

BOTOL PET, KEMASAN TARA-PANGAN PENGANTI BOTOL GELAS

Oleh :

*Triyanto Hadisoemarto, Wiwik Pudjiastuti *)*

Abstract

Due to its unique characteristics, PET bottle can now be used replacing the glass bottle to pack a variety of foodstuffs, and in certain circumstances can be both reused and recycled. The principal positive features of PET bottle are being reviewed.

I. PENDAHULUAN

Sejak awal tahun 80-an polietilin tereptalat (PET) merupakan jenis polimer yang paling cepat perkembangannya dalam industri kemasan, khususnya kemasan dalam bentuk botol. Tidak sedikit industri yang tadinya menggunakan kemasan gelas atau logam mulia beralih ke PET, demikian juga industri air mineral yang semula menggunakan PVC, PE atau PP sebagai bahan kemasan utamanya. Produksi botol PET di Jepang (12) pada tahun 1995 telah mencapai 180.000 ton, sekitar 70 % diantaranya digunakan oleh industri minuman; di Australia (5) pada tahun 1997 telah di produksi lebih dari 4 juta botol PET untuk kemasan Bir, sedangkan di Inggris (1), dengan gambaran produksi minuman pada tahun 1993 mencapai 5.814 juta liter, diperkirakan produksi botol PET akan meningkat sampai dua digit pada dekade mendatang. Sementara itu, saat ini di Indonesia (11)

terdapat 5 produsen resin PET dengan kapasitas produksi 30.000 ton per tahun, dan hampir setengahnya digunakan dalam bentuk botol untuk kemasan air minum. Secara ekonomis PET sebagai bahan kemasan memang cukup menjanjikan, antara lain memiliki kebeningan (clarity) yang hampir setara dengan gelas, ringan dan kuat, mudah dibentuk dengan desain yang unik, tahan terhadap tekanan dan panas, serta dalam lingkup tertentu dapat dipakai-ulang (reuse) atau di daur-ulang (recycle). Di lain pihak, penggunaan poliester sebagai bahan pakaian juga meningkat, terutama setelah produksi kapas Cina mengalami penurunan pada tahun 1994, sehingga memaksa industri tekstil beralih ke serat sintetik. Dilaporkan pula (1) bahwa secara keseluruhan kebutuhan serat poliester jauh lebih besar dibanding kebutuhan PET untuk bahan kemasan. Hal ini menyebabkan makin meningkatnya harga PET dipasaran dunia. Tulisan berikut merupakan ulasan singkat mengenai botol PET, jenis kemasan tara-

*) *Staf Peneliti*

Balai Besar Industri Kimia.

Proses Pembuatan Botol PET (2,6,7)

Proses pembuatan dilakukan dengan cara ekstrusi, dan untuk menghasilkan PET terorientasi diperlukan jenis PET amorf (7). Bahan yang dicetak harus bebas dari kontaminasi agar botol yang dihasilkan cukup keras, bening dan memenuhi persyaratan FDA sebagai kemasan tarapangan (food grade). Guna menghindari turunnya sifat PET akibat terjadinya hidrolisa selama proses berlangsung, kadar air PET harus diturunkan lebih dahulu menjadi kurang dari 0,005 persen, antara lain dengan menggunakan alat pengering vakum (pada suhu sekitar 150 °C). Proses pengeringan juga menyebabkan terjadinya kristalisasi pada PET amorf, sifat yang justru sangat diperlukan dalam proses ekstrusi. Pada proses pembuatan botol, resin PET amorf atau *parison* dipanaskan kembali pada suhu sedikit diatas suhu transisi gelasnya, kemudian ditiupkan dengan tekanan tinggi ke dalam cetakan. Terjadinya tarikan pada dinding *parison* pada saat mengikuti bentuk cetakan, akan menghasilkan orientasi biaksial, penjajaran dan perpanjangan rantai molekul tingkat tinggi, yang menyebabkan terjadinya kenaikan berat molekul dan naiknya sifat fisik serta sifat-hadang (barrier properties) dari botol PET yang terbentuk (6). Nilai kenaikan densitas dari polimer padat yang dihasilkan dapat dijadikan indikasi tingkat orientasi yang terjadi pada dinding botol. Naiknya ketahanan tarik, ketahanan bentur dan ketahanan muai (creep resistance) merupakan perubahan langsung sifat PET akibat adanya proses orientasi. Meningkatnya ke-

tahanan mulai menyebabkan botol PET tahan terhadap tekanan pada proses karbonasi minuman ringan. Berkembangnya teknologi proses juga telah berhasil mengurangi pemakaian bahan baku; botol PET ukuran 2 liter misalnya, pada tahun 1977 beratnya 68 gram dan pada tahun 1992 berhasil diturunkan menjadi 51 grm, berarti berkurangnya pemakaian bahan sebesar 25 %.

Sifat-Sifat Botol PET

PET merupakan salah satu jenis poliester yang paling banyak digunakan sebagai bahan kemasan, terutama dalam bentuk botol. Botol PET saat ini menjadi produk yang sangat populer, karena sifatnya yang unik, antara lain (3,12) :

- Botol gelas dengan ukuran yang sama, beratnya 7-10 kali berat botol PET; karenanya botol PET menjadi sangat praktis dan ekonomis, khususnya untuk biaya transportasi.
- Botol PET sangat kuat dan tahan lama serta tidak pecah bila dijatuhkan; tahan terhadap tekanan karbonasi, sehingga dapat digunakan untuk kemasan minuman berkarbonat.
- Botol PET memiliki transparansi yang cukup baik; disamping itu proses pewarnaan botol PET jauh lebih mudah dibanding botol gelas.
- Botol PET diklasifikasikan sebagai kemasan tarapangan (food grade packaging), sehingga aman sebagai kemasan makanan/minuman.
- Tahan terhadap perubahan suhu; dimensi botol PET stabil pada suhu antara - 70 °C hingga + 130 °C; dan -

tahan terhadap proses sterilisasi; perkembangan terakhir botol PET dapat diisi cairan dengan suhu 85 °C.

- Memiliki daya tahan yang sangat baik terhadap semua pelarut organik serta daya tahan moderat terhadap asam kuat dan alkali.
- PET mudah dibuat menjadi botol dalam berbagai bentuk yang menarik.
- Mudah didaur-ulang (recycle)
- Dapat dipakai-ulang (reuse), khususnya untuk minuman ringan; konsep ini telah banyak diterapkan di berbagai negara.

Botol PET memiliki berbagai kelebihan dibanding HDPE maupun PVC, seperti terlihat pada tabel berikut (10, p.284) :

Sifat	HDPE	PVC	PET
Kebeningan	Rendah	Tinggi	Tinggi
Kilap	Rendah	Tinggi	Tinggi
Kekerasan	Medium	Tinggi	Tinggi
Daya hadang uap air	Tinggi	Rendah	Medium
Daya Hadang oksigen	Rendah	Rendah	Tinggi
Daya hadang CO ₂	Rendah	Rendah	Tinggi
Daya tahan tumbukan	Tinggi	Rendah	Tinggi
Daya tahan sinar matahari	rendah	Rendah	Tinggi

Walaupun PET memiliki daya hadang terhadap CO₂ yang cukup tinggi, namun minuman berkarbonat yang dikemas dalam botol PET memiliki umur simpan yang lebih pendek dibanding dengan minuman sejenis yang dikemas dalam botol gelas. Menurut Carlton Cold, perusahaan bir terkenal di Australia, bir yang dikemas dalam botol PET hanya mampu bertahan sampai tujuh minggu, sedangkan jika dikemas dalam kaleng atau

botol gelas bisa bertahan sampai lebih dari satu tahun (5). Gas CO₂ yang terdapat dalam minuman akan cepat keluar dan digantikan dengan masuknya oksigen, sehingga minuman menjadi hambar sebelum dikonsumsi. Selanjutnya dikemukakan pula bahwa umur simpan bir dalam botol PET diharapkan dapat mencapai 3-6 bulan, dan hal ini sangat tergantung pada desain botol, sifat resin yang digunakan, cara pengisian, jenis tutup botol yang digunakan, serta pengendalian proses yang baik. Berbagai usaha telah dilakukan pula untuk meningkatkan mutu botol PET, antara lain dengan mempergunakan sistem lapis ganda, misalnya bagian dalam botol dilapis EVOH yang memiliki daya hadang terhadap gas yang sangat tinggi.

Selain itu, polietilin naftalat (PEN) yang memiliki daya hadang gas yang lebih baik, telah dicoba pula sebagai bahan pencampur. PEN memiliki daya hadang terhadap gas karbon dioksida, oksigen dan uap air antara 4-5 kali lebih baik dibanding PET, demikian juga ketahanan terhadap UV, namun harganya sangat mahal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa PEN dapat membentuk kopolimer dengan PET, dan diperkirakan botol yang

dibuat dari kopolimer PEN/PET ini akan merupakan alternatif terbaik untuk mengatasi beberapa kekurangan yang dimiliki botol PET (1,5).

Daur Ulang Botol PET.

PET terdiri atas tiga elemen utama yaitu karbon, oksigen dan hidrogen; sehingga seperti halnya kayu dan kertas saat dibakar, botol PET akan berubah menjadi karbon dioksida dan air tanpa mengeluarkan gas berbahaya. Namun jumlah kalori yang dihasilkan hanya sekitar 5500 kcal/kg, setengah dari energi yang dihasilkan plastik biasa. Sebaliknya PET akan menghasilkan panas yang sangat tinggi sehingga merusak insinerator. Botol PET juga tidak baik untuk dibuang, karena disamping sifatnya yang volum (bulky) juga tidak terdekomposisi secara alami (12). Di banyak negara, botol PET bekas-pakai umumnya dibuang begitu saja dan dianggap tidak layak untuk di daur-ulang karena disamping biaya daur-ulang yang mahal, mutu produk sekunder yang dihasilkan pun kurang baik. Di Jepang misalnya, pada tahun 1994 hanya sekitar 0,7 % dari limbah PET yang di daur-ulang, angka ini nyaris tanpa perubahan dibanding dengan angka 0,6 % pada tahun 1993, dan meningkat menjadi sekitar 6 % pada tahun 1996 (12). Laju perkembangan daur-ulang botol PET di Amerika Serikat mungkin yang paling baik; dari 5 % pada tahun 1979 naik menjadi 10 % tahun 1982, kemudian 18 % tahun 1984, dan 23 % dari limbah PET yang di daur-ulang pada tahun 1989 (2). Di Indonesia sendiri, baru sementara produsen yang mengolah

ulang botol PET bekas-pakai menjadi serpih (flakes), untuk kemudian dijual sebagai bahan baku produk non kemasan.

Dalam proses daur-ulang, pada prinsipnya botol PET harus dipisahkan lebih dahulu dari jenis botol plastik lainnya, kemudian dilakukan :

- Pencucian botol untuk membersihkan botol dari kotoran dan bahan-bahan lain yang larut dalam air, dapat dilakukan dengan menggunakan deterjen, kemudian dikeringkan.
- Penggilingan botol menjadi serpih-serpih (flakes) PET.
- Pemisahan bahan lain yang masih tercampur, khususnya label, dengan cara hembusan udara.
- Proses pemisahan PET dari kemungkinan masih adanya bahan plastik lain yang lebih ringan (mis. HDPE) dengan mempergunakan hidrosiklon; seringkali digunakan pula jenis peralatan lain guna memisahkan aluminium atau jenis logamlain yang mungkin masih terbawa.
- Serpih PET sudah siap untuk di olah-ulang menjadi produk sekunder atau diproses menjadi bentuk monomer atau oligomernya agar dapat dipolimerisasikan kembali menjadi PET tarapangan (food grade).

Produk sekunder yang dapat dihasilkan dari PET bekas-pakai antara lain (12) :

- Serat poliester, sebagai bahan substitusi kapas pada karpet, bantal dan sarung tangan.
- Produk plastik diantaranya tempat sabun, map transparan, tempat pinsil -

- dan pita isolasi.
- Pita pengikat (strapping band)
 - Bahan kemasan non pangan.

Desain Botol Siap-Daur.

Desain botol PET harus masuk ke dalam pertimbangan awal agar botol yang dihasilkan dapat menjamin kelancaran proses daur-ulang nantinya. Di Amerika Serikat dikenal istilah "Design for Recycling" yang merupakan konsep sekaligus merek dagang dari *Institute of Scrap Recycling Industries*, Washington. Sampai saat ini diyakini bahwa konsep "design for recycling" merupakan solusi terbaik agar proses daur-ulang botol-botol plastik tidak terlalu mengalami hambatan (4).

Pada prinsipnya konsep ini menghimbau para desainer agar dalam merancang bentuk botol plastik (dalam hal ini botol PET) selalu berusaha agar :

- a. Melakukan minimasi variasi komponen botol yang dirancang.

Sebagai contoh, botol PET dengan label dan tutup dari polipropilin akan mudah di daur-ulang dibanding dengan penggunaan label PVC dan tutup dari aluminium atau PVC busa. Demikian juga dengan penggunaan lapisan dasar (base cup) pada botol PET, lapisan PET bening akan lebih baik dibanding dengan HDPE hitam, tetapi akan lebih baik lagi bila botol tidak menggunakan pelapis dasar. Penggunaan bahan perekat sebaiknya dihindari. Pada umumnya warna bahan perekat akan cenderung berubah menjadi kuning bila dipanaskan di atas rentang suhu

yang biasa digunakan, sehingga sebagai kontaminan, bahan perekat akan menyebabkan timbulnya warna yang tidak diinginkan pada proses pengolahan PET-daur yang dilakukan pada suhu tinggi. Selain itu, bahan perekat juga akan menimbulkan kesulitan (membentuk gumpalan) pada peralatan yang digunakan. Kendati demikian, apabila terpaksa harus menggunakan bahan perekat, sebaiknya digunakan bahan perekat yang mudah larut pada saat pencucian, itupun dengan minimasi pemakaian.

- b. Setiap komponen yang digunakan pada botol yang dibuat, harus mudah dipisahkan satu sama lain pada saat proses daur-ulang.
- c. Dihindari adanya kombinasi yang bersifat reaktif bila tercampur pada proses daur-ulang.

Dalam keadaan panas, termoplastik bisa bereaksi satu sama lain, sehingga harus dihindari terjadinya reaksi yang tidak diinginkan pada saat resin PET-daur dipanaskan untuk dibentuk kembali menjadi suatu produk. Sebagai contoh, PVC umumnya diproses pada suhu 150 – 220 °C dan akan cepat terdegradasi pada suhu 230 °C, sedangkan proses pembentukan ulang PET-daur umumnya dilakukan pada suhu 280 °C. Pada suhu ini PVC secara cepat berubah menjadi hitam, mengarang dengan melepas HCl yang dengan cepat menempel dan memotong rantai PET yang mengakibatkan berkurangnya berat molekul PET.

- d. Dihindari pemakaian bahan pewarna yang tidak dapat dipisahkan pada saat proses daur-ulang, karena akan mengurangi tingkat kebeningan produk PET-daur yang dihasilkan.

Kesimpulan

- Karena sifatnya yang unik, antara lain ringan, kuat dan tahan lama, transparan dan bening, tidak mudah pecah, mampu menahan tekanan proses karbonasi, serta termasuk jenis kemasan tara-pangan (food grade), saat ini botol PET sudah banyak digunakan sebagai pengganti botol gelas;
- Minuman berkarbonat yang dikemas dalam botol PET memiliki umur simpan yang lebih pendek dibanding dengan minuman sejenis yang dikemas dalam kaleng atau botol gelas. Diperkirakan botol yang dibuat dari kopolimer PEN/PET dapat mengatasi kekurangan yang dimiliki botol PET tersebut;
- Penerapan konsep pakai-ulang (reuse) dan daur-ulang (recycle) terhadap botol PET dengan desain yang siap daur, akan mendorong terciptanya kemasan akrab lingkungan.

Daftar Pustaka.

1. David Weelwright, *PET - Double digit growth rate set to continue*, The Institute of Packaging, UK, Interpack Review, 1996.
2. Ehrig, R.J, *Plastics Recycling - Products and Processes*, Hanser Publishers, NY, 199, p.51-60.

3. ITC, UNCTAD/WTO, *The Advantages of PET for Packaging Consumer Products*, Packdata Factsheet, No.26, April 1996.
4. ITC, UNCTAD/WTO, *Designing Bottles for Recycling*, Export Packaging, Factsheet 13, July, 1994.
5. Mark Pilling, *Message in a Bottle*, *Plastics and Rubber Asia*, PRA, vol. 12, No. 74, Oct. 1997, p.40-42.
6. *Modern Plastics Mid-October Encyclopedia Issue*, 1989, p.45.
7. *Modern Plastics Encyclopedia*, 1989, p.46-48.
8. Saechtling, *International Plastics Handbook*, Hanser Publishers, NY, 1987, p.246.
9. Tim Ornellas, *Thirst for water bottles continues*, *Plastics and Rubber Asia*, PRA, vol. 13, No.76, Jan/Feb. 1998, p.17.
10. Vaidya, AP, *Plastic in Packaging*, Indian Institute of Packaging, Bombay, 1998.
 - Athalys, AS, *Stretched Bottles of PVC and PET*, p.277-284.
 - Agarwal, PN, *Market for PET Bottles and Containers*, p.285-297.
 - Kumar, KR, *Plastics in Food Packaging*, p.352.
11. Willy Sidharta, *Upaya Daur Ulang Kemasan Bekas PET*, Makalah Simposium Nasional Polimer II, Bogor, Juli 1998.
12. Yoko Ito, *The Amazing Transformation of PET Resin Bottles*, *Kenshu-In*, No.75, 1996, p.6-9.

-----00000000000000000000-----