



© 2004 Widagdo Sri Nugroho  
Makalah Pribadi Falsafah Sains (PPS 702)  
Sekolah Pasca Sarjana/S3  
Institut Pertanian Bogor  
Desember 2004

Posted: 28 December 2004

Dosen:

Prof. Dr. Ir. Rudy C. Tarumingkeng, M.F (Penanggung Jawab)  
Prof. Dr. Ir. Zahrial Coto, M.Sc  
Dr. Ir. Hardjanto, M.S

## **POTENSI BAHAYA PLASTIK PENGEMAS MAKANAN ASAL HEWAN**

Oleh :

**Widagdo Sri Nugroho**

B063004031

[weesnugroho@yahoo.com](mailto:weesnugroho@yahoo.com)

### **Pendahuluan**

Saat ini plastik sudah demikian umum digunakan dalam berbagai keperluan termasuk sebagai bahan pembungkus atau kemasan produk pangan. Kemasan atau pembungkus yang bersifat lentur (fleksibel) mengikuti bentuk bahan pangan hingga yang sengaja dibentuk dengan bentuk tertentu. Wujud bahan yang dikemas pun beragam dari zat cair hingga yang konsistensinya keras. Kelebihan-kelebihan plastik lainnya adalah dapat diberi warna atau transparan, kuat namun ringan, tidak korosif, dan bersifat termoplastik.

Kemasan plastik sudah mulai mendominasi industri makanan di Indonesia hingga menempati porsi 80% dari kebutuhan bahan kemasan. Di Indonesia kebutuhan kemasan plastik hingga tahun 1986 mencapai 94.000 ton untuk kemasan lemas, peti kemas 122.000 ton, sak dan karung plastik sebanyak 140.000 ton (Winarno & Rahayu 1994).

Produk pangan asal hewan khususnya daging dan hasil olahan lainnya juga tidak lepas dari penggunaan kemasan plastik. Selain alasan higiene maka kemasan plastik ini juga dapat menjaga tampilan bahan makanan yang dijual sehingga tetap menarik dan dapat meningkatkan nilai ekonomi. Hal ini dikarenakan kemampuan kemasan yang dapat mengontrol transmisi oksigen, menjaga kelembaban, kadar air, dan cahaya yang dapat mempengaruhi tampilan fisik produk. Namun disamping kelebihan-kelebihan tersebut ada kekhawatiran terhadap dampak negatif dari penggunaan plastik kemasan ini. Kekhawatiran ini muncul karena diketahui adanya sifat-sifat fisik dan kimia dari bahan penyusun plastik yaitu monomer/polimer atau zat-zat aditif yang dapat bermigrasi

ke makanan, hal ini diduga dapat menjadi pemicu kanker/karsinogenik (Miltz & Doody 1984)

Tulisan ini bertujuan untuk menelaah permasalahan tersebut dengan mengungkapkan sifat-sifat dan faktor pendukung terjadinya proses migrasi monomer dan akibat yang ditimbulkan bagi kesehatan manusia apabila mengonsumsi produk makanan yang terkontaminasi monomer.

## **Bahan Makan Asal Hewan dan Kemasan Plastik**

### **Struktur dan Klasifikasi Plastik Pengemas**

Istilah plastik diadopsi dari bahasa Yunani *plastikos* yang berarti mudah dibentuk atau diubah bentuknya. Penyusun utama plastik adalah monomer yang membentuk untaian/rantai panjang yang disebut polimer. Dalam perkembangannya, struktur dasar ini diperkaya dengan bahan-bahan non plastik yaitu senyawa-senyawa anorganik dan organik yang memiliki berat molekul rendah, bahan-bahan itu berfungsi sebagai pewarna, antioksidan, penyerap UV, anti lengket, fungisida, dan lain-lain (Robertson 1993).

Polimer yang paling sederhana dan sangat umum digunakan untuk pengemas makanan adalah *polyethylene*. Satu molekul *polyethylene* disusun oleh gabungan beberapa molekul monomer *ethylene* ( $C_2H_4$ ). Berdasarkan strukturnya, polimer dapat tersusun secara linier dengan molekul monomer yang sama (homopolimer) atau dapat juga oleh monomer yang berbeda yang disebut kopolimer. Selain secara linier, struktur polimer dapat pula tersusun bercabang dengan variasi monomer penyusun baik sebagai rangka utama ataupun pada percabangannya. Percabangan yang tersusun juga dapat membentuk *cross-link* semacam jembatan penghubung antara rantai satu dengan rantai/cabang yang lain. Plastik polimer dapat dibedakan berdasarkan struktur dan sifat kimia, yaitu linear polimer (*thermoplastic*) dan *cross-link* polimer (*thermosetting*). Linier polimer secara bertahap akan melunak ketika suhu meningkat dan akhirnya meleleh karena rantai molekul penyusunnya akan lepas sendiri-sendiri. Hal ini merupakan ciri yang sangat nyata pada molekul panjang dengan rangka karbon dan tidak memiliki *cross-link*. Termoplastik merupakan kelompok terpenting yang tersedia di pasaran bahkan mencapai 2/3 dari jenis polimer yang digunakan di dunia. Jenis kedua adalah termoseting yaitu jenis plastik yang akan terbentuk secara permanen apabila sudah diproduksi dan selanjutnya tidak dapat lagi diubah bentuknya. Apabila suhu dinaikkan sampai pada panas yang merusak struktur *cross-link* maka terjadi proses kimia ireversibel dan terjadi degradasi. Kelompok plastik ini tidak digunakan sebagai kemasan pangan (Robertson 1993).

Boyle *et al.* (2001) menyebutkan plastik yang paling sering digunakan untuk kemasan adalah *polyethylene terephthalate* (PE), *High-density polyethylene* (HDPE), *Polyvinylchloride* (PVC), *Low-density Polyethylene* (LDPE), *Polypropylene* (PP), dan *Polystyrene* (PS). PET sering digunakan sebagai bahan baku botol minuman ringan dan baik juga sebagai botol obat batuk, HDPE umumnya digunakan sebagai kemasan susu, air, jus (sari buah), sabun dan produk-produk pencuci pakaian, margarin, yogurt, dan lain-lainnya. PVC digunakan untuk tempat kemasan minyak goreng, botol minuman, film penutup daging, produk perawatan mobil, dan lain-lainnya; LDPE umum digunakan sebagai tas kantong, film penutup, dan botol bertekanan. Sementara PP digunakan sebagai kemasan botol kecap, sekrup plastik, botol sirup sedangkan PS sering digunakan sebagai kemasan kaku tembus pandang untuk roti atau cangkir kopi, rak daging, dan lain-lainnya.

### **Kemasan Plastik Untuk Bahan Makan Asal Hewan**

Daging sebagai produk yang rentan terhadap cemaran mikroba ataupun kimia dan fisik akibat kondisi lingkungan seperti cahaya, udara, suhu, dan kelembaban memerlukan kemasan yang dapat menghambat pengaruh-pengaruh tersebut. Perkembangan industri daging membutuhkan bahan dan metode pengemasan yang mampu menjamin keamanan dan kualitas daging sehingga produk tetap dapat ditampilkan dalam keadaan segar dengan warna yang cerah dan aman dari potensi bahaya biologi, kimia, dan fisik.

Penggunaan kemasan polimer merupakan alternatif yang baik saat ini yang mampu memenuhi keinginan produsen dan konsumen seperti di atas. Jenis dan bentuk kemasan polimer tergantung dari cara penyajian produk misalnya saja untuk kemasan daging segar, daging beku, ataupun yang sudah diolah seperti sosis, bakso, dan lain-lainnya. Aberle *et al.* (2001) menyebutkan untuk mengemas daging dibutuhkan kemasan yang dapat melindungi dari kontaminasi dan kerusakan, daya tahan/keawetan produk, dan dapat diberi label. Bahan pengemas yang digunakan juga memiliki kemampuan barrier terhadap gas, daya segel yang kuat, tahan tusukan, tidak tembus cahaya, dapat diberi cetakan/label, mampu mengerut, tahan minyak dan lain-lainnya, untuk persyaratan yang demikian disebutkan oleh Boyle *et al.* (2001) dan Helmroth *et al.* (2002) bahwa bahan plastik kopolimer seperti *polystyrene* (PS) dan *polyvinylchloride* (PVC) yang paling tepat. *Polyvinylchloride* (PVC) digunakan sebagai pengemas daging dalam bentuk film (lembaran laminasi), menurut Boyle *et al.* (2001), PVC atau dikenal juga sebagai saran, kopolimer yang digunakan memiliki hasil yang ideal dengan film yang terbentuk memiliki ruang antar molekul yang rapat sehingga sangat sulit dilewati gas dan air. Hal ini sangat baik untuk menahan oksigen, kelembaban, bahan kimia dan panas.

Bahan PVC memiliki warna asli hijau dan berbau sangat tajam namun sifat ini akan berubah pada saat digunakan untuk menyimpan daging. Berat molekul monomer PVC 62,5; kepadatan 1,49/cc, tegangan modulus 426.000 psi, kelarutan dalam air 0,27g/100ml, dalam oktanol dan minyak sayuran sebesar 10g/100ml (Whitey 1976, Boyle *et al.* 2001)

*Polystyrene* (PS) juga merupakan bahan plastik yang sering digunakan untuk mengemas daging segar dalam bentuk piringan dan juga film penutup yang umumnya dijual di supermarket. Kemasan jenis ini mampu memelihara kandungan oksigen yang dibutuhkan untuk menghambat perubahan fisik dan kimia daging disamping itu bentuknya kokoh dan tidak mudah bocor (Boyle *et al.* 2001).

*Polystyrene* (PS) atau juga sering disebut *styrol*, *cinnamene*, *cinnamol*, *phenylethylene*, atau *ethylbenze* merupakan monomer yang tidak berwarna dengan bau yang tajam, cair seperti minyak, mudah menguap, terbakar, dan meledak, larut dalam alkohol dengan baik, dan memiliki daya kelarutan dalam air sebesar 0,13g/100 ml (Whitey 1974, Anonim 2004).

### **Migrasi Polimer dan Akibatnya Bagi Kesehatan Manusia**

Migrasi dalam terminologi kemasan adalah perpindahan bahan-bahan yang terdapat dalam kemasan/material penyusun plastik ke dalam bahan makanan. Keadaan ini terjadi akibat kontak langsung atau interaksi antara makanan dengan material plastik. Bahan-bahan yang berpindah dapat berupa residu polimer/monomer, penstabil, penghalang panas, pewarna, dan lain-lain yang terikat secara kimiawi maupun fisika dengan bentuk molekul yang tetap/asli ataupun sudah berubah (Robertson 1993, Winarno & Rahayu 1994).

Migrasi molekul dari bahan kemasan ke makanan merupakan suatu fenomena yang kompleks karena berkaitan dengan toksisitas dan bahaya kesehatan bagi

konsumen. Model migrasi polimer/monomer secara matematis dapat diestimasi dengan beberapa rumus antara lain hukum *Fick* yang memperhitungkan konsentrasi senyawa polimer kemasan, luas permukaan kontak, suhu, dan waktu kontak (Robertson 1993).

Arti penting PVC bagi kesehatan masyarakat adalah potensinya untuk menimbulkan kanker. Pada tahun 1974 diberitakan, para pekerja industri polimerisasi PVC di Britania dan Amerika Serikat didiagnosis menderita kanker hati dalam berbagai stadium. Hal ini menjadi perhatian FDA (Food and Drug Administration) USA dan lembaga-lembaga kesehatan di seluruh dunia berkaitan dengan migrasi monomer PVC kemasan produk pangan ke produk itu sendiri (Robertson 1993).

Migrasi monomer PS juga cukup berbahaya bagi manusia karena dapat menimbulkan iritasi saluran pernafasan, mata, kulit, dan tenggorakan. Pada kadar yang tinggi dapat mengakibatkan kerusakan hati dan otak bahkan kematian, selain itu mampu mengakibatkan mutasi gen, gangguan reproduksi, kerusakan daya ingat, gangguan konsentrasi, reflek lambat, gangguan pendengaran hingga kehilangan keseimbangan (Anonim 1998). Pengujian laboratorik membuktikan bahwa *styrene* dengan dosis tinggi (300mg/kg BB) yang dilarutkan dalam minyak jagung dengan jalur pemberian per oral dapat menimbulkan tumor adenoma dan karsinoma pada paru mencit jantan. Namun beberapa penelitin dengan dosis yang lebih tinggi 500-2000mg/kg BB tidak menyebabkan adanya tumor sejenis (Anonim 2004).

## Pembahasan

Migrasi bahan pengemas makanan di Indonesia belum banyak dikaji secara mendalam. Kasus-kasus penyakit yang secara nyata disebabkan oleh migrasi monomer juga belum pernah dilaporkan terjadi di Indonesia. Namun demikian mengingat potensi bahaya yang dapat ditimbulkan maka hal ini perlu untuk mulai disosialisasikan dan diteliti, khususnya produk-produk kemasan plastik yang diproduksi di dalam negeri. Pada skala tertentu perlu dilakukan kajian lapang terhadap orang yang beresiko tinggi terpapar bahan monomer seperti para pekerja di perusahaan pembuatan kemasan plastik. Demikian juga bidang kesehatan masyarakat veteriner perlu dilakukan penelitian terhadap proses migrasi dan konsentrasi migran pada kemasan produk pangan asal hewan seperti daging, susu, dan produk olahannya. Hal ini sangat menarik karena peluang migrasi monomer pada minyak, lemak, atau bahan non-polar cukup besar. Interaksi antara materi pengemas dengan zat-zat tersebut cukup tinggi. Helmworth *et al.* (2002) menjelaskan bahwa migrasi zat-zat plastik, monomer maupun zat-zat tambahan serta zat pembantu proses polimerisasi dalam kadar tertentu dapat larut ke dalam makanan padat atau cair berminyak (non polar) maupun cairan tak berminyak (polar) tergantung dari jenis plastik yang digunakan. Suatu plastik memiliki migran (materi yang bermigrasi) yang rendah daya kelarutannya akan lebih bertahan pada polimer plastik (kemasan) dari pada migrasi ke makanan. Hal ini sering terjadi pada bahan aditif non polar pada polimer non polar seperti LDPE,PP, dan PS yang berkontak dengan makanan seperti air atau asam asetat 3%. Migrasi akan lebih tinggi jika berkontak dengan produk pangan berlemak seperti minyak olive, ethanol 95% atau isooktan dibandingkan makanan yang berair. Hal ini berarti bahwa produk-produk makan seperti di atas daging, susu, keju, yoghurt, dan lainnya juga sangat mudah mengalami cemaran migran monomer.

Selain faktor jenis materi plastik yang mempengaruhi migrasi, Winarno & Rahayu (1994) menjelaskan faktor yang lain yaitu luas permukaan kontak antara kemasan dan makanan, kecepatan migrasi, suhu dan lama kontak, sejalan dengan teori migrasi matematis. Hal tersebut juga diperkuat oleh hasil penelitian Helmworth *et al.* (2002)

yang menjelaskan proses migrasi berdasarkan teori difusi dengan model matematika. Materi migrasi (migran) berpindah melalui ruang antara molekul polimer sehingga tingkat migrasi meningkat tergantung dari ukuran migran, ukuran dan jumlah ruang antar molekul. Ruang antar molekul ini tergantung dari materi polimer, kepadatan, ukuran kristal dan percabangan/*cross-link* yang terbentuk. Ukuran polimer pada umumnya cukup besar sehingga jarang mengalami migrasi namun oligomer ataupun polimer dengan BM <500 dapat bermigrasi ke makanan.

Pengaruh suhu dan waktu kontak antara kemasan makanan juga berasosiasi dengan migrasi polimer. Pendapat Herman van Hise yang diadopsi Winarno & Rahayu (1994) menyebutkan bahwa penyimpanan selama 10 hari pada suhu 45°C menghasilkan migrasi yang tidak berbeda nyata dengan penyimpanan selama 6 bulan pada suhu 25°C. Penelitian lebih mendetail pernah dilakukan Miltz & Doody (1984) yang berhasil menunjukkan suhu yang meningkat berakibat jumlah molekul yang bermigrasi meningkat pula. Kadar monomer styrene pada kemasan yoghurt dan keju yang digunakan dalam penelitian tersebut memiliki kandungan 0,1% (di bawah standar FDA 0,4%). Pada suhu 15°C dan 35°C mengakibatkan migrasi pada keju masing-masing  $20 \times 10^{-6}$  dan  $70 \times 10^{-6}$  sedangkan pada yogurt mencapai  $28 \times 10^{-6}$  dan  $97 \times 10^{-6}$  atau setara dengan 400-900 ppb. Suhu yang lebih tinggi akan semakin melemahkan ikatan antara molekul polimer dan meningkatkan kelarutan *styrene* ke dalam minyak. Batasan maksimal residu menurut *The Codex Comittee* mengenai bahan tambahan dan kontaminan sebesar 0,01 ppm monomer vinylchloride.

Monomer migran yang terdapat pada makanan ini apabila dikonsumsi manusia maka akan masuk ke dalam pembuluh darah dan ikut beredar hingga ke organ dalam dan akan dideposit terutama pada hati dan ginjal dan organ-organ lainnya. Monomer *vinylchloride* (dari PVC) dan akrilonitril merupakan monomer-monomer yang berbahaya karena berpotensi sebagai karsinogen yang cukup tinggi pada hewan dan manusia. Keduanya dapat bereaksi dengan komponen DNA seperti *vinylchloride* dengan guanin dan sitosin sedangkan akrilonitril (*vinilcyanida*) dengan adenin. Monomer *vinylchloride* mengalami metabolisme dalam tubuh melalui pembentukan hasil antara senyawa *epoksichlorethylene oksida* yang sangat reaktif dan bersifat karsinogenik. Akrilonitril juga mampu menimbulkan tumor dan cacat lahir pada tikus-tikus yang memakannya (Kraybil 1978 diadopsi Winarno & Rahayu 1994). Bahaya lain yang ditimbulkan adalah adanya reaksi antara komponen bahan pangan dengan komponen dalam plastik misalnya dengan terbentuknya senyawa nitrosoamine yang bersifat karsinogenik (Winarno & Rahayu 1994). Namun demikian penelitian Ohno *et al.* (2003) terhadap oligomer styrene yang didilusi dari kemasan mie instan membuktikan oligomer tersebut tidak mengganggu aktivitas endokrin. Hal ini menjelaskan bahwa pengaruh residu monomer pada tubuh hewan atau manusia memiliki peran patologi yang berbeda-beda. Sekaligus menggambarkan masih berlangsungnya perdebatan tentang potensi bahaya migran monomer plastik secara umum.

Penelitian Miltz & Doody (1984) juga meneliti lamanya kontak antara kemasan dan makanan, kadar migran monomer 400-900 ppm pada produk makanan keju dan yoghurt dicapai dalam waktu bervariasi tergantung suhu yaitu 8 minggu (2 bulan) untuk penyimpanan pada suhu 25°C (suhu kamar) dan pada penelitian dengan suhu 35°C dicapai dalam waktu 4 minggu (1 bulan) sedangkan pada suhu 4°C kadar maksimal tercapai pada minggu ke 16 (4 bulan). Lama waktu kontak antara kemasan dan makanan ini kiranya juga harus menjadi pertimbangan bagi industri pengolah makanan yang menggunakan kemasan plastik tersebut dalam menentukan waktu kadaluwarsa. Dengan demikian pertimbangan waktu kadaluwarsa tidak saja berdasarkan bahaya mikrobiologis, kimia dan fisik yang diperhatikan selama proses produksi seperti yang selama ini dilakukan tetapi juga dari segi keamanan kemasan plastik yang digunakan.

Migrasi monomer secara alami tidak dapat dihindari, usaha yang dilakukan adalah mencegah jumlah migran yang melebihi ambang batas yang ditentukan. Berdasarkan pemahaman faktor-faktor yang mempengaruhi kadar migrasi maka menjadi pertimbangan pokok bagi industri pengemasan untuk memperhatikan aspek kesehatan konsumen. Secara fisik konsumen akan sulit membedakan jenis bahan kemasan. Walaupun ada beberapa bahan yang dapat dikenali melalui bau yang sangat tajam meski konsentrasi bahan tersebut dalam jumlah sangat kecil misalnya polysterene yang pada kadar 22 ppb saja sudah dapat tercium baunya (Robetson *et al.* 1993).

Peraturan yang membatasi kadar maksimum zat-zat tertentu yang bermigrasi dan kadar maksimum keseluruhan zat yang bermigrasi masih bervariasi antar negara. Selain batasan migran dalam makanan sebagai contoh vinylchloride, direkomendasikan batas maksimalnya sebesar 0,01 ppm oleh *The Codex Comitte*, namun batasan residu juga ditentukan pada kandungan monomer per luasan permukaan kemasan. Belanda memberikan batasan maksimum 60 ppm migran kemasan plastik dalam makanan, dan untuk kadar pada kemasan sebesar 0,12 mg/cm<sup>2</sup>. Di Italia ditentukan batasan maksimal sebesar 50 ppm pada kemasan ukuran 250 ml sedangkan pada kemasan kecil sebesar 8 mg/dm<sup>2</sup> lembaran film, sementara untuk migran monomer dalam makanan tidak boleh melebihi 0,01 mg/kg bahan pangan (Winarno & Rahayu 1994). Di Indonesia belum ada peraturan mengenai hal hal tersebut. Salah satu penyebabnya adalah belum banyak disadari aspek keamanan plastik kemasan pangan terhadap kesehatan manusia. Keterbatasan sarana-prasarana kiranya menjadi kendala utama dalam melakukan penelitian sehingga tidak dimiliki data empiris sebagai landasan kuat untuk menentukan standar. Selain itu belum ada juga keberadaan laboratorium yang baik. Sehingga sangat dibutuhkan suatu laboratorium yang dapat diproyeksikan sebagai laboratorium rujukan yang berakreditasi sehingga hasil ujinya dapat diterima dunia internasional. Namun dalam menentukan batasan maksimal migran monomer dapat diadopsi aturan yang berlaku secara internasional yang tentu saja dengan berbagai pertimbangan, pelaksanaan yang masih bersifat sukarela yang secara bertahap dapat ditingkatkan sebagai kewajiban bagi kalangan industri.

### Kesimpulan

Plastik kemasan untuk produk pangan termasuk daging berfungsi tidak hanya melindungi secara fisik namun juga dapat meningkatkan dan mempertahankan tampilan, kelayakan, dan keamanan produk.

Monomer merupakan material penyusun plastik kemasan, memiliki potensi bahaya yang ditimbulkan akibat migrasi bahan penyusunnya termasuk bahan aditif.

Bahaya yang ditimbulkan dipengaruhi oleh jenis residu monomer, zat aditif, jumlah migran dalam makanan, dan intreraksi antara monomer dengan bahan pangan. Bahaya kesehatan yang dapat ditimbulkan adalah terjadinya kanker, gejala dan keluhan lain seperti melemahnya daya konsentrasi dan reflek, kerusakan otak, gangguan reproduksi, dan gangguan lainnya.

Perlu pertimbangan mengenai potensi migrasi monomer kemasan plastik yang digunakan dalam menentukan masa kadaluwarsa produk pangan.

Perlunya kajian terhadap peraturan yang mengatur keamanan kemasan produk pangan di Indonesia.

## Daftar Pustaka

- Aberle ED, Forrest JC, Gerrard DE, dan Mills EW. 2001. Principles of Meat Science. fourth edition. Kendal/Hunt Publishing Company.USA.196-197
- Anonim. 1998. Styrene Monomer. Hazardous Substance Fact Sheet. New Jersey Department of Health Senior Services. [www.mindfully.org/Plastic/Polysterene](http://www.mindfully.org/Plastic/Polysterene) [15 Desember 2004]
- Anonim. 2004. Styrene CAS No.100-42-5. [www.mindfully.org/Plastic/Polysterene/Styrene-CASNo100-4-25](http://www.mindfully.org/Plastic/Polysterene/Styrene-CASNo100-4-25) [15 Desember 2004]
- Boyle SH, D'Amico B, Horn J, Przybylski M. 2001. In The Eraly Twentih Century, The Advancement Of Plastic Technology Began To Fuel A Revolution In The Packaging Industry. [www.eng.buffalo.edu/Courses/ce435/2001ZGu/Plastics\\_Packaging/PlasticsPackagingRepo](http://www.eng.buffalo.edu/Courses/ce435/2001ZGu/Plastics_Packaging/PlasticsPackagingRepo) [15 Desember 2004]
- Helmroth E, Rijk R, Dekker M, Jongen W. 2002. Predictive Modelling Of Migration From Packaging Materials Into Food Products For Regulatory Purposes. Trends in Foods Science and Technology 13: 102-109
- Miltz J, Doody VR. 1984. Migration Of Styrene Monomer From Polysterene Packaging Materials Into Food Simulants, Journal of Food Processing and Preservation 8:151-161
- Ohno K, Azuma Y, Date K, Nakano S, Kobayashi T, Nagao Y, Yamada T. 2003. Evaluation Of Styrene Oligomers Eluted From Polystyrene For Estrogenicity In Estrogen Receptor Binding Assay, Reporter Gene Assay, And Uterotrophic Assay. Food and Chemical Toxicology 41. [www.mindfully.org/Plastic/Polysterene/Styrene-Oligomers-Polysterene-Estrogen](http://www.mindfully.org/Plastic/Polysterene/Styrene-Oligomers-Polysterene-Estrogen) [15 Desember 2004]
- Robertson GL. 1993. Food Packaging Principles and Practice. Marcel Dekker Inc. New York. 9-62, 622-662
- Whitey JR. 1976. Quantitative Analysis of Styrene Monmer in Polysterene and Foods Including Some Preliminary Studies Of The Uptake and Pharmacodynamics Of The Monomer in Rats. Invironmental Health Prespectives 17:123-153
- Winarno FG, Rahayu TS. 1994. Bahan Tambahan Untuk Makanan Dan Kontaminan. Pustaka Sinar Harapan. Jakarta. 191-206