

## TEKNOLOGI PENGEMASAN AKTIF

Saat ini permintaan konsumen akan kemasan bahan pangan adalah teknik pengemasan yang ramah lingkungan, produk yang lebih alami dan tanpa menggunakan bahan pengawet. Industri-industri pengolahan pangan juga berusaha untuk meningkatkan masa simpan dan keamanan dari produk. Teknologi pengemasan bahan pangan yang modern mencakup pengemasan atmosfer termodifikasi (*Modified Atmosfer Packaging/ MAP*), pengemasan aktif (*Active Packaging*) dan *Smart Packaging*, bertujuan untuk semaksimal mungkin meningkatkan keamanan dan mutu bahan sebagaimana bahan alaminya.

Pengemasan atmosfer termodifikasi (MAP) adalah pengemasan produk dengan menggunakan bahan kemasan yang dapat menahan keluar masuknya gas sehingga konsentrasi gas di dalam kemasan berubah dan ini menyebabkan laju respirasi produk menurun, mengurangi pertumbuhan mikrobia, mengurangi kerusakan oleh enzim serta memperpanjang umur simpan. MAP banyak digunakan dalam teknologi olah minimal buah-buahan dan sayuran segar serta bahan-bahan pangan yang siap santap (*ready-to eat*).

Saat ini MAP telah berkembang dengan sangat pesat, hal ini didorong oleh kemajuan fabrikasi film kemasan yang dapat menghasilkan kemasan dengan permeabilitas gas yang luas serta tersedianya adsorber untuk O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, etilen dan air.

Ahli-ahli pengemasan sering menganggap bahwa MAP merupakan satu dari bentuk kemasan aktif, karena banyak metode kemasan aktif juga memodifikasi komposisi udara di dalam kemasan bahan pangan. Ide penggunaan kemasan aktif bukanlah hal yang baru, tetapi keuntungan dari segi mutu dan nilai ekonomi dari teknik ini merupakan perkembangan terbaru dalam industri kemasan bahan pangan. Keuntungan dari teknik kemasan aktif adalah tidak mahal (relatif terhadap harga produk yang dikemas), ramah lingkungan, mempunyai nilai estetika yang dapat diterima dan sesuai untuk sistem distribusi.

## A. PENGERTIAN

Istilah lain dari kemasan aktif (*active packaging*) adalah *smart*, *interactive*, *clever* atau *intelligent packaging*. Defenisi dari kemasan aktif adalah teknik kemasan yang mempunyai sebuah indikator eksternal atau internal untuk menunjukkan secara aktif perubahan produk serta menentukan mutunya. Kemasan aktif disebut sebagai kemasan interaktif karena adanya interaksi aktif dari bahan kemasan dengan bahan pangan yang dikemas. Tujuan dari kemasan aktif atau interaktif adalah untuk mempertahankan mutu produk dan memperpanjang masa simpannya.

Pengemasan aktif merupakan kemasan yang mempunyai :

- bahan penyerap O<sub>2</sub> (*oxygen scavengers*)
- bahan penyerap atau penambah (generator) CO<sub>2</sub>
- *ethanol emitters*
- penyerap etilen
- penyerap air
- bahan antimikroba
- heating/cooling
- bahan penyerap (absorber) dan yang dapat mengeluarkan aroma/ flavor
- pelindung cahaya (*photochromic*)

Kemasan aktif juga dilengkapi dengan indikator- indikator yaitu :

- *time-temperature indicator* yang dipasang di permukaan kemasan
- indikator O<sub>2</sub>
- indikator CO<sub>2</sub>
- indikator *physical shock* (kejutan fisik)
- indikator kerusakan atau mutu, yang bereaksi dengan bahan-bahan volatil yang dihasilkan dari reaksi-reaksi kimia, enzimatis dan/atau kerusakan mikroba pada bahan pangan.

Jenis-jenis indikator ini disebut indikator ineraktif atau *smart indicator* karena dapat berinteraksi secara aktif dengan komponen-komponen bahan pangan. Alat pemanas

pada *microwave* seperti *susceptors* dan metode pengaturan suhu lainnya juga dapat digunakan dalam metode pengemasan aktif.

Fungsi cerdas (*smartness*) yang diharapkan dari kemasan aktif saat ini adalah :

- mempertahankan integritas dan mencegah secara aktif kerusakan produk (memperpanjang umur simpan)
- Meningkatkan atribut produk (misalnya penampilan, rasa, flavor, aroma dan lain-lain)
- Memberikan respon secara aktif terhadap perubahan produk atau lingkungan kemasan
- Mengkomunikasikan informasi produk, riwayat produk (*product history*) atau kondisi untuk penggunaannya.
- Memudahkan dalam membuka

## **B. ABSORBER OKSIGEN**

Absorben oksigen secara dipasarkan pertama sekali di Jepang tahun 1977 yaitu berupa absorber berupa besi yang dimasukkan ke dalam kantung (*sachet*). Sejak itu disain dan aplikasi dari absorber oksigen terus berkembang dan Jepang merupakan negara produsen terbesar di dunia dengan produksi 7 bilyun *sachet* pertahun, sedangkan USA memproduksi beberapa ratus juta *sachet* pertahun dan beberapa puluh juta di Eropa.

Absorber oksigen umumnya digunakan untuk menyerap oksigen pada bahan-bahan pangan seperti *hamburger*, pasta segar, mie, kentang goreng, daging asap (*sliced ham* dan sosis), *cakes* dan roti dengan umur simpan panjang, produk-produk konfeksionari, kacang-kacangan, kopi, herba dan rempah-rempah. Penggunaan kantung absorber O<sub>2</sub> memberikan keuntungan khususnya untuk produk-produk yang sensitif terhadap oksigen dan cahaya seperti produk bakery dan pizza, daging ham yang dimasak dimana pertumbuhan jamur dan perubahan warna merupakan masalah utamanya.

Keuntungan penggunaan absorber oksigen sama dengan keuntungan dari MAP yaitu dapat mengurangi konsentrasi oksigen pada level yang sangat rendah (*ultra-low level*) , suatu hal yang tidak mungkin diperoleh pada kemasan gas komersial. Konsentrasi oksigen yang tinggi di dalam kemasan dapat meningkatkan pertumbuhan mikroorganisme, menurunkan nilai gizi bahan pangan, menurunkan nilai sensori (flavor dan warna) serta mempercepat reaksi oksidasi lemak yang menyebabkan ketengikan pada bahan pangan berlemak.

Bahan penyerap oksigen secara aktif akan menurunkan konsentrasi oksigen di dalam *head-space* kemasan hingga 0.01%, mencegah terjadinya proses oksidasi, perubahan warna dan pertumbuhan mikroorganisme. Jika kapasitas absorber mencukupi, maka absorber juga dapat menyerap oksigen yang masuk ke dalam *head-space* kemasan melalui lubang-lubang dan memperpanjang umur simpan bahan yang dikemas.

Keuntungan lain dari penggunaan absorber oksigen adalah biaya investasinya lebih murah dibandingkan biaya pengemasan dengan gas. Pada dasarnya untuk pengemasan aktif hanya dibutuhkan sistem *sealing*. Keuntungan ini menjadi lebih nyata apabila diterapkan untuk kemasan bahan pangan berukuran kecil hingga medium, yang biasanya memerlukan investasi peralatan yang besar. Sebaliknya, kelemahan dari kemasan aktif adalah kemasan ini *visible* (*sachet* atau labelnya terlihat jelas) sedangkan pada kemasan gas , maka gasnya tidak terlihat

Absorber oksigen yang tersedia saat ini pada umumnya berupa bubuk besi (*iron powder*), dimana 1 gram besi akan bereaksi dengan 300 ml O<sub>2</sub>. Kelemahan dari besi sebagai absorber oksigen adalah tidak dapat melalui detektor logam yang biasanya dipasang pada jalur pengemasan. Masalah ini dapat dipecahkan dengan menggunakan absorber oksigen berupa asam askorbat atau enzim.

Ukuran penyerap oksigen yang digunakan tergantung pada jumlah oksigen pada *head-space*, oksigen yang terperangkap di dalam bahan pangan (kadar oksigen awal) dan jumlah oksigen yang akan masuk dari udara di sekitar kemasan selama penyimpanan (laju transmisi oksigen ke dalam kemasan), suhu penyimpanan, aktivitas

air, masa simpan yang diharapkan dari bahan pangan tersebut. Absorber oksigen lebih efektif jika digunakan pada kemasan yang bersifat sebagai *barrier* bagi oksigen, karena jika tidak maka absorber ini akan cepat menjadi jenuh dan kehilangan kemampuannya untuk menyerap oksigen.

Tabel 10.1. Keuntungan (+) dan kelemahan (-) teknik absorber oksigen, vakum dan gas (Hurme *et al.*, 2002).

Ciri-ciri	Gas Packaging	Vacuum Packaging	Absorber Oksigen
Biaya Investasi	-	+	+
Biaya Pengemasan	+	++	-
Keperluan terhadap bahan pengawet	-	-	+
Umur simpan/mutu	+	+	++
Volume kemasan/ hemat ruang	-	++	+
Kemudahan mendeteksi kebocoran	-	+	-
Kesesuaian untuk produk lunak	+	-	+
Visible/Invisible	+	+	+/-
Dapat digunakan pada detektor logam	+	+	+/-*
Pengaruh terhadap lingkungan**	+/-	+/-	+/-

- \* Tergantung type absorber, \*\* Data tidak tersedia
- Sumber : Hurme *et al.*, (2002)

Nama-nama perusahaan yang memproduksi absorber oksigen dan nama dagangnya dapat dilihat pada Tabel 10.2. Ukuran absorber oksigen yang ada di pasar bervariasi dengan kemampuan penyerapan antara 20-2,000 ml O<sub>2</sub>, dan digunakan pada suhu ruang, tetapi beberapa jenis lainnya dapat bereaksi pada suhu dingin bahkan suhu beku. Absorber oksigen juga dapat digunakan pada berbagai type bahan pangan dari yang kadar airnya rendah, intermediet sampai tinggi serta pada bahan-bahan pangan yang berminyak.

Di Amerika Serikat absorber O<sub>2</sub> juga digunakan pada kemasan botol bertutup, seperti bir yang sangat sensitif terhadap O<sub>2</sub>. Teknologi moderen memungkinkan pengisian dan penutupan tutup botol dengan menyisakan oksigen < 500 ppb di dalam botol. Tetapi O<sub>2</sub> masih dapat berpenetrasi ke dalam botol melalui tutup botol, meskipun tekanan di dalam botol mencapai 3 atm. Permeasi ini difasilitasi oleh tekanan parsial O<sub>2</sub> di dalam kemasan yang rendah. Proses oksidasi flavor bir ini dapat dicegah dengan penambahan antioksidan seperti SO<sub>2</sub> dan asam askorbat, tetapi saat ini penggunaan absorber oksigen juga telah berhasil mengatasi hal ini.

Tabel 10.2. Perusahaan dan nama dagang oksigen absorber

Perusahaan	Negara	Nama Dagang
Mitsubishi Gas Chemical Co.,Ltd.	Jepang	Ageless
Toppan Printing Co.,Ltd.	Jepang	Freshilizer
Toagosei Chemical Industry Co.,Ltd	Jepang	Vitalon
Nippon Soda Co.,Ltd.	Jepang	Seaqul
Finetec Co.,Ltd.	Jepang	Sanso-Cut
Multisorb Technologies Co.,Ltd.	USA	FreshMax, FreshPax
Standa Industrie	Perancis	ATCO
Bioka Ltd.	Finlandia	Bioka

Sumber : Hurme *et al.*, (2002)

Bahan penyerap O<sub>2</sub> seperti asam askorbat, sulfit dan besi dimasukkan ke dalam polimer dengan permeabilitas yang sesuai untuk air dan oksigen seperti polivinil klorida (PVC) , sedangkan polietilen dan polipropilen mempunyai permeabilitas yang sangat rendah terhadap air.

### C. BAHAN PENYERAP DAN PENAMBAH CO<sub>2</sub> (ABSORBER DAN EMITTERS CO<sub>2</sub>)

Absorber CO<sub>2</sub> terdiri dari asam askorbat dan besi karbonat sehingga mempunyai fungsi ganda dapat memproduksi CO<sub>2</sub> dengan volume yang sama dengan volume O<sub>2</sub> yang diserap. Hal ini diperlukan untuk mencegah pecahnya kemasan, terutama pada produk-produk yang sensitif terhadap adanya perubahan konsentrasi CO<sub>2</sub> yang mendadak seperti keripik kentang. CO<sub>2</sub> yang dihasilkan dapat larut di dalam

fase cair atau fase lemak dari produk, dan ini akan mengakibatkan terjadinya perubahan flavor. Penggunaan lain dari adsorber dan generator CO<sub>2</sub> ini adalah pada kopi bubuk. Kopi yang di sangrai (*roasted*) dapat mengeluarkan sejumlah CO<sub>2</sub>, dan mengakibatkan pecahnya kemasan karena peningkatan tekanan internal. Reaktan yang biasanya digunakan untuk menyerap CO<sub>2</sub> adalah kalsium hidroksida (Ca(OH)<sub>2</sub>) dengan aktivitas air yang cukup, yang dapat bereaksi dengan CO<sub>2</sub> membentuk kalsium karbonat.

#### **D. ABSORBER ETILEN**

Etilen adalah hormon tanaman yang dihasilkan selama pematangan buah dan sayuran. Etilen dapat memberikan pengaruh yang negatif terhadap produk segar, karena etilen akan mempercepat proses pematangan pada produk seperti pisang dan tomat, sehingga produk menjadi cepat busuk, tetapi jika digunakan pada produk seperti jeruk, maka dapat menghilangkan warna hijau (*degreening*) sehingga dihasilkan jeruk dengan warna kuning yang merata, dan penampilannya lebih baik. Secara umum, etilen merupakan bahan yang tidak diinginkan untuk penyimpanan produk segar, sehingga etilen harus disingkirkan dari lingkungan penyimpanan, hal ini disebabkan karena :

- dalam jumlah sedikit sudah dapat menurunkan mutu dan masa simpan produk
- dapat meningkatkan laju respirasi sehingga akan mempercepat pelunakan jaringan dan kebusukan buah.
- Mempercepat degradasi klorofil yang kemudian akan menyebabkan kerusakan-kerusakan pasca panen lainnya.

Penyerap etilen yang dapat digunakan adalah potasium permanganat (KmnO<sub>4</sub>), karbon aktif dan mineral-mineral lain, yang dimasukkan ke dalam sachet. Bahan yang paling banyak digunakan adalah kalium permanganat yang diserapkan pada silika gel. Permanganat akan mengoksidasi etilen membentuk etanol dan asetat. Bahan penyerap

etilen ini mengandung 5%  $\text{KmnO}_4$  dan dimasukkan ke dalam *sachet* untuk mencegah keluarnya  $\text{KmnO}_4$  karena  $\text{KmnO}_4$  bersifat racun. Jenis penyerap etilen lainnya adalah :

- penyerap berbentuk katalis logam seperti *palladium* yang dijerapkan pada karbon aktif. Etilen diserap dan kemudian diuraikan dengan menggunakan katalis
- karbon aktif yang mengandung bromin, tetapi penggunaannya harus hati-hati karena dapat membentuk gas bromin jika *sachet* tersentuh dengan air.
- mineral –mineral yang mempunyai kemampuan menyerap etilen seperti zeolit, tanah liat dan batu Oya dari Jepang, dilaporkan telah digunakan sejak ribuan tahun lalu untuk penyimpanan produk segar. Dari hasil penelitian diketahui bahwa produk yang di kemas dalam kemasan PE yang di dalamnya terdapat beberapa jenis mineral mempunyai masa simpan yang lebih panjang dibanding yang dikemas tanpa mineral. Hal ini mungkin disebabkan oleh terbukanya pori-pori dari bahan polimer oleh mineral yang terdispersi, sehingga terjadi pertukaran gas di dalamnya.
- Kombinasi diena dan triena yang defisien elektron pada bahan kemasan. Hasil penelitian menunjukkan kombinasi tetrazine yang bersifat hidrofilik dengan polimer PE yang bersifat hidrofobik dapat menurunkan konsnetrasi etilen selama 48 jam. Tetrazine akan berubah warnanya jika sudah jenuh dengan etilen, sehingga dapat digunakan sebagai indikator.

## **E. ABSORBER AIR DAN UAP AIR**

Akumulasi air pada kemasan dapat disebabkan oleh transpirasi produk hortikultura, keluarnya air dari jaringan pada daging atau fluktuasi suhu pada kemasan yang kadar airnya tinggi. Adanya air pada kemasan dapat memacu pertumbuhan mikrobia serta terbentuknya kabut pada permukaan film kemasan, sehingga air dan uap air yang ada pada kemasan harus dikeluarkan.

Lapisan absorber untuk uap air (*Drip-absorber pad*) biasanya digunakan untuk pengemasan daging dan ayam, terdiri dari granula-granula polimer superabsorbent di



antara dua lapisan polimer mikroporous atau *non-woven* yang bagian pinggirnya dikelim. Absorber ini akan menyerap air serta mencegah perubahan warna dari produk dan kemasan. Polimer yang sering digunakan untuk menyerap air adalah garam poliakrilat dan kopolimer dari pati. Polimer superabsorben ini dapat menyerap 100-500 kali dari beratnya sendiri. Alat yang sama dengan skala yang lebih besar digunakan untuk menyerap lelehan es pada transportasi ikan segar dan hasil laut lain melalui udara.

Penurunan kelembaban relatif di sekitar kemasan akan menurunkan aktivitas air di permukaan bahan pangan, sehingga dapat memperpanjang umur simpannya. Kondisi ini dapat diperoleh dengan cara menyerap air dalam bentuk fase uapnya sehingga penggunaan humektan lebih efektif daripada polimer superabsorbing. Perusahaan Showa Denko Co., di Jepang telah mengembangkan film (*Pichit*) yang dapat menyerap uap air dan digunakan untuk rumah tangga. Film ini dilaminasi dengan propilen glikol dan polivinil alkohol (PVA). Film PVA akan menahan glikol tapi permeabilitasnya terhadap air sangat tinggi. Bahan pangan dibungkus di dalam selofan kemudian dimasukkan ke dalam kantung *Pichit* dan disimpan dalam refrigerator. Perbedaan aktivitas air antara bahan pangan dan glikol berarti bahwa air ditarik dari permukaan bahan pangan dan diabsorpsi oleh film. Pengaruh yang diinginkan, misalnya mengeringnya permukaan biasanya akan terjadi dalam waktu 4-6 jam. Masa simpan ikan yang disimpan dikemas dengan bahan penyerap air ini 3-4 hari lebih panjang dari pada ikan yang dikemas tanpa penyerap air. Kantung *Pichit* dapat digunakan kembali yaitu untuk 10 kali penggunaan setelah bahan yang dikemas dikeluarkan dengan cara mencuci kantung di dalam air dan dikeringkan.

Penambahan bahan anti kabut (anti fog) yang dicampur dengan resin polimer sebelum proses ekstrusi dapat mencegah timbulnya kabut dan embun di permukaan kemasan. Bahan amfifilik akan menurunkan tegangan permukaan di antara polimer dan kondensasi air, akibatnya tetesan air akan menyebar sebagai lapisan tipis yang transparan di permukaan film polimer. Konsumen akan dapat melihat dengan jelas produk yang ada di dalamnya, tetapi air masih tetap ada dan berpotensi untuk

menyebabkan kebusukan. Oleh karena itu, perlakuan ini hanya digunakan untuk memperindah bentuk kemasan aktif tapi tidak untuk memperpanjang masa simpannya.

## F. ETHANOL EMITTERS

Etanol digunakan sebagai bahan pengawet selama berabad-abad lamnya. Pada konsentrasi yang tinggi etanol dapat mendenaturasi protein dari kapang dan ragi sehingga dapat bersifat sebagai antimikroba walaupun pada dosis yang rendah. Penyemprotan etanol pada bahan pangan sebelum dikemas dapat memberikan pengaruh yang baik, tetapi pada beberapa kasus pemberian etanol yang dimasukkan ke dalam *sachet* sehingga dapat menghasilkan uap etanol lebih baik dari pada penyemprotan etanol.

Etanol emitters dengan nama dagang *Ethicap* terdiri dari campuran etanol dan air yang dijerap pada bubuk silika oksida, dan dimasukkan ke dalam *sachet* yang terbuat dari kertas dan kopolimer etil vinil asetat (EVA). Bau alkohol dapat ditutupi dengan penambahan flavor seperti vanila, pada *sachet*. Ukuran *sachet* tergantung pada aktivitas air ( $a_w$ ) bahan pangan dan masa simpan yang diinginkan dari produk.

Di Jepang generator uap etanol terutama digunakan untuk produk *bakery* yang berkadar air tinggi dan produk-produk ikan. *Cake* dengan kadar air tinggi masa simpannya 20 kali lebih panjang jika pada kemasannya dimasukkan *sachet* yang dapat mengeluarkan uap etanol.

Keuntungan generator uap etanol adalah memperpanjang umur simpan, menghambat proses *staling* pada produk *bakery*, dan mencegah tumbuhnya mikrobia. Ethanol emitters dimasukkan ke dalam kemasan segera setelah proses pembakaran (*baking*) dan pendinginan dengan kondisi yang steril.

Kelemahan dari penggunaan uap etanol untuk tujuan pengawetan adalah : pembentukan aroma yang tidak diinginkan pada bahan pangan, absorpsi dari *head space* oleh bahan pangan, pada beberapa kasus konsentrasinya pada produk meningkat 2 kali dari konsentrasi awal sehingga menimbulkan masalah dalam standard mutu. Jika sebelum dikonsumsi produk dipanaskan terlebih dahulu dengan oven, maka

etanol yang terakumulasi sebagian besar akan diuapkan. Oleh karena itu produk yang mengandung *ethanol emitters* hendaknya dipanaskan terlebih dahulu sebelum dikonsumsi.

## **G. BAHAN KEMASAN AKTIF**

Komponen-komponen pangan yang tidak diinginkan, dapat dikeluarkan dengan bantuan kemasan yang didisain khusus, sehingga terjadi interaksi selektif antara kemasan dengan bahan produk. Eliminasi komponen pangan lebih dimungkinkan untuk diaplikasikan pada produk cair, dimana molekul-molekulnya bebas bergerak, dan proses pemisahannya tidak dibatasi oleh komponen dengan tekanan uap yang tinggi pada suhu penyimpanan. Teknologi ini hendaknya tidak digunakan untuk menutupi kerusakan produk dari konsumen, misalnya untuk menutupi adanya perubahan bau oleh mikrobia. Sebaliknya kemasan harus dapat mempertahankan komponen-komponen produk pangan yang diinginkan, misalnya zat gizi.

### **1. Bahan Kemasan Yang dapat Menyerap Oksigen**

Penggunaan bahan penyerap oksigen yang dimasukkan ke dalam sachet dan ditempatkan di dalam kemasan produk pangan, mempunyai beberapa kelemahan, yaitu :

- konsumen harus hati-hati, agar sachet tersebut tidak sampai dimakan, dan ini mengharuskan pihak produsen untuk membuat label "Jangan Dimakan" pada sachet absorber.
- *sachet* harus dibuat dari bahan yang tidak mudah sobek

Kelemahan ini dapat diatasi dengan membuat absorber oksigen sebagai bagian dari kemasan, dengan cara mengintegrasikan absorber oksigen dengan film polimer, adhesif, tinta atau bahan pelapis (*coating*). Substrat yang mengkonsumsi oksigen dapat berupa polimer itu sendiri atau komponen-komponen lain pada kemasan yang mudah teroksidasi. Absorber oksigen yang dapat dicampur dengan film polimer adalah sulfit logam, asam askorbat dan besi.

Penggunaan adsorber oksigen yang dicampur dengan bahan kemasan menimbulkan masalah, yaitu film kemasan tersebut harus stabil pada kondisi udara biasa sebelum digunakan sebagai bahan kemasan, atau film kemasan tersebut tidak boleh menyerap oksigen sebelum bahan pangan dikemas. Masalah ini dapat diatasi dengan memasukkan beberapa jenis mekanisme aktivasi yang memicu kemampuan film untuk menyerap oksigen, pada sistem kemasan. Misalnya dengan menambahkan katalis pada saat pengisian produk atau memaparkan cahaya pada kemasan sehingga reaksi penyerapan oksigen dapat terjadi.

Hasil penelitian di Australia menunjukkan bahwa reaksi penyerapan oksigen oleh besi berlangsung sangat lambat. Oleh karena itu para peneliti kemudian mengembangkan zat warna yang sensitif terhadap cahaya yang dicampur dengan film polimer, ketika film diiradiasi dengan sinar ultra violet, zat pewarna akan mengaktivasi  $O_2$  ke bentuk singletnya sehingga reaksi pengeluaran oksigen menjadi lebih cepat. Metode lain adalah meningkatkan kadar air untuk memicu reaksi penyerapan oksigen. Penggunaan sebuah permukaan reaktor enzim yang terdiri dari campuran enzim enzim glukosa oksidase dan katalase juga merupakan cara lain untuk mengatur konsentrasi  $O_2$  di dalam kemasan pangan. Enzim mudah dilekatkan pada permukaan poliolefin seperti PE dan PP karena kedua kemasan ini merupakan substrat yang baik untuk immobilisasi enzim.

Kemampuan film kemasan yang dicampur dengan bahan penyerap oksigen untuk menyerap oksigen lebih kecil daripada absorben oksigen yang dimasukkan ke dalam sachet. Oleh karena itu aplikasinya sebelum dipasarkan masih harus mempertimbangkan segi-segi ekonomisnya.

## **2. Bahan Kemasan dengan Antioksidan**

Industri kemasan menggunakan antioksidan untuk kestabilan kemasan, dan saat ini antioksidan yang dikembangkan adalah antioksidan alami untuk menggantikan

antioksidan sintesis. Di dalam kemasan, antioksidan berfungsi sebagai *barrier* bagi difusi O<sub>2</sub> serta mentransfernya ke produk yang dikemas untuk mencegah reaksi oksidasi. Vitamin E dapat digunakan sebagai antioksidan, serta dapat dimigrasikan ke bahan pangan. Pelepasan vitamin E dari kemasan ke bahan pangan dapat menggantikan antioksidan sintesis. Saat ini antioksidan yang banyak dipakai adalah BHT (*Butylated hidroxytoluen*).

### **3. Bahan Kemasan Enzimatis**

Enzim yang dapat merubah produk secara biokimia dapat digabung dengan bahan kemasan. Kelebihan kolesterol dapat menyebabkan penyakit jantung, dan penambahan enzim kolesterol reduktase ke dalam susu akan mengurangi resiko kelebihan kolesterol. Konsumsi produk hasil ternak yang mengandung laktosa pada golongan orang tertentu dapat menyebabkan laktose intoleran. Penambahan enzim laktase pada bahan kemasan susu dapat mengurangi kandungan laktosa pada susu yang dikemasnya.

### **4. Antimikroba Di Dalam Bahan Kemasan**

Antimikroba yang dicampur atau diberikan pada permukaan bahan pangan akan memperpanjang umur simpan bahan pangan tersebut. Penambahan antimikroba mungkin juga dilakukan dengan cara mencampurnya ke dalam bahan kemasan yang kemudian dalam jumlah kecil akan bermigrasi ke dalam bahan pangan. Cara ini efektif diberikan pada kemasan vakum karena bahan kemasan dapat bersentuhan langsung dengan permukaan pangan.

Bahan yang mempunyai pengaruh antimikroba, misalnya nisin yang diproduksi oleh *Lactococcus lactis*, asam organik, ester dan sorbat, serta bahan kemasan yang mengandung kitosan, allil-isotiosianat yang diperoleh dari lobak dan oligosakarida siklik.

Beberapa bahan kemasan komersial yang mengandung antimikroba adalah :

- partikel keramik yang mengandung komponen aktif yaitu aluminium silikat dan perak
- bubuk kering yang dibuat dengan mengantikan antimikroba tembaga atau perak pada atom kalsium dari hidroksiapatit
- zeolit sintesis dan perak
- Tembaga dan mangan, atau nikel dan perak yang mengandung zeolit
- Magnesium oksida dan zink oksida juga terbukti mempunyai kemampuan sebagai bakterisida dan bakteristatis.

Pelepasan bahan antimikroba di dalam kemasan dapat diperoleh dengan beberapa cara, yaitu :

- secara tradisional dengan cara menambahkan sachet berisi bahan anti mikroba dan bersifat permeable atau porous ke dalam kemasan
- mengkombinasikan bahan-bahan pengawet ke dalam atau di atas bahan kemasan polimer dengan cara mencampur atau menggunakan teknik pelapisan lain
- meletakkan bahan antimikroba diantara lapisan atau dienkapsulasi agar dapat keluar secara perlahan-lahan menuju bahan pangan
- menggunakan enzim yang diimobilisasi dan bahan yang mempunyai gugus fungsional antimikroba yang terikat secara kimia pada permukaan bahan.

Beberapa gugus fungsional yang memiliki aktivitas antimikroba telah ditambahkan dan diimobilisasi pada permukaan film polimer dengan modifikasi metode kimia sebagai berikut :

- Peptida yang terikat secara kovalen dengan resin tidak larut air dan mempunyai aktivitas antimikroba
- Polimer yang permukaannya disinari dengan sinar laser merupakan cara yang efektif untuk memperbaiki sifat-sifat adhesi dari polimer , memodifikasi sifat penghambatan (*barrier*) dan memberikan aktivitas antimikroba pada polimer. Penggunaan iradiasi UV pada panjang gelombang 193 nm menggunakan UV

*excimer laser* akan mengubah gugus amida pada permukaan plastik poliamida menjadi amin dan mempunyai aktivitas antimikroba.

Bahan-bahan yang dapat digunakan sebagai antimikroba adalah etanol dan alkohol lain, asam organik, garam (sorbit, benzoat, propionat), bakteriosin dan lain-lain.

## **H. BAHAN PENGIKAT AROMA**

Selama penyimpanan produk yang dikemas dapat menghasilkan flavor yang tidak diinginkan, yang dapat berasal dari degradasi komponen bahan pangan, atau penyerapan bau dari lingkungannya. Jika pada bahan kemasan dapat ditambahkan bahan yang dapat mengikat aroma-aroma yang tidak diinginkan, maka penurunan mutu sensori produk dapat dicegah.

Penambahan komponen-komponen yang dapat mengikat aroma pada bahan kemasan, saat ini belum terdapat secara komersial, tetapi hasil penelitian menunjukkan bahwa hal ini mungkin untuk dilakukan. Misalnya kemampuan poliamida dan selulosa ester untuk mengeluarkan limonin yang terasa pahit pada juice jeruk. Pelapisan botol plastik dengan selulosa triasetat, akan mengurangi kadar limonin sebanyak 25% selama 3 hari.

Degradasi protein dari ikan akan menghasilkan amin yang mengandung komponen *malodorous* yang tidak diinginkan. Dari hasil penelitian di Jepang, ternyata penggunaan polimer yang dikombinasikan dengan asam sitrat dapat menghilangkan komponen amin dari produk ikan. Kantung yang berisi garam besi dan asam sitrat juga dapat menyerap amin. Tapi cara ini dapat menyebabkan terjadinya reaksi yang tidak diinginkan, yaitu terbentuknya aldehid melalui reaksi autooksidasi lemak, sehingga produk menjadi tidak disukai. Hal ini merupakan masalah utama dalam penyimpanan produk-produk berlemak seperti keripik, kacang-kacangan, sereal dan biskuit.

Dupont yang merupakan salah satu perusahaan yang memproduksi plastik kemasan, saat ini sudah mengembangkan kemasan pangan yang dapat mengeluarkan

aldehid dari *head-space* kemasan. Formulasi pelapisan yang terdiri dari komponen zink dan asam polikarboksilat dapat menghilangkan noda jika diberikan pada bahan polimer untuk kemasan.

Kehilangan bau dan flavor pada bahan pangan dapat disebabkan oleh kemasan itu sendiri. Bahan-bahan aditif dan monomer kemasan dapat bermigrasi ke dalam bahan pangan yang menyebabkan perubahan nilai organoleptik yang tidak diinginkan. Monomer stiren dalam konsentrasi yang sangat kecil menimbulkan masalah noda. Hasil penelitian menunjukkan myrcene yang dimasukkan ke dalam bahan kemasan stiren dapat menghilangkan pengaruh ini melalui reaksi dengan monomer stiren yang tertinggal.

Komponen naringin yang menimbulkan rasa pahit pada juice jeruk dapat dihilangkan dengan cara menambahkan enzim naringinase pada bahan kemasannya, sehingga juice jeruk yang dihasilkan rasanya lebih manis dan disukai oleh konsumen.

Cara lain untuk menutupi flavor yang tidak diinginkan, adalah dengan menambahkan flavor yang tajam ke dalam bahan kemasan, dalam bentuk aroma yang dienkapsulasi, dan aroma ini akan keluar ketika kemasan dibuka.

Masalah utama dalam penambahan bahan-bahan tambahan ini ke dalam kemasan, adalah laju pengeluarannya dari kemasan ke bahan pangan. Cara untuk mengontrol laju pengeluaran komponen ini adalah dengan memilih jenis polimer yang mempunyai karakteristik difusi terhadap komponen tersebut.

## **I. FILM YANG SENSITIF TERHADAP SUHU**

Permeabilitas film akan meningkat dengan meningkatnya suhu, dan hal ini perlu diperhitungkan dengan teliti sebelum memilih jenis film kemasan yang akan digunakan. Dalam beberapa hal peningkatan permeabilitas ini diinginkan, misalnya pada produk-produk yang berespirasi, yaitu untuk mencegah terjadinya respirasi anaerob. Manipulasi film kemasan dapat dilakukan dengan meningkatkan permeabilitasnya dan/atau merubah permeabilitas terhadap  $O_2$  dan  $CO_2$  melalui perilaku respirasi produk.



Pembuatan lubang perforasi dengan ukuran beberapa mikron akan memberikan kondisi yang diinginkan pada beberapa produk segar, atau dengan membuat film dari dua lapisan film yang sama, atau dari dua lapisan film dengan ketebalan yang berbeda tapi bahannya sama. Jika suhu meningkat atau turun, lapisan-lapisan akan berekspansi pada laju yang berbeda.

Cara lain yang dapat dilakukan untuk produk-produk dengan laju respirasi tinggi, adalah menambahkan bahan pengisi tertentu pada resin polimer, sehingga film akan berisi mikroporous yang memfasilitasi keluar masuknya gas dari kemasan. Permeabilitas kemasan terhadap gas dipengaruhi oleh ukuran partikel dan jumlah bahan pengisi serta daya tarik film. Bahan-bahan pengisi ini dapat berupa  $\text{CaCO}_3$  dan  $\text{SiO}_2$ .

## **J. KEMASAN YANG DAPAT MENGENDALIKAN SUHU**

Sifat- sifat sensori dari produk sangat dipengaruhi oleh suhu. Jika produk langsung dikonsumsi dari kemasannya, maka diharapkan penggunaan kemasan dapat membantu memberikan suhu yang optimum untuk produk tersebut.

### ***1. Self-heating***

Saat ini di pasaran telah tersedia jenis kemasan yang dapat meningkatkan sendiri suhu di dalamnya, misalnya pada kemasan minuman. Permintaan akan kemasan yang dapat memanaskan sendiri ini semakin meningkat terutama untuk bahan-bahan pangan yang dikonsumsi dalam keadaan panas, seperti sop dan kopi, sehingga harus dipanaskan terlebih dahulu sebelum dikonsumsi. Dengan menggunakan kemasan yang dapat memanaskan sendiri begitu kemasan dibuka, maka makanan tersebut tidak perlu lagi dipanaskan sebelum dikonsumsi.

Prinsip pemanasan didasarkan pada teori bahwa jika bahan-bahan kimia tertentu tercampur maka akan dihasilkan panas. Contohnya adalah campuran antara besi, magnesium dan air garam pada makanan siap saji, dapat memanaskan makanan

tersebut ketika kemasannya dibuka, dan makanan tidak perlu dipanaskan terlebih dahulu sebelum dikonsumsi.

Logam-logam ini ditambahkan ke dalam kemasan kantung PET, air garam (*salt water*) dimasukkan ke dalam kantung yang terpisah dan kantung ini kemudian dimasukkan ke dalam kantung yang berisi logam, kemudian dimasukkan ke dalam kemasan bahan pangan, dan diletakkan pada wadah tahan panas. Dalam waktu 15 menit suhu bahan pangan akan mencapai 60°C. Kemasan lain yang berfungsi memanaskan sendiri adalah dengan menggunakan reaksi antara kapur (*lime*) dengan air.

## **2. Self-cooling**

Kemasan *self cooling* digunakan untuk kemasan bir dan minuman ringan. Kemasan ini sudah tersedia pertama kali diproduksi oleh perusahaan *Crown Cork & Seal*, yaitu berupa kemasan minuman ringan dari kaleng (yang diproduksi oleh *Temptra Technologies*). Teknologi *Crown/Temptra* ini menggunakan panas laten penguapan air untuk menghasilkan pengaruh mendinginkan. Air terikat pada lapisan gel yang dikemas terpisah dari kaleng minuman, dan panasnya dapat langsung mengenai minuman. Konsumen memutar dasar kaleng untuk membuka katup yang akan menyentuh desikan yang berada terpisah di bagian luarnya. Kemudian akan terjadi penguapan air pada suhu ruang, dan penurunan suhu hingga 16.7°C terjadi dalam waktu 3 menit.

Metode lain adalah dengan memasukkan bahan berupa amonium klorida dan amonium nitrat yang dimasukkan ke dalam ruang kosing dari kaleng. Jika amonium klorida dan amonium nitrat tercampur dengan air, maka campuran ini akan menyerap panas dan menurunkan suhu produk. Cara ini memerlukan pengocokan kemasan sebelum didinginkan, sehingga tidak cocok digunakan untuk minuman berkarbonasi dan bir.

## **K. TEKNIK INTELLIGENT PACKAGING**

Teknik kemasan pintar yang ada saat ini mempunyai indikator untuk suhu dan indikator O<sub>2</sub>. Indikator ini bertujuan untuk menunjukkan apakah mutu produk di dalamnya sudah menurun, sebelum produk tersebut menjadi rusak. Contoh indikator-indikator dalam kemasan aktif dapat dilihat pada Tabel 10.3 dan 10.4.

Tabel 10.3 Contoh indikator eksternal dan internal yang digunakan pada kemasan aktif (Hu

Teknik	Prinsip/Reagent	Aplikasi
<i>Time-temperature indicators</i> (eksternal)	Mekanis, kimia, enzimatis	Bahan pangan yang disimpan pada suhu dingin atau beku
Indikator O <sub>2</sub> (internal)	Warna redoks, warna pH	Bahan pangan yang dikemas dengan pengurangan konsentrasi O <sub>2</sub>
Indikator pertumbuhan mikroba	Warna pH, warna-warna reaksi dengan metabolit tertentu	Bahan pangan yang mudah rusak

Sumber : Hurme *et al.*, (2002)

Tabel 10.4. Beberapa perusahaan dan nama dagang dari indikator pintar komersial

Perusahaan	Negara	Nama Dagang
Time-temperature indicator		
- Lifelines Technologies Inc.	USA	Fresh-Check
- Trigon Smartpak Ltd	UK	Smartpak
- 3M Packaging System Division	USA	MonitorMark
- Visual Indicator Tag System Ab	Swedia	Vitsab
Indikator oksigen		
- Mitsubishi Gas Chemical Co.Ltd	Jepang	Ageless-Eye
- Toppan Printing Co.,Ltd	Jepang	-
- Tagosei Chem.Industry Co.,Ltd.	Jepang	-
- Finetec Co.,Ltd	Jepang	-

Sumber : Hurme *et al.*, (2002)

### 1. Time-Temperature Indicators

Alat ini menunjukkan jika terjadi kesalahan dalam suhu penyimpanan, dan juga menduga sisa umur dari produk pangan. Ada dua *type time-temperature indicator* yaitu :

- yang memberikan perubahan suhu yang masuk untuk menunjukkan kumulatif dari perubahan suhu di atas suhu kritis dan lamanya perubahan suhu itu terjadi (*Time-temperature indicators* – TTI)
- yang memberikan informasi apakah suhu berada di atas atau di bawah suhu kritis (*Temperature indicators* – TI)

Label TI yang diletakkan pada kemasan pangan, akan memberikan informasi mengenai panas yang masuk ke dalam kemasan selama distribusinya, biasanya ditunjukkan dengan respons yang dapat dilihat dalam bentuk deformasi mekanis, perubahan warna atau pergerakan warna. Ratusan paten telah dikeluarkan untuk penemuan-penemuan mengenai TI dan TTI, tapi hanya sedikit yang digunakan secara komersial.

Syarat-syarat TTI untuk dapat digunakan secara komersial dalam kemasan pangan adalah :

- mudah untuk digunakan dan diaktivasi
- tidak merusak kemasan
- harus diaplikasikan dan diaktivasi pada saat pengemasan (bukan sebelum pengemasan). TTI yang ada saat ini biasanya sudah aktif sebelum digunakan untuk kemasan, sehingga harus disimpan pada suhu di bawah titik kritisnya atau harus diaktivasi secara fisik sebelum digunakan.
- harus memberikan respon yang akurat mengenai perubahan suhu penyimpanan dan fluktuasi suhu yang cepat. Respon ini harus tidak dapat balik (*irreversible*) dan berkorelasi dengan kerusakan aktual pada bahan pangan.
- Mempunyai kemampuan untuk mengakumulasi pengaruh suhu dan waktu selama periode penyimpanan.
- mudah dibaca dan jelas sehingga tidak terjadi kesalahpahaman oleh konsumen.

Prinsip penggunaan alat TTI terdiri dari reaksi enzim, polimerisasi, korosi, suhu titik leleh dan kristal cair. Pada umumnya, output dari alat ini adalah berupa perubahan atau pergerakan warna, atau kombinasi keduanya. Tiap-tiap produk pangan memberikan reaksi yang berbeda terhadap kondisi penyimpanan, oleh karena

itu diperlukan TTI yang dapat merespon secara benar berbagai kombinasi waktu dan suhu yang kritis.

## **2. Indikator O<sub>2</sub> dan CO<sub>2</sub>**

Permeabilitas kemasan terhadap gas merupakan sifat penting dalam pemilihan jenis kemasan. Jika terjadi kebocoran pada kemasan, maka modifikasi atmosfer di sekitar kemasan yang sudah dibuat optimal sesuai dengan kebutuhan produk, akan rusak, karena gas akan masuk ke dalam kemasan, dan mutu produk pangan menjadi menurun. Oleh karena itu terjadinya kebocoran pada kemasan harus dapat dideteksi untuk menghindari terjadinya kerusakan produk.

Pada kemasan dengan konsentrasi CO<sub>2</sub> yang tinggi, kebocoran berarti terjadinya peningkatan konsentrasi O<sub>2</sub> dan penurunan konsentrasi CO<sub>2</sub> di dalam kemasan, dan ini dapat mengakibatkan pertumbuhan mikroba perusak. Untuk dapat meningkatkan mutu dan keamanan pangan, maka perlu dilakukan pengendalian kerusakan melalui deteksi kebocoran pada kemasan.

Indikator O<sub>2</sub> yang tersedia secara komersial umumnya berbentuk label warna yang dilaminasikan pada film polimer atau tablet. Indikator ini akan bereaksi dengan O<sub>2</sub> yang masuk ke dalam kemasan melalui lubang kemasan yang bocor, atau digunakan sebagai absorber O<sub>2</sub> sehingga semua O<sub>2</sub> yang masuk ke dalam kemasan akan diserap. Indikator O<sub>2</sub> yang paling banyak digunakan adalah Ageless-Eye (diproduksi oleh Mitsubishi Gas Chemical Co., Jepang), yang berupa O<sub>2</sub> scavenger, dan akan berwarna pink jika tidak ada oksigen di lingkungan tersebut (<0.1%) dan berwarna biru jika O<sub>2</sub> lebih dari 0.5%.

Indikator O<sub>2</sub> dapat digunakan untuk memastikan bahwa produk sudah dikemas secara benar. Tetapi, alat ini mempunyai kekurangan di dalam distribusi, karena kebanyakan indikator O<sub>2</sub> sangat sensitif terhadap O<sub>2</sub> dari kemasan gas dan perubahan warnanya bersifat dapat balik (*reversible*). Indikator ini dapat bereaksi dengan sisa O<sub>2</sub> yang ada di dalam kemasan, atau alat ini menunjukkan tidak ada O<sub>2</sub>, karena oksigen

yang ada telah digunakan oleh mikroba perusak untuk pertumbuhannya. Oleh karena itu perubahan warna dari indikator harus tidak dapat balik (*irreversible*).

Tipe visual dari indikator oksigen terdiri dari : perubahan warna redoks, serta komponen reduksi dan komponen alkali. Komponen-komponen tersebut misalnya pelarut (air dan/atau alkohol) dan *bulking agent* (misalnya zeolit, gel silika, bahan selulosa, polimer).

Indikator CO<sub>2</sub> diperlukan pada kemasan dengan konsentrasi CO<sub>2</sub> yang ditentukan (bisa untuk menunjukkan konsentrasi CO<sub>2</sub> yang terlalu rendah atau terlalu tinggi. Contohnya, indikator CO<sub>2</sub> yang terdiri dari 5 *strips* indikator. *Strips* ini terdiri dari bahan yang sensitif terhadap CO<sub>2</sub>, seperti indikator anion dan kation liofolik organik. Konsentrasi CO<sub>2</sub> ditunjukkan oleh perubahan warna dari satu atau lebih *strips*.

### **3. Indikator Kesegaran dan Kematangan**

Label indikator dari COX Recorders (USA) dengan nama dagang Fresh Tag® digunakan untuk menunjukkan kesegaran dari ikan. Indikator ini bereaksi dengan perubahan warna yang terjadi dari pembentukan amin volatil selama penyimpanan ikan. Penggunaan warna pH dengan indikator *bromothymol blue* dapat menunjukkan terjadinya peningkatan konsentrasi CO<sub>2</sub> karena pertumbuhan mikroba, yang sekaligus menunjukkan sudah adanya kerusakan bahan pangan oleh mikrobia. Penggunaan enzim oksidase laktase sebagai bahan yang sensitif terhadap oksigen juga sudah diteliti, api belum digunakan secara komersial.

Indikator kematangan merupakan variasi lain dari kemasan yang mengendalikan suhu, dan dapat mendeteksi serta menunjukkan keadaan bahan yang dipanaskan apakah sudah masak atau belum. Type indikator kematangan (*doneness indicator*) yang umum digunakan adalah indikator berupa tombol untuk kematangan produk ternak. Jika suhu tertentu sudah dicapai, maka tombol indikator akan muncul keluar menginformasikan kepada konsumen bahwa daging sudah masak. Bentuk lainnya adalah perubahan warna jika suhu yang diinginkan sudah tercapai. Keterbatasan dari indikator kematangan adalah sulitnya untuk mengamati perubahan

warna tanpa membuka oven. Alternatif lain untuk mengatasi ini adalah dengan menggunakan tanda berupa suara.

### **DAFTAR BACAAN**

1. Butler, P. 2001. Intelligent packaging for food, beverages, pharmaceuticals and household products. *Materials World* 9(3) : 11-13.
  2. Fellows,P.J. 2000. *Food Processing Technology. Principles and Practice*. 2nd Ed. Woodhead Publishing Ltd., Cambridge, England.
- Hurme, E.,T.S-Malm , R.Ahvenainen and T.Nielsen, 2002. Active and Intelligent Packaging. In : *Minimal Processing Technologies in Food Industry*. T.Ohlsson and