

II. INTERAKSI BAHAN PANGAN DENGAN KEMASAN

A. PENYIMPANGAN MUTU

Penyimpangan mutu adalah penyusutan kualitatif dimana bahan mengalami penurunan mutu sehingga menjadi tidak layak dikonsumsi manusia. Bahan pangan yang rusak mengalami perubahan cita rasa, penurunan nilai gizi atau tidak aman lagi untuk dimakan karena mengganggu kesehatan. Pada kondisi ini maka makanan sudah kadaluarsa atau melewati masa simpan (*shelf life*).

Penyusutan kuantitatif mengakibatkan kehilangan jumlah atau bobot hasil pertanian, dan ini disebabkan oleh penanganan yang kurang baik atau karena gangguan biologi (proses fisiologi, serangan serangga dan tikus). Susut kuantitatif dan susut kualitatif ini penting dalam pengemasan, dan susut kualitatif lebih penting dari susut kuantitatif.

Pengemasan dapat mempengaruhi mutu pangan antara lain melalui:

1. perubahan fisik dan kimia karena migrasi zat-zat kimia dari bahan kemas (monomer plastik, timah putih, korosi).
2. perubahan aroma (flavor), warna, tekstur yang dipengaruhi oleh perpindahan uap air dan O₂.

B. PERUBAHAN YANG TERJADI PADA BAHAN PANGAN

Bahan pangan akan mengalami perubahan-perubahan selama penyimpanan, dan perubahan ini dapat terjadi baik pada bahan pangan segar maupun pada bahan pangan yang sudah mengalami pengolahan. Perubahan-perubahan yang terjadi dapat berupa perubahan biokimia, kimia atau migrasi unsur-unsur ke dalam bahan pangan.

1. Perubahan Biokimiawi

Bahan-bahan pangan segar (belum terolah) misalnya biji-bijian, sayuran, buah-buahan, daging dan susu akan mengalami perubahan biokimia setelah bahan-bahan ini dipanen atau dipisahkan dari induknya. Bahan-bahan segar ini umumnya mengandung air yang cukup tinggi sehingga memungkinkan adanya aktifitas enzim dan menyebabkan terjadinya perubahan warna, tekstur, aroma dan nilai gizi bahan. Contoh perubahan biokimiawi yang terjadi pada bahan pangan adalah pencoklatan pada buah yang memar atau terkupas kulitnya, atau daging segar yang berubah warna menjadi hijau dan berbau busuk.

2. Perubahan Kimiawi dan Migrasi Unsur-Unsur

Perubahan kimiawi yang terjadi pada bahan pangan disebabkan oleh penggunaan antioksidan, fungisida, plastisizer, bahan pewarna dan pestisida yang dapat bermigrasi ke dalam bahan pangan. Pengemasan dapat mencegah terjadinya migrasi bahan-bahan ini ke dalam bahan pangan.

a. Keracunan Logam

Logam-logam seperti timah, besi, timbal dan aluminium dalam jumlah yang besar akan bersifat racun dan berbahaya bagi kesehatan manusia. Batas maksimum kandungan logam dalam bahan pangan menurut FAO/WHO adalah 250 ppm untuk timah dan besi dan 1 ppm untuk timbal. Logam-logam lain yang mungkin mencemari bahan pangan adalah air raksa (Hg), kadmium (Cd), arsen (As), antimon (Sb), tembaga (Cu) dan seng (Zn) yang dapat berasal dari wadah dan mesin pengolahan atau dari campuran bahan kemasan.

Wadah dan mesin pengolahan yang telah mengalami korosi dapat menyebabkan pencemaran logam ke dalam bahan pangan. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi terjadinya korosi adalah asam organik, nitrat, *oxidizing agent*, atau bahan pereduksi, penyimpanan, suhu, kelembaban dan ada tidaknya bahan pelapis (enamel).

Keracunan yang diakibatkan logam-logam ini dapat berupa keracunan ringan atau berat seperti mual-mual, muntah, pusing dan keluarnya keringat dingin yang berlebihan.

b. Migrasi Plastik Ke Dalam Bahan Pangan

Plastik dan bahan-bahan tambahan dalam pembuatan plastik plastisizer, stabilizer dan antioksidan dapat bermigrasi ke dalam bahan pangan yang dikemas dengan kemasan plastik dan mengakibatkan keracunan. Monomer plastik yang dicurigai berbahaya bagi kesehatan manusia adalah vinil klorida, akrilonitril, metacrylonitril, vinilidenklorida dan styrene. Monomer vinil klorida dan akrilonitril berpotensi untuk menyebabkan kanker pada manusia, karena dapat bereaksi dengan komponen DNA yaitu guanin dan sitosin (pada vinil klorida) sedangkan adenin dapat bereaksi dengan akrilonitril (vinil sianida). Metabolit vinil klorida yaitu epoksi kloretilenoksida merupakan senyawa yang bersifat karsinogenik. Tetapi metabolit ini hanya dapat bereaksi dengan DNA jika adenin tidak berpasangan dengan sitosin.

Vinil asetat dapat menimbulkan kanker tiroid, uterus dan hati pada hewan. Vinil klorida dan vinil sianida bersifat mutagenik terhadap mikroba *Salmonella typhimurium*. Akrilonitril dapat membuat cacat lahir pada tikus-tikus yang memakannya.

Monomer akrilat, stirena dan metakrilat serta senyawa turunannya seperti vinil asetat, polivinil klorida (PVC), kaprolaktan, formaldehida, kresol, isosianat organik, heksa-metilendiamin, melamin, epidiklorohidrin, bisphenol dan akrilonitril dapat menyebabkan iritasi pada saluran pencernaan terutama mulut, tenggorokan dan lambung.

Plastisizer seperti ester posporik, ester ftalik, glikolik, chlorinated aromatik dan ester asam adipat dapat menyebabkan iritasi. Plastisizer DBP (Dibutil Ftalat) pada PVC termigrasi cukup banyak yaitu 55-189 mg ke dalam minyak zaitun, minyak jagung, minyak biji kapas dan minyak kedele pada suhu 30°C selama 60 hari kontak. Plastisizer DEHA (Di 2-etilheksil adipat) pada PVC termigrasi ke dalam daging yang

dibungkusnya (yang mengandung kadar lemak 20-90%) sebanyak 14.5-23.5 mg/dm² pada suhu 4°C selama 72 jam.

Plastisizer yang aman untuk kemasan bahan pangan adalah heptil phtalat, dioktil adipat, dimetil heptil adipat, di-N-desil adipat, benzil aktil adipat, ester dari asam sitrat, oleat dan sitrat. Stabilizer yang aman digunakan adalah garam-garam kalsium, magnesium dan natrium, sedangkan antioksidan jarang digunakan karena bersifat karsinogenik.

Laju migrasi monomer ke dalam bahan yang dikemas tergantung dari lingkungan. Konsentrasi residu vinil klorida awal 0.35 ppm termigrasi sebanyak 0.020 ppm selama 106 hari kontak pada suhu 25°C. Monomer akrilonitril keluar dari plastik dan masuk ke dalam makanan secara total setelah 80 hari kontak pada suhu 40°C. Semakin tinggi suhu maka semakin banyak monomer plastik yang termigrasi ke dalam bahan yang dikemas. Oleh karena itu perlu penetapan tanggal kadaluarsa pada bahan yang dikemas dengan kemasan plastik.

Batas ambang maksimum dari monomer yang ditoleransi keberadaannya di dalam bahan pangan ditentukan oleh hasil tes toksisitas (LD 50) serta jumlah makanan yang dikonsumsi/hari. Di Belanda toleransi maksimum yang diizinkan adalah 60 ppm migran dalam makanan atau 0.12 mg/cm² permukaan plastik. Di Jerman toleransi maksimum yang diizinkan adalah 0.06 mg/cm² lembaran plastik. Batas toleransi untuk monomer vinil klorida \leq 0.05 ppm (di Swedia 0.01 ppm). Kantong plastik polietilen dan polipropilen mempunyai daya toksisitas yang rendah yaitu dengan ambang batas maksimum 60 mg/kg bahan pangan.

Metode dan alat yang dapat digunakan untuk mendeteksi dan menganalisa migrasi komponen plastik dalam bahan pangan adalah pelabelan radioaktif, termogravimetri, spektrofotometer, *Gas Chromatography* (GC), *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC) dan *Gas Chromatography-Mass Spectrometer* (GC-MS), yang dapat mendeteksi migran dengan kadar 10⁻²⁰ gram – 10⁻⁶ gram.

Selain monomer plastik, timah putih (Sn) juga dapat bermigrasi pada makanan kaleng dengan batas maksimum 250 mg/kg. Sn merupakan mineral yang secara alami

terdapat pada bahan pangan yaitu sebesar 1 mg/kg dan dibutuhkan oleh manusia dalam jumlah kecil. Dosis racun dari Sn adalah 5-7 mg/kg berat badan. Sn dapat mengkontaminasi bahan pangan melalui wadah/kaleng dan peralatan pengolahan.

C. KERUSAKAN MIKROBIOLOGIS

Bahan kemasan seperti logam, gelas dan plastik merupakan penghalang yang baik untuk masuknya mikroorganisme ke dalam bahan yang dikemas, tetapi penutup kemasan merupakan sumber utama dari kontaminasi. Kemasan yang dilipat atau dijepret atau hanya dilapisi ganda merupakan penutup kemasan yang tidak baik. Penyebab kontaminasi mikroorganisme pada bahan pangan adalah :

- kontaminasi dari udara atau air melalui lubang pada kemasan yang ditutup secara hermetis.
- Penutupan (proses *sealer*) yang tidak sempurna
- Panas yang digunakan dalam proses *sealer* pada film plastik tidak cukup karena *sealer* yang terkontaminasi oleh produk atau pengaturan suhu yang tidak baik.
- Kerusakan seperti sobek atau terlipat pada bahan kemasan.

Kemasan bahan pangan sangat mempengaruhi sterilitas atau keawetan dari bahan pangan yang sudah disterilisasi, diiradiasi atau dipanaskan dengan pemanasan ohmic. Permeabilitas kemasan terhadap gas akan mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme, terutama terhadap mikroorganisme yang anaerob patogen. Untuk melindungi bahan pangan yang dikemas terhadap kontaminasi mikroorganisme, maka perlu dipilih jenis kemasan yang dapat melindungi bahan dari serangan mikroorganisme. Faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan dalam memilih jenis kemasan yang baik untuk mencegah kontaminasi mikroba adalah :

- a. Sifat perlindungannya terhadap produk dari masuknya mikroorganisme dari luar kemasan ke dalam produk.

- b. Kemungkinan berkembang biaknya mikroorganisme di ruangan antara produk dengan tutup (*head space*).
- c. Serangan mikroorganisme terhadap bahan pengemas.

D. KERUSAKAN MEKANIS

Faktor-faktor mekanis yang dapat merusak bahan-bahan hasil pertanian segar dan bahan pangan olahan adalah :

- a. Stress atau tekanan fisik, yaitu kerusakan yang diakibatkan karena jatuh atau oleh adanya gesekan.
- b. Vibrasi (getaran), yang dapat mengakibatkan kerusakan pada bahan atau kemasan selama dalam perjalanan atau distribusi. Untuk menanggulangnya dapat digunakan bahan anti getaran.

Jenis perlindungan yang dapat diberikan kepada bahan pangan atau kemasan bahan pangan untuk mencegah kerusakan mekanis tergantung dari model dan jumlah tumpukan barang atau kemasan, jenis transportasi (darat, laut atau udara) dan jenis barang. Kemampuan kemasan untuk melindungi bahan yang dikemasnya dari kerusakan mekanis tergantung pada kemampuannya terhadap kerusakan akibat tumpukan di gudang atau pada alat transportasi, gesekan dengan alat selama penanganan, pecah atau patah akibat tubrukan selama penanganan atau getaran selama transportasi.

Beberapa bahan pangan misalnya buah-buahan yang segar, telur dan biskuit merupakan produk yang sangat mudah rusak dan memerlukan tingkat perlindungan yang lebih tinggi untuk mencegah gesekan antara bahan, seperti penggunaan kertas tissue, lembaran plastik, kertas yang dibentuk sebagai kemasan individu (misalnya karton untuk telur, wadah buah dan lain-lain). Bahan-bahan pangan lain, dilindungi dengan cara mengemasnya dengan kemasan yang kaku dan pergerakannya dibatasi dengan dengan kemasan plastik atau *stretch/shrink film* yang dapat mengemas produk dengan ketat.

Peti kayu atau drum logam merupakan kemasan dengan perlindungan mekanis yang baik. Kemasan ini sekarang sudah digantikan dengan bahan komposit yang lebih murah yang terbuat dari kotak serat (*fiberboard*) dan polipropilen.

E. KADAR AIR DAN GAS

Kehilangan air atau peningkatan kadar air merupakan faktor yang penting dalam penentuan masa simpan dari produk pangan. Kemasan memberikan kondisi mikroklimat bagi bahan yang dikemasnya, dan kondisi ini ditentukan oleh tekanan uap air dari bahan pangan pada suhu penyimpanan dan permeabilitas kemasan. Pengendalian kadar air pada kemasan dan bahan pangan dapat mencegah kerusakan oleh mikroorganisme dan enzim, menurunnya nilai penampilan (tekstur) bahan, kondensasi di dalam kemasan yang mengakibatkan pertumbuhan mikroba atau mencegah *freezer burn* pada bahan pangan beku.

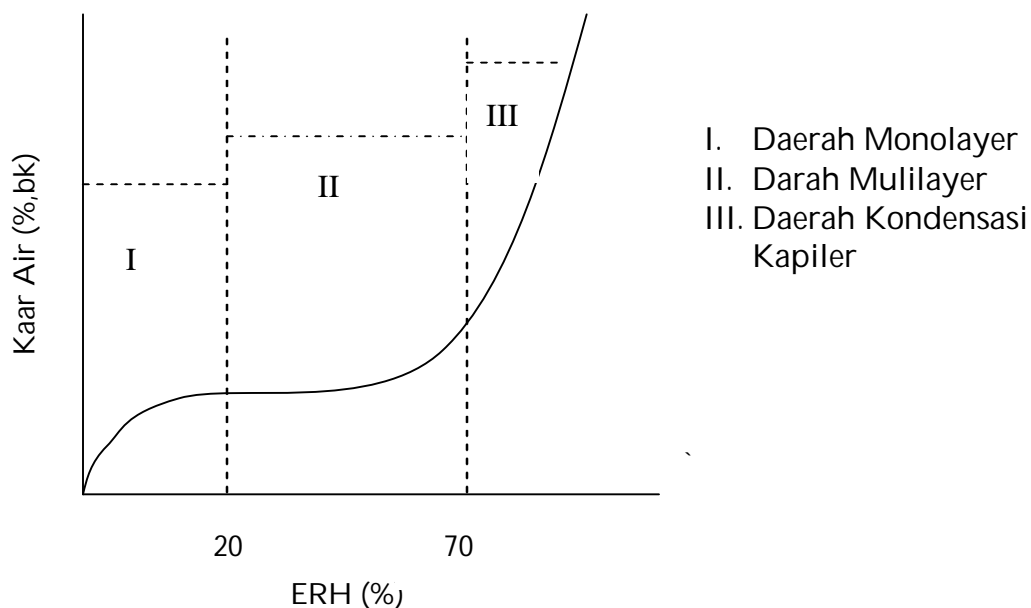
Pengaruh perubahan kadar air pada bahan pangan ditunjukkan oleh kurva isotermi sorpsi air yang menggambarkan hubungan antara kadar air bahan pangan dengan kelembaban relatif keseimbangan ruang tempat penyimpanan bahan atau aktivitas air (a_w) pada suhu tertentu. Pada umumnya kurva isotermi sorpsi bahan pangan berbentuk sigmoid (menyerupai huruf S) dan isotermi sorpsi ini dapat menunjukkan pada kadar air berapa dicapai tingkat a_w yang diinginkan ataupun dihindari, serta terjadinya perubahan-perubahan penting kandungan air yang dinyatakan dalam a_w .

Bentuk kurva isotermi sorpsi adalah khas untuk setiap bahan pangan, dan daerah isotermiknya dapat dibagi menjadi beberapa bagian tergantung dari keadaan air di dalam bahan pangan tersebut. Kurva isotermi sorpsi air dibagi menjadi 3 bagian seperti terlihat pada Gambar 2.1. Daerah I merupakan absorpsi air yang bersifat satu lapis air (*monolayer*) dan berada pada RH antara 0-20%, daerah II menyatakan terjadinya penambahan lapisan di atas satu lapis molekul air (*multilayer*) yang terjadi pada RH antara 20-70%, dan daerah III merupakan daerah dimana kondensasi air pada pori-pori mulai terjadi (kondensasi kapiler) (Van den Berg and Bruin, 1981).

Bahan pangan yang mempunyai keseimbangan kelembaban relatif (RH) yang rendah, seperti makanan kering, biskuit dan *snack*, membutuhkan kemasan dengan permeabilitas terhadap air yang rendah agar tidak kehilangan kerenyahannya. Jika nilai aktivitas air (a_w) dari bahan meningkat sehingga sesuai dengan tingkat a_w yang dibutuhkan oleh mikroba, maka mikroba akan tumbuh dan bahan menjadi rusak. Nilai aktivitas air minimum untuk pertumbuhan beberapa jenis mikroorganisme dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Aktivitas air (a_w) minimum untuk pertumbuhan mikroorganisme

Mikroorganisme	a_w minimum
Bakteri	0.90
Khamir	0.62
Kapang	0.62
Bakteri Osmofilik	0.75
Ragi Osmofilik	0.61



Gambar 2.1. Bentuk Umum Kurva Isotermi Sorpsi Air Bahan Pangan (Van den Berg and Bruin, 1981).

Penyimpanan bahan pangan seperti albumin telur dan tepung susu di bawah daerah monolayer dapat menyebabkan terjadinya :

- kenaikan peroksida akibat dekomposisi ikatan dekomposisi ikatan hidroperoksida.
- Hilangnya warna merah muda (pink) akibat rusaknya pigmen
- Berkurangnya air yang tersedia untuk membentuk hidrasi trace metal pada reaksi katalisa aktif.

Daerah yang aman untuk penyimpanan produk pangan di dalam kemasan adalah pada ERH 20-55% dimana pada daerah ini bahan pangan terbebas dari kemungkinan terjadinya pencoklatan non enzimatis. Pada ERH di atas 60%, maka bahan pangan yang berlemak dapat mengalami ketengikan akibat hidrolisa lemak menjadi asam lemak bebas yang dikatalisir oleh enzim lipase. Penyimpanan produk pada ERH di atas 70% akan menyebabkan terjadinya kerusakan, karena tersedianya air bebas yang dapat digunakan untuk berbagai reaksi-reaksi kimia seperti reaksi pencoklatan enzimatis, kerusakan oleh mikroorganisme serta kerusakan tekstur dan sifat-sifat reologi produk.

Bahan pangan yang mengandung lemak atau komponen lain yang sensitif terhadap oksigen memerlukan kemasan yang permeabilitasnya terhadap oksigen rendah. Bahan pangan segar dengan tingkat respirasi dan kelembaban relatif yang tinggi membutuhkan derajat permeabilitas yang tinggi untuk memungkinkan perpindahan oksigen dan karbon dioksida ke lingkungan atmosfer di sekitarnya tanpa kehilangan kadar air yang menyebabkan kehilangan berat dan penyusutan/pengeriputan bahan.

Bahan pangan yang didinginkan membutuhkan pengontrolan terhadap pergerakan uap air keluar dari kemasan untuk mencegah terjadinya kondensasi di dalam kemasan jika suhu penyimpanan berubah.

Kemasan harus impermiabel terhadap aroma yang diinginkan dari bahan pangan, misalnya kopi dan makanan ringan juga untuk mencegah masuknya bau

seperti pada tepung atau makanan berlemak. Kemasan juga harus dapat mencegah masuknya warna dari plastisizer, tinta pencetak kemasan, perekat atau pelarut yang digunakan dalam pembuatan kemasan. Kemasan gelas dan logam kedap terhadap gas dan uap, sedangkan film plastik mempunyai kisaran permeabilitas yang luas tergantung pada ketebalan, komposisi kimia serta struktur dan orientasi molekul di dalam film plastik.

Bau yang berasal dari kemasan plastik dapat timbul dari :

1. Pembentukan gugus karbonil apabila plastik polietilen dipanaskan pada suhu tinggi.
2. Zat antioksidan yang dapat mengadakan interaksi dan membentuk produk yang berbau.
3. Pecahan-pecahan molekul pada kemasan.

Oksigen dapat menyebabkan terjadinya proses oksidasi yang tidak diinginkan bagi produk-produk yang peka terhadap oksigen seperti vitamin A dan C. Pencegahan reaksi oksidasi dapat dilakukan dengan cara :

- Pengaturan kadar oksigen

Konsentrasi oksigen pada ruang penyimpanan atau di dalam kemasan untuk produk-produk yang peka terhadap oksigen adalah 3-5%. Konsentrasi oksigen di bawah 2% menyebabkan terjadinya respirasi anaerob yang dapat mengakibatkan kebusukan pada bahan.

- Pengaturan kadar CO₂

Konsentrasi CO₂ untuk penyimpanan komoditi pertanian adalah 5-10% (kecuali untuk penyimpanan apel, tomat dan jeruk).

- Pengemasan dalam kemasan kedap udara

Kemasan kedap udara (vakum) digunakan untuk mengemas keju dan makanan bayi.

Penyimpanan dengan cara pengaturan komposisi udara atau pengaturan konsentrasi oksigen dan karbondioksida dikenal dengan penyimpanan dengan pengendalian atmosfer. Ada beberapa metode penyimpanan dengan pengendalian atmosfer, yaitu *Controlled Atmosphere Storage (CAS)*, *Modified Atmosphere Storage (MAS)*, dan *Hypobaric Storage*. *Controlled atmosphere storage* adalah metode penyimpanan dengan pengendalian konsentrasi oksigen dan karbondioksida secara terus menerus sesuai dengan konsentrasi yang diinginkan. *Modified Atmosphere Storage* adalah penyimpanan dimana perubahan komposisi udara disebabkan oleh aktivitas respirasi dari produk yang dikemas. *Hypobaric Storage* adalah penyimpanan dengan tekanan rendah sehingga terjadi penurunan konsentrasi oksigen dan peningkatan konsentrasi karbon dioksida.

F. PERUBAHAN SUHU

Pengaruh insulasi dari kemasan ditentukan oleh konduktivitas panas dan reflektivitas dari kemasan. Bahan kemasan dengan konduktivitas panas yang rendah misalnya kotak karton, polystirene atau poliuretan akan mengurangi pindah panas konduksi, dan bahan kemasan yang reflektif seperti aluminium foil akan merefleksikan panas. Pengendalian suhu penyimpanan merupakan hal penting untuk dapat menjaga bahan pangan dari perubahan suhu. Jika kemasan dipanaskan misalnya sterilisasi dalam kemasan atau makanan siap saji yang dipanaskan di dalam *microwave*, maka kemasan yang digunakan harus tahan terhadap suhu tinggi.

G. PENGARUH CAHAYA

Transmisi cahaya ke dalam kemasan dibutuhkan agar kita dapat melihat isi dari kemasan tersebut. Tetapi untuk produk-produk yang sensitif terhadap cahaya, misalnya lemak yang akan mengalami oksidasi dengan adanya cahaya atau kerusakan riboflavin dan pigmen alami, maka harus digunakan kemasan yang opak (berwarna gelap) sehingga tidak dapat dilalui oleh cahaya.

Jumlah cahaya yang dapat diserap atau ditransmisikan tergantung pada bahan kemasan, panjang gelombang dan lamanya terpapar oleh cahaya. Beberapa bahan kemasan seperti polietilen densitas rendah (LDPE) mentransmisikan cahaya tampak (*visible*) dan ultraviolet, sedangkan kemasan polivinil klorida (PVC) mentransmisikan cahaya tampak tapi cahaya ultraviolet akan diabsorpsi.

Perubahan yang terjadi akibat cahaya antara lain adalah :

1. Pemudaran warna, seperti pada daging dan saus tomat.
2. Ketengikan pada mentega (terutama jika terdapat katalis Cu).
3. Pencoklatan pada anggur dan jus buah-buahan
4. Perubahan bau dan menurunnya kandungan vitamin A,D,E,K dan C, serta penyimpangan aroma bir.

DAFTAR BACAAN

1. Syarief, R., S.Santausa, St.Ismayana B. 1989. Teknologi Pengemasan Pangan. Laboratorium Rekayasa Proses Pangan, PAU Pangan dan Gizi, IPB.
2. Van den Berg,C and S.Bruin, 1981. Water Activity and Estimation in Food System. In : L.B.Rockland and G. F.Stewart (ed). Water Activity : Influences on Food Quality. Academic Press, New York.
3. Winarno, F.G. 1990. Migrasi Monomer Plastik Ke Dalam Makanan. Di dalam : S.Fardiaz dan D.Fardiaz (ed), Risalah Seminar Pengemasan dan Transportasi dalam Menunjang Pengembangan Industri, Distribusi dalam Negeri dan Ekspor Pangan. Jakarta.