dalam mempengaruhi keputusan dan preferensi makanan konsumen untuk mencapai tujuan keseluruhan mengurangi limbah makanan di sepanjang rantai pasokan makanan (Aschemann-Witzel, de Hooge, dan Norman, 2016). Bagi produsen, menambahkan smart label ke produk mereka akan mengomunikasikan komitmen aktif mereka terhadap keberlanjutan, sehingga meningkatkan citra dan reputasi mereka.
3. Efek positif yang luas dari smart label dalam hal pengurangan limbah makanan, dan juga daur ulang, memberikan wawasan yang dapat digunakan oleh pembuat kebijakan untuk menekan para pelaku rantai pasokan makanan agar alat-alat baru ini diterima secara luas.

Hasil penelitian Daoud dan Trigui (2019) menunjukkan bahwa teknologi inovatif dalam smart packaging dipandang penting untuk melakukan diagnostik informasi dalam hal ketertelusuran. Terlebih lagi, penelitian ini memperhitungkan faktor kepribadian konsumen (keterlibatan makanan) dan psikologi kognitif (pengetahuan tentang ketertelusuran), untuk menjelaskan apa yang dapat mempengaruhi evaluasi individu terkait informasi ketertelusuran. Pemasar makanan harus mendorong konsumen untuk menerima sistem keterlacakan makanan untuk menegakkan dan melindungi hak-hak mereka. Hal tersebut didukung oleh penelitian O'Callaghan dan Kerry (2016) dengan hasil studi preferensi konsumen terhadap penggunaan smart packaging. Hasil penelitian menunjukkan 36% konsumen merekomendasikan inkorporasi smart packaging dengan nanoteknologi dan 10% konsumen merekomendasikan hanya menggunakan smart packaging pada produk keju sebagai bentuk inovasi teknologi.

Tantangan Penerapan Smart Packaging

Penerapan smart packaging menghadapi tantangan yang signifikan seiring dengan perkembangan teknologi, perubahan gaya hidup, permintaan konsumen dan trend komersialisasi. Pemahaman tantangan yang harus dihadapi oleh peneliti, pengembang maupun perusahaan memberikan wawasan untuk menentukan pemetaan dan strategi yang tepat, efektif dan efisien untuk mengaplikasikan smart packaging. Menurut Muller dan Schmid (2019), intelligent packaging belum banyak ditemukan di pasaran, dikarenakan beberapa kelemahan antara lain biaya produksi yang tinggi, kurangnya penerimaan retailer/pemilik brand dan biaya yang tinggi pada penelitian dan pengembangan. Pada proses penelitian dan pengembangan smart packaging harus dipastikan kesesuaian sistem yang digunakan dengan makanan yang akan dipantau. Maka dari itu, sangat penting untuk menentukan indikator atau sensor yang sesuai untuk produk makanan.

Indikator atau sensor merupakan perangkat utama yang penting secara fungsional dalam intelligent packaging. Salah satu sistem intelligent packaging yang diterapkan pada pengemas adalah fresh indicator. Jeya et al. (2020) dalam Shao et al (2021) menyatakan bahwa aplikasi fresh indicator terlalu sulit untuk ditransfer dari skala laboratorium ke skala komersial karena kendala sebagai berikut:

1. Kesulitan untuk meningkatkan skala produksi fresh indicator dari laboratorium ke skala industri, terutama untuk polimer alami sebagai pembawa. Ketebalan, sifat mekanik, sifat penghalang dan parameter lainnya dari lapisan pembawa polimer alami tidak terkontrol secara akurat dalam percobaan produksi industri. Waktu pengeringan yang lama dan konsumsi energi yang tinggi juga membatasi produksi skala industri.
2. Kesulitan untuk memasukkan fresh indicator ke dalam sistem pengemasan, khususnya sensor. Inkorporasi fresh indicator dengan sistem pengemasan fleksibel sulit dilakukan karena ukurannya yang besar dan terlalu kaku. Perkembangan dan aplikasi teknologi nano dan elektronik tampaknya memberikan solusi untuk masalah ini. Namun, teknologi ini masih dalam masa pertumbuhan dalam smart packaging sehingga diperlukan lebih banyak penelitian.
3. Kesulitan pada penerapan kemasan secara komersial, terutama dalam indikasi aspek kinerja. Kecepatan reaksi dan sensitivitas fresh indicator merupakan hal yang menantang karena kondisi pengemasan yang berbeda (seperti kuantitas makanan, cahaya, panas, aktivitas air dan pH) ditujukan untuk pengemas makanan yang berbeda (Caio et al, 2017). Selain itu, beberapa reaksi fresh indicator bersifat reversibel selama penyimpanan. Hal ini dapat berpengaruh terhadap penilaian konsumen pada kualitas makanan dan umur simpan.
4. Masalah biaya. Setiap negara dan wilayah memiliki hukum dan peraturan yang berbeda untuk standar keamanan material intelligent packaging sehingga dapat meningkatkan biaya kemasan. Selain itu, karena sifatnya yang sangat khusus dan teknologi yang kompleks,

material pada intelligent packaging menyumbang 50-100% dari total biaya pengemasan, yang mengarah ke harga pengemas yang meningkat hampir dua kali lipat dari kemasan tradisional. Harga tersebut tidak terjangkau bagi sebagian besar industri makanan (Mihindukulasuriya dan Lim, 2014).

5. Masalah keamanan pangan karena kontak langsung dengan makanan. Evaluasi toksikologi dari komponen aktif dan cerdas dalam indikator intelligent packaging tidak komprehensif dan efektif. Jenis bahan kimia yang kompleks dan mungkin mengandung bahan sintetik sebagai fresh indicator, menyebabkan masalah migrasi dan keamanan.
6. Penerimaan konsumen. Penerimaan konsumen terhadap fresh indicator tergantung pada keamanan fresh indicator dan material pengemas. Walaupun beberapa fresh indicator, khususnya indikator jenis edible film, telah lolos uji keamanan, penerimaan mereka masih rendah karena ketakutan dan kurangnya kesadaran. (Aldred Cheek dan Wansink, 2017).

Kesimpulan

Penerapan smart packaging dalam industri pangan memerlukan strategi pemetaan dan pengelolaan yang tepat, efisien dan efektif sehingga manfaatnya dapat dirasakan secara berkelanjutan. Strategi pemetaan dan pengelolaan tersebut dapat dilakukan dengan penkajian faktor-faktor utama yang mendukung keberhasilan aplikasi smart packaging pada produk pangan. Faktor – faktor yang perlu dikaji dan ditelaah lebih dalam antara lain i) pemahaman perbedaan antara pengemas inovatif dan tradisional; ii) konsep smart packaging sebagai bagian dari pengemasan inovatif; iii) perspektif konsumen terhadap smart packaging; iv) fungsi smart packaging; v) tantangan penerapan smart packaging. Pemahaman kebutuhan konsumen terhadap kualitas, keamanan, ketertelusuran dan informasi real time produk makanan telah mendorong pengembangan pengemasan inovatif. Pengemasan inovatif mempunyai sifat fungsional yang meningkatkan dan memperluas fungsi dasar dari pengemasan tradisional sehingga pengemasan dapat memberikan nilai tambah pada produk pangan. Peneliti dan pengembang diharapkan memiliki pemahaman komprehensif berkaitan dengan perbedaan pengemasan tradisional dan inovatif dari segi fungsi maupun nilai tambah yang diberikan kepada produk, konsumen, distributor maupun produsen.

Smart packaging merupakan bentuk pengemasan inovatif yang umum digunakan pada produk pangan. Konsep smart packaging dapat dirumuskan dari nilai fungsional pengemasan tradisional dan inovatif yang dikategorikan berdasarkan material, sistem dan teknologi yang digunakan. Secara umum, smart packaging merupakan sinergisme antara intelligent dan active packaging. Intelligent packaging menggunakan sistem indikator, sensor dan data carrier, sedangkan active packaging menggunakan sistem scavenger dan diffusion. Sistem yang digunakan pada masing-masing jenis pengemas ini yang memberikan perbedaan fungsi dan manfaat antara pengemasan tradisional dan inovatif, dalam hal ini smart packaging. Nilai fungsional smart packaging perlu diinformasikan dan dikomunikasikan kepada pihak -pihak yang terlibat dalam rantai pasok pangan sehingga mampu mengarahkan perspektif konsumen terhadap nilai tambah yang diberikan.

Smart packaging yang diterapkan secara berkesinambungan akan memberikan dampak yang luas terhadap keberlanjutan rantai pasok, peningkatan kualitas, keamanan dan ketertelusuran, autentikasi dan integrasi serta dapat dijadikan alternatif penggunaan pengawet dan bahan tambahan pangan. Selain itu, penerapan smart packaging juga tidak lepas dari tantangan yang perlu dihadapi dan diatasi agar memberikan hasil yang optimal. Tantangan tersebut muncul dari beberapa kendala yang dihadapi antara lain kesulitan dalam peningkatan skala produksi, inkorporasi material, perangkat dan sistem

ke dalam pengemas, penentuan indikasi kinerja secara komersial, peningkatan biaya produksi, keamanan pangan berkaitan dengan kontak material pengemas dengan produk pangan dan penerimaan konsumen. Kendala-kendala tersebut dapat diatasi dengan baik apabila strategi pengelolaan pada penerapan smart packaging direncanakan dengan komprehensif sehingga pihak-pihak yang terlibat dalam rantai pasok pangan (konsumen, distributor dan produsen) merasakan manfaatnya secara optimal.

Daftar pustaka

- Ahankari, S. S., Subhedar, A. R., Bhadauria, S. S., dan Dufresne, A. 2021. Nanocellulose in food packaging: A review. *Carbohydrate Polymers*, 255: 117479.
- Ahmed, I., Lin, H., Zou, L., Li, Z., Brody, A.L., Qazi, I.M., Lv, L., Pavase, T.R., Khan, M.U., Khan, S., dan Sun, L. 2018. An overview of smart packaging technologies for monitoring safety and quality of meat and meat products. *Packaging Technology Science.*, 31: 449–471.
- Ahmed, M. W., Haque, M. A., Mohibullah, M., Khan, M. S. I., Islam, M. A., Mondal, M. H. T., dan Ahmmed, R. 2022. A review on active packaging for quality and safety of foods: Current trends, applications, prospects and challenges. *Food Packaging and Shelf Life* 33: 100913.
- Ahvenainen, R. 2003. Active and intelligent packaging: An introduction. *Novel Food Packaging Techniques*. CRC Press, Boca Raton, 5-21.
- Aldred Cheek, K., dan Wansink, B. 2017. Making it part of the package: Edible packaging is more acceptable to young consumers when it is integrated with food. *Journal of Food Products Marketing*, 23(6): 723–732.
- Ali, M.H., Tan, K.H. dan Ismail, D. A. 2017. Supply Chain Integrity Framework for Halal Food. *British Food Journal*, 119: 20–38.
- Alizadeh-Sani, M., Mohammadian, E., Rhim, J., Jafari, S.M. 2020. pH-sensitive (halochromic) smart packaging films based on natural food colorants for the monitoring of food quality and safety. *Trends in Food Science & Technology*, 105: 93–144.
- Alrobaish, W. S., Jacxsens, L., Luning, P. A. dan Vlerick, P. 2021. Food Integrity Climate in Food Businesses: Conceptualization, Development, and Validation of a Self-Assessment Tool. *Foods*, 10: 1302.
- Amin, U., Khan, M.K.I., Maan, A.A., Nazir, A., Riaz, S., Khan, M.U., Sultan, M., Munekata, P.E.S., dan Lorenzo, J.M. 2022. Biodegradable active, intelligent, and smart packaging materials for food applications. *Food Packaging and Shelf Life*, 33: 100903.
- Aschemann-Witzel, J., De Hooge, I., dan Normann, A. 2016. Consumer-related food waste: Role of food marketing and retailers and potential for action. *Journal of International Food & Agribusiness Marketing*, 28(3): 271–285.
- Azman, N.H., Khairul, W.M., dan Sarbon, M.N. 2022. A comprehensive review on biocompatible film sensor containing natural extract: Active/intelligent food packaging. *Food Control*, 141: 109189.
- Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia (BPOM RI). 2022. Peraturan Badan Pengawas Obat Dan Makanan Nomor 1 Tahun 2022 Tentang Pengawasan Klaim Pada Label Dan Iklan Pangan Olahan. Jakarta: Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia.
- Badia-Melis, R., Mishra, P., dan Ruiz-García, L. 2015. Food traceability: New trends and recent advances. A review. *Food Control*, 57: 393–401.

- Balaguer, M.P., Lopez-Carballo, G., Catala, R., Gavara, R., dan Hernandez-Munoz, P. 2013. Antifungal properties of gliadin films incorporating cinnamaldehyde and application in active food packaging of bread and cheese spread foodstuffs. *International Journal of Food Microbiology*, 166: 369–377.
- Barone, A.M. dan Aschemann-Witzel, J. 2022. Food handling practices and expiration dates: Consumers' perception of smart labels. *Food Control*, 133: 108615.
- Barska, A. dan Joanna, W., 2016. Consumer perception of active and intelligent food packaging. *Problems of Agricultural Economics*, 4: 138–159.
- Bian, X., dan Moutinho, L. 2009. An investigation of determinant of purchase consideration. *Journal of Business Research*, 62: 368–37.
- Biji, K.B., Ravishankar, C. N., Mohan, C. O. dan Gopa, T. K. S. 2015. Smart packaging systems for food applications: a review. *Journal of Food Science and Technology*, 52(10):6125–6135.
- Bodner, D. A. 2014. Enterprise modeling framework for counterfeit parts in defense systems. *Procedia Computer Science*, 36: 425–431.
- Bogomolova, S., Carins, J., Dietrich, T., Bogomolov, T., dan Dollman, J. 2021. Encouraging healthier choices in supermarkets: A co-design approach. *European Journal of Marketing*, 55(9): 2439–2463.
- Brooks, C., Parr, L., Smith, J. M., Buchanan, D., Snioch, D., dan Hebishy, E. 2021. A review of food fraud and food authenticity across the food supply chain, with an examination of the impact of the COVID-19 pandemic and Brexit on food industry. *Food Control*, 130: 108171.
- Caio, G., Otoni, R. J., Avena-Bustillos, dan Henriette, M. C. 2017. Recent advances on edible films based on fruits and vegetables—a review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16(5): 1151–1169.
- Chen, S., Brahma, S., Mackay, J., Cao, C., dan Aliakbarian, B. 2020. The role of smart packaging system in food supply chain. *Journal of Food Science*, Vol. 0, Iss. 0, 2020.
- Cheng, H., Xu, H., McClements, D.J., Chen, L., Jiao, A., Tian, Y., Miao, M., dan Jin, Z. 2022. Recent advances in intelligent food packaging materials: Principles, preparation and applications. *Food Chemistry*, 375:131738.
- Danezis, G. P., Tsagkaris, A. S., Camin, F., Brusica, V., dan Georgiou, C. A. 2016. Food authentication: Techniques, trends & emerging approaches. *Trends in Analytical Chemistry*, 85(Part A): 123–132.
- Daoud, M. K. dan Trigui, I.T. 2019. Smart packaging: Consumer's perception and diagnostic of traceability information. *Digital Economy. Emerging Technologies and Business Innovation*: 352–370.
- Drago, E., Campardelli, R., Pettinato, M. dan Perego, P. 2020. Innovations in Smart Packaging Concepts for Food: An Extensive Review. *Foods*, 9: 1628.
- EFSA. 2009. Guidelines on submission of a dossier for safety evaluation by the EFSA of active or intelligent substances present in active and intelligent materials and articles intended to come into contact with food. *EFSA Journal*, 7(8): 1–10.
- Elliott, C. 2014. Review into the Integrity and Assurance of Food Supply Networks. Final Report: A National Food Crime Prevention Framework. Crown Copyright.

- European Commission. 2004. REGULATION (EC) No 1935/2004 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 27 October 2004 on materials and articles intended to come into contact with food and repealing Directives 80/590/EEC and 89/109/EEC.
- Fernandez, C.M., Alves, J., Gaspar, P.D., Limaa, T.M. dan Silvaa, P.D. 2022. Innovative processes in smart packaging: A systematic review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*.
- Firouz, M.S., Mohi-Alden, K., dan Omid, M. 2021. A critical review on intelligent and active packaging in the food industry: Research and development. *Food Research International*, 141: 110113.
- Ghaani, M., Cozzolino, C.A., Castelli, G. dan Farris, S. 2016. An overview of the intelligent packaging technologies in the food sector. *Trends in Food Science and Technology*, 51: 1-11.
- Han, J. H. 2013. A review of food packaging technologies and innovations. In *Innovations in food packaging* (2nd ed., pp. 3–12). Academic Press.
- Janjarasskul, T., Tananuwong, K., Kongpensook, V., Tantratian, S., Kokpol, S. 2016. Shelf life extension of sponge cake by active packaging as an alternative to direct addition of chemical preservatives, *LWT - Food Science and Technology*, 72: 166-174.
- Jeya, J., Chandrasekaran, M., Venkatesan, S. P., Sriram, V., dan Durairaj, R. B. 2020. Scaling up difficulties and commercial aspects of edible films for food packaging: A review. *Trends in Food Science and Technology*, 100: 210–222.
- Karippacheril, T. G., Rios, L. D., dan Srivastava, L. 2017. Global markets, global challenges: Improving food safety and traceability while empowering smallholders through ICT. In *ICT in agriculture (updated edition): Connecting smallholders to knowledge, networks, and institutions*: 283–308.
- Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional Republik Indonesia (BAPPENAS RI). 2021. Ringkasan Bagi Pembuat Kebijakan Food Loss dan Waste di Indonesia. Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional Republik Indonesia.
- Kuswandi, B. dan Jumina. 2020. Active and intelligent packaging, safety, and quality controls. *Fresh-Cut Fruits and Vegetables Technologies and Mechanisms for Safety Control*. Academic Press: 243-294.
- Lim, Loong-Tak. 2019. Active and Intelligent Packaging Materials. *Comprehensive Biotechnology*, 3rd edition, Volume 4.
- McFarlane, D., dan Sheffi, Y. 2003. The impact of automatic identification on supply chain operations. *International Journal of Logistics Management*, 14: 1-17.
- Mihindukulasuriya, S. D. F., dan Lim, L. T. 2014. Nanotechnology development in food packaging: A review. *Trends in Food Science and Technology*, 40(2): 149–167.
- Muller, P. dan Schmid, M. 2019. Intelligent Packaging in the Food Sector: A Brief Overview. *Foods*, 8: 16.
- O’Callaghan, K. A., dan Kerry, J. P. 2016. Consumer attitudes towards the application of smart packaging technologies to cheese products. *Food Packaging and Shelf Life*, 9: 1-9.
- Otles, S. dan Yalcin, B. 2008. Intelligent food packaging. *Log Forum* 4, 4, 3.
- Robertson, 2012. *Food Packaging: Principles and Practice*, third ed. Florida Taylor and Francis Group, Boca Raton.
- Schaefer, D. dan Cheung, W.M., 2018. Smart Packaging: Opportunities and Challenges. *Procedia CIRP*, 72: 1022–1027.

- Shao, P, Liu, L., Yu, J., Lin, Y., Gao, H., Chen, H., dan Sun, P. 2021. An overview of intelligent freshness indicator packaging for food quality and safety monitoring. *Trends in Food Science and Technology*, 118: 285–296.
- Sohail, M., Sun, D. dan Zhu, Z. 2018. Recent developments in intelligent packaging for enhancing food quality and safety. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. March 2018.
- Soon, J.M. dan Manning, L. 2019. Developing anti-counterfeiting measures: The role of smart packaging. *Food Research International*, 123: 135–143.
- Staake, T., Thiesse, F., dan Fleisch, E. 2012. Business strategies in the counterfeit market. *Journal of Business Research*, 65(5): 658–665.
- Tracey, C.T., Predeina, A.L., Krivoshapkina, E.F., dan Kumacheva, E. 2022. A 3D printing approach to intelligent food packaging. *Trends in Food Science and Technology*, 127: 87–98.
- Vanderroost, M., Ragaerta, P., Devliegherea, F., dan De Meulenaer, B. 2014. Intelligent food packaging: The next generation. *Trends in Food Science and Technology*. 39: 47-62.
- Yam, K. L., Takhistov, P. T., dan Miltz, J. (2005). Intelligent packaging: concepts and applications. *Journal of Food Science*, 70-1: R1-R10.
- Yao, J. T. (2005). Counterfeiting and an optimal monitoring policy. *European Journal of Law and Economics*, 19(1): 95–114.
- Young E, Mirosa M dan Bremer P .2020. A Systematic Review of Consumer Perceptions of Smart Packaging Technologies for Food. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4:63.
- Yousefi, H., Su, H., Imani, S. M., Alkhaldi, K., Filipe, C. D. M., dan Didar, T. F. 2019. Intelligent food packaging: a review of smart sensing technologies for monitoring food quality. *ACS Sensors*, 4(4): 808–821.