



IPB University
— Bogor Indonesia —

**Sekolah
Vokasi**
Vocational College

SMART PACKAGING: ACTIVE PACKAGING DAN INTELLIGENT PACKAGING DALAM INDUSTRI PANGAN MODERN

Zulfa Ajrina Fitri, S.T.P., M.FoodSc

Program Studi Industri Jasa Makanan dan Gizi
Sekolah Vokasi IPB University

**HANYA UNTUK
PENGUNAAN INTERNAL**

Mata Kuliah : Pengemasan dan Penyimpanan Makanan

Kode Mata Kuliah : GZI2306

Tahun Pembuatan : 2026

SMART PACKAGING:
**ACTIVE PACKAGING DAN INTELLIGENT
PACKAGING DALAM INDUSTRI PANGAN
MODERN**

Zulfa Ajrina Fitri, S.T.P., M.FoodSc

Program Studi Manajemen Industri Jasa Makanan dan Gizi
Sekolah Vokasi IPB University

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga Modul Ajar Smart Packaging: Active Packaging dan Intelligent Packaging dalam Industri Pangan Modern ini dapat diselesaikan dengan baik. Modul ajar ini disusun secara khusus sebagai panduan pembelajaran akademis terintegrasi bagi mahasiswa program studi Manajemen Industri Jasa Makanan dan Gizi guna memperdalam pemahaman mengenai sains material kemasan, rekayasa indikator responsif, serta aplikasi praktisnya dalam industri jasa boga, katering, layanan gizi rumah sakit, industri kuliner komersial, dan rantai pasok makanan terkemas.

Dalam industri jasa makanan dan manajemen gizi modern, tantangan utama yang dihadapi tidak hanya berfokus pada formulasi menu yang lezat dan seimbang secara gizi, melainkan juga bagaimana memastikan bahwa kualitas organoleptik, kesegaran, keamanan mikrobiologis, serta nilai gizi makanan tetap utuh hingga siap dikonsumsi oleh konsumen atau pasien. Perkembangan teknologi kemasan telah bertransformasi dari sekadar wadah pasif (*inert barrier*) menjadi sistem interaktif yang mampu memperpanjang masa simpan (*Active Packaging*) serta memantau dan mengomunikasikan kondisi kesegaran makanan secara real-time (*Intelligent Packaging*). Pemahaman terhadap teknologi ini sangat krusial bagi calon manajer industri jasa makanan dan ahli gizi dalam mencegah pembusukan, meminimalisir pemborosan makanan (*food waste*), serta menjamin jaminan keselamatan pangan.

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada seluruh pihak yang telah memberikan kontribusi, masukan, dan dukungan akademis dalam penyusunan modul ini. Kami menyadari bahwa perkembangan sains kemasan berlangsung sangat cepat. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun dari para pembaca, akademisi, dan praktisi industri sangat kami harapkan guna penyempurnaan modul ini di masa mendatang. Semoga modul ajar ini memberikan manfaat nyata dalam meningkatkan wawasan, kompetensi, dan daya saing mahasiswa di bidang teknologi pengemasan pangan.

P E N U L I S

DAFTAR ISI

CAPAIAN PEMBELAJARAN MATAKULIAH	5
BAB 1: ACTIVE PACKAGING (KEMASAN AKTIF)	
1.1 Definisi, Prinsip, dan Perbedaan dengan Kemasan Pasif	7
1.2 Klasifikasi Utama dan Teknologi Active Packaging	8
1.3 Contoh Inovasi Active Packaging Pemenang WorldStar Packaging Award	9
1.4 Keamanan Pangan dan Kerangka Regulasi	10
BAB 2: INTELLIGENT PACKAGING (KEMASAN CERDAS)	
2.1 Definisi, Konsep "Detective Mode ON", dan Taksonomi	11
2.2 Sains Material, Reagensia, dan Mekanisme Kerja Indikator Cerdas	12
2.3 Panduan Pemilihan Material (Do's & Don'ts)	14
TUGAS STUDI KASUS	16
DAFTAR PUSTAKA	20

1. Pengantar

Kuliah ini membahas konsep smart packaging, yang meliputi active packaging dan intelligent packaging, sebagai salah satu pengembangan teknologi pengemasan pangan untuk mempertahankan mutu, memperpanjang umur simpan, serta memantau kondisi dan keamanan produk pangan. Topik pembelajaran mencakup prinsip dan mekanisme kerja kemasan aktif dan cerdas, jenis bahan atau komponen fungsional yang digunakan, interaksi antara sistem kemasan dengan produk pangan maupun lingkungan internal kemasan, serta penerapannya dalam mendeteksi dan mengomunikasikan perubahan mutu dan kesegaran pangan. Pembelajaran juga diarahkan untuk mengembangkan kemampuan mahasiswa dalam mengidentifikasi, menganalisis, dan memilih teknologi pengemasan yang sesuai dengan karakteristik produk pangan serta bekerja secara efektif dalam menyelesaikan permasalahan pengemasan pangan.

2. Capaian Pembelajaran

Mahasiswa mampu memahami prinsip, jenis, mekanisme kerja, dan penerapan smart packaging yang meliputi active packaging dan intelligent packaging dalam mempertahankan serta memantau mutu dan keamanan produk pangan.

3. Bahan Kajian

Mahasiswa mempelajari:

1. Konsep dan perkembangan smart packaging dalam industri pangan.
2. Perbedaan dan karakteristik active packaging dan intelligent packaging.
3. Prinsip dan mekanisme kerja active packaging.
4. Komponen dan bahan aktif dalam active packaging, seperti oxygen scavenger, moisture absorber, antimikroba, dan controlled release system.
5. Prinsip dan mekanisme kerja intelligent packaging.
6. Indikator dan sensor pada intelligent packaging, seperti indikator kesegaran, indikator waktu-suhu, indikator gas, dan biosensor.
7. Interaksi antara komponen responsif dengan produk pangan atau atmosfer internal kemasan.
8. Mekanisme perubahan sinyal kimia/fisik menjadi informasi visual atau digital.
9. Aplikasi smart packaging dalam pemantauan mutu, kesegaran, dan keamanan pangan.
10. Potensi, keunggulan, keterbatasan, dan tantangan penerapan smart packaging dalam industri pangan.

4. Tujuan Pembelajaran

Setelah mengikuti pembelajaran, mahasiswa diharapkan mampu:

- Menjelaskan konsep, karakteristik, dan perkembangan smart packaging, khususnya active packaging dan intelligent packaging.
- Mengidentifikasi berbagai jenis komponen aktif, indikator, dan sensor yang digunakan dalam smart packaging.
- Menjelaskan mekanisme kerja active packaging dalam mempertahankan mutu dan memperpanjang umur simpan produk pangan.

- Menjelaskan mekanisme kerja intelligent packaging dalam mendeteksi dan memantau perubahan kondisi produk pangan atau lingkungan internal kemasan.
- Menganalisis kesesuaian teknologi smart packaging berdasarkan karakteristik produk pangan dan tujuan penggunaannya.
- Mengevaluasi potensi penerapan smart packaging dalam mendukung keamanan, mutu, kesegaran, dan informasi produk pangan.
- Bekerja secara mandiri maupun berkelompok dalam mengidentifikasi dan menyelesaikan permasalahan terkait penerapan teknologi smart packaging.

5. Luaran

Mahasiswa mampu menjelaskan prinsip dan mekanisme kerja active packaging dan intelligent packaging, mengidentifikasi komponen serta sistem indikator yang digunakan, dan menganalisis penerapannya dalam mempertahankan, memantau, dan mengomunikasikan status mutu serta kesegaran produk pangan kepada konsumen.

BAB 1

ACTIVE PACKAGING

1.1. DEFINISI, PRINSIP, DAN PERBEDAAN DENGAN KEMASAN PASIF

Kemasan pangan konvensional beroperasi sebagai kemasan pasif (passive packaging), yang fungsi utamanya terbatas pada penahanan (containment), perlindungan fisik, kemudahan penanganan, serta penyampaian informasi statis. Kemasan pasif bertindak sebagai penghalang inert (inert barrier) terhadap gas, uap air, dan kontaminasi luar. Namun, seiring meningkatnya tuntutan rantai pasok global dan preferensi konsumen terhadap produk segar tanpa bahan pengawet sintetik berlebih, teknologi kemasan berkembang menuju kemasan aktif (active packaging).

Berdasarkan EU Regulation (EC) No 450/2009, kemasan aktif didefinisikan sebagai sistem kemasan yang secara sengaja mengintegrasikan komponen aktif ke dalam matriks bahan kemas atau ruang kepala (headspace) kemasan untuk menyerap (scavenge) atau melepaskan (emit) zat dari atau ke dalam makanan terkemas maupun lingkungan sekitarnya. Berbeda dari kemasan pasif yang bersifat netral, kemasan aktif secara dinamis mengubah kondisi internal kemasan guna memperpanjang masa simpan (shelf life), mempertahankan kualitas organoleptik, serta menjamin keamanan mikrobiologis bahan pangan.

Parameter	Kemasan Pasif (Konvensional)	Kemasan Aktif (Active Packaging)
Sifat Penghalang	Pasif / Inert (Menahan penetrasi luar).	Dinamis / Interaktif (Mengubah atmosfer internal).
Aksi Utama	Mencegah kontak fisik/biologis.	Menyerap senyawa merusak atau melepaskan agen pelindung.
Komponen Tambahan	Tidak ada zat reaktif yang dimasukkan.	Saset, bahan aktif terikat, atau film yang difungsikan.
Tujuan Utama	Penahanan produk dan transmisi informasi statis.	Perpanjangan masa simpan dan penghambatan kerusakan pangan.

1.2. KLASIFIKASI UTAMA DAN TEKNOLOGI ACTIVE PACKAGING

Kemasan aktif diklasifikasikan berdasarkan mekanisme kerjanya, yaitu sistem penyerap (scavenging/absorbing systems) dan sistem pembebas (releasing/emitting systems).

A. Oxygen Scavengers

Oksigen dalam ruang kepala kemasan memicu oksidasi lipid, perubahan warna, pembentukan bau tengik, serta pertumbuhan mikroba aerobik seperti kapang dan bakteri. Oxygen scavengers menyerap residu O_2 hingga tingkat $< 0.01\%$. Mekanisme paling umum mengandalkan serbuk besi (Fe) yang teroksidasi menjadi besi hidroksida $[Fe(OH)_3]$ dalam kondisi lembap, atau penggunaan enzim seperti glucose oxidase.

B. CO₂ Emitters & Scavengers

Karbon dioksida (CO_2) memiliki efek antimikroba yang kuat pada produk seperti daging segar dan keju. Sistem pembebas CO_2 melepaskan gas CO_2 ke dalam ruang kepala kemasan untuk menekan pertumbuhan bakteri pembusuk aerobik dan mempertahankan volume kemasan agar tidak kempis. Sebaliknya, pada produk terfermentasi atau biji kopi sangrai yang menghasilkan CO_2 berlebih, penyerap CO_2 (berbasis kalsium hidroksida $[Ca(OH)_2]$) digunakan untuk mencegah pemekaran atau ledakan kemasan.

C. Ethylene Scavengers

Etilena (C_2H_4) merupakan hormon tumbuhan alami yang mempercepat pematangan, pelunakan, dan senesens pada buah dan sayuran klimakterik. Penyerap etilena berbasis kalium permanganat ($KMnO_4$) mengoksidasi etilena menjadi etilena glikol, mangan dioksida, dan air. Karena sifat toksisitasnya, $KMnO_4$ diimobilisasi dalam saset porous atau matriks tanah liat (clay) agar tidak bersentuhan langsung dengan bahan pangan.

D. Moisture Control Systems

Akumulasi cairan bebas atau transpirasi air pada bahan pangan berkelembapan tinggi mempercepat pembusukan mikrobiologis dan merusak tekstur produk kering. Papan atau pad penyerap kelembapan (absorbent pads) berbasis silika gel, selulosa, atau polimer superabsorben menyerap cairan eksudat daging atau embun hasil respirasi.

E. Antimikroba dan Antioksidan

Teknologi ini mengintegrasikan agen antimikroba alami (seperti asam organik, nisin, minyak atsiri oregano/thyme) atau antioksidan (seperti alfa-tokoferol atau ekstrak teh hijau) ke dalam struktur polimer kemasan. Zat aktif ini bermigrasi secara terukur ke permukaan pangan untuk menghambat pertumbuhan mikroba patogen (seperti *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli*) serta mencegah auto-oksidasi lemak.

1.3 CONTOH INOVASI ACTIVE PACKAGING PEMENANG WORLDSTAR PACKAGING AWARD



DON SMALLGOODS RECLOSEABLE FLOW WRAP DENGAN MOISTURE
CONTROL (WORLDSTAR AWARD 2025 WINNER)

Inovasi dari Don Smallgoods (Australia) memenangkan kategori Food pada ajang WorldStar Award 2025¹⁰. Daging olahan siap konsumsi (seperti ham dan bacon) secara tradisional dikemas menggunakan kemasan rigid thermoform berbahan plastik tebal yang tidak dapat ditutup kembali (non-resealable) dan memicu pengumpulan cairan bebas.

Don Smallgoods merancang ulang kemasan menjadi bentuk recloseable flow wrap envelope pack yang dilengkapi papan penyerap kelembapan aktif berbasis pulp (pulp-based moisture-absorbing board)⁹. Papan aktif ini mengikat cairan eksudat daging, menjaga permukaan produk tetap kering secara terkontrol⁹. Hasilnya, masa simpan produk meningkat signifikan dari 42 hari menjadi 60 hari⁹. Selain itu, inovasi ini menghemat penggunaan plastik sebesar 50-69%, dapat didaur ulang, dan meningkatkan efisiensi logistik palet hingga 150%.

Komposisi Visual & Elemen Inovasi :

- Struktur Kemasan: Flexible Flow Wrap Envelope Pack transparan berbahan mono-material polimer.
- Komponen Aktif: Pulp-based moisture-absorbing board di bagian dasar internal kemasan yang mengunci cairan eksudat daging.
- Fitur Kemudahan: Adhesive label reseal system pada bagian bukaan depan untuk penutupan kembali secara rapat.



VETROPACK LIGHTWEIGHT REUSABLE GLASS BOTTLE (WORLDSTAR AWARD 2025 SPECIAL AWARD)

Vetropack Group (Austria) meraih WorldStar Award 2025 kategori Alcoholic Beverages dan Special Award in Sustainability (Bronze Winner). Vetropack menerapkan proses pengerasan termal (*thermal hardening*) pada botol kaca ringan (*lightweight glass*).

Teknologi ini memperkuat struktur mekanis kaca sehingga mampu mengurangi bobot botol sebesar 30% tanpa mengurangi ketahanan benturan. Botol ini mampu bertahan hingga 20% lebih banyak siklus guna ulang (*reuse loops*) dibandingkan botol standar, secara efektif menurunkan emisi karbon logistik dan konsumsi bahan baku.

Komposisi Visual & Elemen Inovasi:

- Profil Fisik: Botol kaca returnable 0.33 liter dengan reduksi ketebalan dinding kemasan hingga 30% lebih ringan.
- Perlakuan Material: Lapisan thermally hardened glass matrix yang tahan benturan mekanis saat pengangkutan dan pencucian berulang.

1.4 KEAMANAN PANGAN DAN KERANGKA REGULASI

Pengembangan kemasan aktif wajib memenuhi regulasi keamanan pangan internasional:

- Regulation (EC) No 1935/2004: Mempersyaratkan bahwa bahan kemasan aktif tidak boleh melepaskan konstituen ke dalam makanan dalam jumlah yang membahayakan kesehatan manusia atau menyebabkan perubahan yang tidak dapat diterima pada komposisi dan sifat organoleptik makanan.
- Regulation (EC) No 450/2009: Menetapkan aturan khusus untuk bahan aktif dan cerdas. Regulasi ini mewajibkan bahwa semua bahan aktif yang dilepaskan harus terdaftar sebagai zat pangan yang diizinkan (*food additives*). Zat aktif yang tidak bersentuhan langsung wajib dipisahkan oleh lapisan penghalang fungsional (*functional barrier*) guna memastikan migrasi senyawa non-otorisasi berada di bawah 0.01 mg/kg (10 ppb).

BAB 2

INTELLIGENT PACKAGING

2.1. DEFINISI, KONSEP "DETECTIVE MODE ON", DAN TAKSONOMI

Kemasan Cerdas (Intelligent Packaging) didefinisikan sebagai sistem kemasan yang memiliki kemampuan memantau (monitoring), merekam (recording), dan mengomunikasikan (communicating) kondisi bahan pangan terkemas, lingkungan internal ruang kepala, atau riwayat distribusi logistik secara real-time. Jika kemasan aktif bertindak langsung mengubah lingkungan internal produk, maka kemasan cerdas beroperasi dalam "Detective Mode ON".



Operasi "Detective Mode ON" diawali dengan mengorporasikan senyawa responsif ke dalam matriks film, tinta cetak, atau label. Senyawa tersebut berinteraksi secara spesifik dengan produk atau lingkungan sekitar (seperti perubahan pH, pelepasan amina, fluktuasi gas CO₂/O₂, atau akumulasi suhu). Sinyal reaksi kimia diteruskan ke indikator, yang kemudian menyajikan informasi visual intuitif (perubahan warna) atau digital bagi konsumen dan pelaku rantai pasok.

2.2 SAINS MATERIAL, REAGENSIA, DAN MEKANISME KERJA INDIKATOR CERDAS

Berdasarkan parameter yang diukur, indikator cerdas dikelompokkan menjadi tiga kategori utama:

A. Indikator Gas (CO₂ dan O₂)

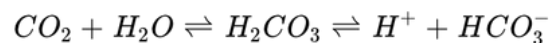
Indikator gas memantau kebocoran kemasan, efektivitas penyerapan oksigen, atau dinamika fermentasi dan respirasi produk.

- Reagensia Indikator CO₂: Bromothymol blue, Phenol red.
- Reagensia Indikator O₂: Methylene blue, Resazurin, Indigo carmine.



CJ CheilJedang (Korea Selatan) memenangkan WorldStar Award 2023 pada kategori Labelling & Decoration melalui pembuatan indikator kematangan kimchi berbasis fenomena difusi gas CO₂.

Fermentasi kimchi oleh bakteri asam laktat menghasilkan gas CO₂ yang terakumulasi di dalam kemasan. Gas CO₂ berdifusi menembus membran terintegrasi pada label dan melarut dalam tinta indikator responsif gas. Kesetimbangan asam karbonat yang terbentuk dirumuskan secara kimiawi sebagai berikut:



Peningkatan ion hidrogen (H^+) menurunkan pH lokal tinta indikator, memicu pergeseran warna visual berurutan yang memandu waktu konsumsi terbaik:

1. Fresh State (Awal Fermentasi): Konsentrasi CO_2 rendah, pH netral (7), warna indikator Hijau.
2. Good Ripening State (Kematangan Optimal): Konsentrasi CO_2 sedang, pH agak asam (6), warna indikator Kuning-Hijau.
3. Overripe State (Sangat Matang / Terlalu Asam): Konsentrasi CO_2 tinggi, pH lebih asam (5), warna indikator Orange

B. Indikator pH dan Deteksi Amina Biogenik

Pembusukan makanan kaya protein (daging, ikan, unggas) oleh aktivitas bakteri memicu pemutusan ikatan asam amino dan menghasilkan senyawa alkali volatil seperti amonia (NH_3) dan amina biogenik (trimethylamine / TMA, dimethylamine, putrescine, cadaverine, histamine).

- Reagensia Rentang Asam (Acid-range): Methyl red, Methyl orange, Bromocresol green. Reagensia ini peka terhadap perubahan pH awal atau pembentukan asam organik.
- Reagensia Rentang Basa (Base-range): Phenolphthalein. Reagensia ini peka terhadap akumulasi amina volatil pembusukan alkali.

C. Indikator Waktu-Suhu (Time-Temperature Indicators / TTI)

Indikator TTI merekam riwayat akumulasi paparan suhu dari waktu ke waktu untuk memprediksi sisa masa simpan pangan. Indikator TTI secara umum menggunakan Leuco Dye System (Mekanisme Reversibel). Sistem ini terdiri dari tiga komponen utama: pewarna leuco (leuco dye), pengembang warna (color developer), dan matriks pelarut (solvent matrix) seperti asam lemak atau fatty alcohol. Mekanisme Perubahan Warna Reversibel Penutup Botol Termokromik ThermoShield (Pemenang WorldStar Award 2023):

- Kondisi Dingin (Cold Storage): Penutup botol berwarna Hitam (Pelarut padat menyatukan Leuco Dye & Developer).
- Kondisi Panas (Temperature Abuse): Penutup botol berubah warna menjadi Kuning (Pelarut mencair memisahkan Leuco Dye & Developer)



2.3 PANDUAN PEMILIHAN MATERIAL (DO'S & DON'TS) DAN SPEKTRUM PH

Kelemahan utama indikator cerdas adalah potensi sinyal palsu (*false readings*) akibat interaksi kimia yang tidak diinginkan antara bahan kemas, sifat bahan pangan, dan senyawa indikator. Pemilihan material yang tepat wajib mengikuti panduan berikut

A. Matriks Kompatibilitas Material

Karakteristik Pangan	Rekomendasi Aplikasi (DO'S)	Larangan Aplikasi (DON'TS)	Penjelasan Sains & Risiko Keselamatan
Garam Tinggi (<i>High Salt</i>)	PP/HDPE; Kontak tidak langsung tinta indikator CO ₂ /pH untuk menginformasikan kerusakan; Kontak tidak langsung tinta indikator suhu.	Logam tanpa pelapis (<i>uncoated metal</i>); Tinta larut air (<i>water-soluble inks</i>); Kontak langsung pewarna pH.	Ion Na ⁺ dan Cl ⁻ mempercepat korosi logam dan memicu migrasi toksik. Pewarna pH berbobot molekul rendah sangat reaktif, memicu sinyal palsu.
Lemak Tinggi (<i>High Fat</i>)	PP/HDPE; Kontak tidak langsung tinta indikator CO ₂ /pH; Kontak tidak langsung tinta indikator O ₂ .	PVC; EPS (Styrofoam); Kontak langsung pewarna larut minyak (<i>leuco dye</i>) & pewarna pH.	Lemak melarutkan <i>plasticizer</i> dan pewarna lipofilik, meningkatkan migrasi toksik. Risiko migrasi monomer stirena dari EPS. Pewarna pH berbobot molekul rendah mudah bermigrasi.
Pengisian Panas (<i>Hot Filled / Hot Packed</i>)	PP/HDPE/PET tahan panas, atau multilayer (PE/Aluminium foil inner); Fitur cerdas diaplikasikan pasca-proses termal & pada permukaan luar saja.	EPS (Styrofoam); Plastik bertitik leleh rendah; Pewarna alami (antosianin); Kontak langsung pewarna pH.	Suhu tinggi memicu migrasi stirena dan melelehkan plastik. Panas mendegradasi senyawa pewarna alami (antosianin). Pewarna pH berbobot molekul rendah berisiko bermigrasi.

Karakteristik Pangan	Rekomendasi Aplikasi (DO'S)	Larangan Aplikasi (DON'TS)	Penjelasan Sains & Risiko Keselamatan
pH Rendah (<i>Low pH / Asam</i>)	PP/PET; Kontak tidak langsung tinta indikator CO ₂ / pH rentang asam.	Bahan berbasis kertas (<i>paper-based</i>); Aluminium tanpa pelapis; Pewarna alami (antosianin); Kontak langsung pewarna pH.	Lingkungan asam mendestabilisasi kertas, mempercepat korosi aluminium dan migrasi senyawa aluminium. Pewarna pH berbobot molekul rendah berisiko bermigrasi.
pH Tinggi (<i>High pH / Alkali</i>)	PP/HDPE; Kontak tidak langsung tinta indikator amina.	Aluminium tanpa pelapis; Poliamida (<i>nylon</i>) kualitas rendah; Pewarna pH rentang asam (<i>Methyl orange, Bromophenol blue</i>).	Kondisi alkali memutuskan ikatan ester dan amida pada polimer, melemahkan struktur kemasan. Pewarna pH rentang asam tidak peka terhadap pembusukan alkali (bisa terhadap kerusakan).

B. Spektrum pH Pangan & Minuman dan Implikasi Indikator

Pemilihan indikator pH harus disesuaikan dengan derajat keasaman alami produk pangan:

- **pH 2.0 – 4.5 (Sangat Asam - Asam):** Minuman soda, jus buah (apel, nanas, pir, anggur, lemon), cuka, pemanis, keju, wine, minuman berenergi, minuman berkarbonasi.
- *Implikasi:* Membutuhkan indikator rentang asam spesifik. Hindari bahan kemas kertas dan aluminium tanpa pelapis.
- **pH 4.6 – 6.5 (Asam Lemah):** Daging sapi, roti tawar putih, susu, kopi, wortel, pisang, tomat, ketimun, pasta, bir, coklat, kacang.
- *Implikasi:* Titik acuan ideal untuk pemantauan CO₂ fermentasi atau awal pelepasan asam/amina.
- **pH 6.6 – 7.5 (Netral):** Telur, air keran, air yang dimurnikan, teh, air sungai, air distilasi, ASI, salmon, kelapa.
- *Implikasi:* Baseline netral ideal untuk indikator kesegaran serbaguna.
- **pH 7.6 – 10.0+ (Alkali / Basa):** Apricot, melon, mangga, pepaya, cherry, zaitun, bawang bombai, kedelai, kacang hijau, hati, oyster, bayam, kubis, brokoli, rumput laut, WTR Premium Drinking Water, air laut.
- *Implikasi:* Membutuhkan indikator amina/basa (*base-range*). Indikator rentang asam tidak akan terdeteksi.

TUGAS

STUDI KASUS

A. DESKRIPSI KASUS

PT Indomilk menghadapi masalah pemalsuan label tanggal kedaluwarsa oleh pihak yang tidak bertanggung jawab. Pada produk Susu Steril Indomilk, informasi tanggal produksi dan kedaluwarsa yang dicetak secara konvensional relatif mudah dihapus dan dicetak ulang.

Kondisi tersebut menimbulkan beberapa permasalahan, yaitu:

1. Menurunnya kepercayaan konsumen terhadap informasi tanggal kedaluwarsa pada kemasan.
2. Meningkatnya risiko konsumen memperoleh produk yang telah melewati masa simpannya.
3. Berpotensi menurunkan kredibilitas dan citra merek.
4. Sistem kemasan konvensional belum mampu memberikan informasi kondisi produk secara independen dan sulit dipalsukan.

PT Indomilk kemudian mempertimbangkan penerapan smart packaging, khususnya intelligent packaging, untuk meningkatkan keandalan informasi mengenai kondisi dan keamanan produk.

B. IDENTIFIKASI MASALAH

Berdasarkan kasus tersebut:

1. Identifikasi permasalahan utama pada sistem pengemasan konvensional yang digunakan.
2. Jelaskan mengapa informasi tanggal kedaluwarsa saja belum tentu dapat menggambarkan kondisi aktual produk.

Bobot: 15 poin

C. PEMILIHAN TEKNOLOGI

PT Indomilk ingin menerapkan smart packaging.

1. Apakah permasalahan tersebut lebih tepat diselesaikan dengan active packaging, intelligent packaging, atau kombinasi keduanya? Jelaskan alasan Anda.
2. Tentukan minimal satu teknologi intelligent packaging yang paling sesuai untuk kasus tersebut.

Bobot: 20 poin

D. MEKANISME “DETECTIVE MODE ON”

Jelaskan mekanisme kerja teknologi yang Anda pilih

Bobot: 25 poin

E. RANCANGAN SMART PACKAGING

Buatlah konsep sederhana smart packaging untuk produk Susu Steril Indomilk.

Rancangan minimal memuat:

- lokasi/posisi indikator atau sensor pada kemasan;
- komponen atau teknologi yang digunakan;
- parameter yang dideteksi;
- perubahan/sinyal yang dihasilkan;
- bagaimana konsumen membaca informasi tersebut.

Sertakan gambar/skema sederhana.



Bobot: 20 poin

F. EVALUASI SOLUSI

Menurut rancangan Anda:

1. Bagaimana teknologi tersebut dapat meningkatkan keandalan informasi dibandingkan label tanggal kedaluwarsa konvensional?
2. Apa keterbatasan atau risiko penerapan teknologi tersebut?
3. Apa yang perlu dipertimbangkan agar teknologi tersebut dapat diterapkan secara realistis pada industri pangan?

Bobot: 15 poin

DAFTAR PUSTAKA

Ahvenainen, R. (Ed.). (2003). Novel food packaging techniques. Woodhead Publishing.

Biji, K. B., Ravishankar, C. N., Mohan, C. O., & Srinivasa Gopal, T. K. (2015). Smart packaging systems for food applications: A review. *Journal of Food Science and Technology*, 52(10), 6125–6135. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-1899-2>

European Commission. (2009). Commission Regulation (EC) No 450/2009 of 29 May 2009 on active and intelligent materials and articles intended to come into contact with food. *Official Journal of the European Union*, L 135, 3–11.

European Parliament and Council. (2004). Regulation (EC) No 1935/2004 on materials and articles intended to come into contact with food. *Official Journal of the European Union*, L 338, 4–17.

Fang, Z., Zhao, Y., Warner, R. D., & Johnson, S. K. (2017). Active and intelligent packaging in meat industry. *Trends in Food Science & Technology*, 61, 60–71. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.01.002>

Kerry, J. P., O'Grady, M. N., & Hogan, S. A. (2006). Past, current and future trends in food packaging with a focus on active and intelligent packaging. *Meat Science*, 74(1), 113–130. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.04.024>

Taoukis, P. S., & Labuza, T. P. (1989). Applicability of time-temperature indicators as shelf life monitors of food products. *Journal of Food Science*, 54(4), 783–788. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1989.tb07882.x>

Vaikousi, H., Biliaderis, C. G., & Koutsoumanis, K. P. (2008). Development of a microbial time/temperature indicator prototype for monitoring the microbiological quality of chilled foods. *Applied and Environmental Microbiology*, 74(10), 3242–3250. <https://doi.org/10.1128/AEM.00084-08>

Vetropack Group. (2025). Reusable lightweight glass bottle from Vetropack wins second WorldStar Award. Vetropack Media Release.

World Packaging Organisation. (2023). WorldStar Packaging Awards 2023 Winners Catalogue. WPO Publication.

World Packaging Organisation. (2025). WorldStar Packaging Awards 2025 Winners Catalogue. WPO Publication.