

EVALUASI MIGRASI DI-(2-ETILHEKSIL)FTALAT DARI BOTOL POLIETILENA TEREFTALAT MENGGUNAKAN GC/MS

(Evaluation of Migrasi-(2-Etylheksil) Ftalat From Polyetylena Botle Tereftalat Using GC/MS)

* Fauzan Amin¹, Eti Rohaeti² dan Mohamad Rafi²

¹Jurusan Analis Kimia, Sekolah Tinggi Analis Kimia Cilegon, Banten

²Departemen Kimia, Institut Pertanian Bogor

Email/Telp: khotibkhottob@gmail.com/ 085715034089

ABSTRAK

Di-(2-etilheksil)ftalat (DEHP) merupakan bahan yang ditambahkan pada pembuatan botol polietilena tereftalat (PET) yang umumnya digunakan sebagai pengemas air mineral atau minuman ringan. DEHP telah diketahui bersifat karsinogen. *Environmental Protection Agency* menetapkan ambang batasnya dalam air minum sebesar 6 ppb. Migrasinya pada minuman yang dikemas dalam botol ini perlu diwaspadai dan dipengaruhi pengawet, suhu, dan pengisian ulang. Hasil penelitian menunjukkan konsentrasi DEHP dalam air mineral sebesar 11.248 ppb, dalam minuman berpengawet natrium benzoat 12.052 ppb, dalam minuman mengandung antioksidan ditambah pengawet campuran kalium sorbat dan natrium benzoat kurang dari 2 ppb. Kadar DEHP pada air mineral dan minuman berpengawet natrium benzoat setelah dipanaskan pada suhu 32 °c selama tiga jam terjadi penurunan sebesar 86 dan 96.3%. Minuman berpengawet campuran kalium sorbat dan natrium benzoat mengalami kenaikan kandungan DEHP sebesar 300% dan kurang dari 2 menjadi 3.856 ppb pada minuman yang mengandung antioksidan. Sampel air setelah digunakan untuk mengisi ulang botol PET yang semula berisi minuman ringan berpengawet natrium benzoat mengandung DEHP yang cukup tinggi, yaitu 14.748 ppb. Adapun pada sampel air lain dari pengisian ulang tidak ditemukan DEHP yang bermigrasi. Penentuan kandungan DEHP dalam sampel minuman sebaiknya digunakan metode penambahan standar karena memiliki linearitas yang lebih baik dari metode kalibrasi eksternal.

Kata kunci: migrasi, DEHP, PET

ABSTRACT

Di-(2-ethylhexyl)phthalate (DEHP) is additive plasticizer in production of polyethylene terephthalate (PET) bottles which is commonly used for bottling. DEHP is carcinogenic and the Environmental of Protection Agency has established a maximum admissible concentration (MAC) in water of 6µg/L for DEHP. Its migration into drinking water contained in PET botles was vanalyzed according to the type of preservative used,

temperature, and refilling the used of PET bottles. The result showed the level of DEHP migration for mineral water was 11.248 ppb, to soft drink preserved with Na-benzoate was 12.052 ppb, to soft drink contained antioxidant and preserved with a combination of Na-benzoate and K-sorbate were lower than 2 ppb. The level of DEHP migration After heated at 32 °C for three hours decreased to 86 and 96.3% for mineral water and soft drink preserved with Na-benzoate, respectively. Soft drink preserved with a combination of Na-benzoate and K-sorbate increased the level of DEHP migration after heated until 300% and from lower than 2 ppb to 3.856 ppb for soft drink contained antioxidant. The sample of water used to refill the used PET bottle and preserved with Na-benzoate showed the highest level of DEHP migration (14.748 ppb). However, in other samples DEHP was not detected. To determine the concentration of DEHP in water sample, standardized addition methode should be used because it has better linear correlation than external calibration method.

Key words: *migration, PET, DEHP*

1. PENDAHULUAN

Pemanfaatan kembali botol bekas sebagai wadah air minum merupakan cara yang mudah terutama saat bepergian agar air selalu tersedia ketika dibutuhkan. Kebiasaan mengisi ulang botol air mineral merupakan kebiasaan jutaan penduduk Indonesia bahkan di dunia (Haryono 2009). Kebiasaan tersebut tidak memperhatikan kemungkinan bahaya yang ditimbulkan akibat kontaminasi senyawa kimia dari bahan plastik yang digunakan.

Isu adanya bahaya yang ditimbulkan sebenarnya sudah menyebar secara luas di kalangan masyarakat. Hal ini dapat dilihat dengan banyaknya pemberitaan melalui media elektronik tentang pengkodean pada botol yang akan menimbulkan bahaya karsinogen melalui proses difusi bahan kimia berbahaya terutama jika digunakan lebih dari dua kali. Simbol atau kode itu dikeluarkan oleh The Society of Plastic Industry (SPI) sejak tahun 1988 di Amerika Serikat dan telah diadopsi oleh lembaga-lembaga yang mengembangkan sistem kode, seperti *International Organization for Standardization (ISO)*.

Kode berkaitan dengan cara penggunaan dan untuk kepentingan proses daur ulang bahan-bahan botol. Kode 1 biasa dipakai untuk botol plastik yang jernih seperti botol air mineral, jus, dan hampir semua jenis botol plastik lainnya yang direkomendasikan hanya untuk sekali pakai, karena bila digunakan ulang akan mengeluarkan senyawa karsinogenik

(SPI 1988). Namun demikian, masyarakat awam banyak yang belum mengetahui adanya pengkodean tersebut karena terbatasnya informasi yang mereka peroleh.

Bahaya dapat timbul karena minuman ringan dan air mineral umumnya dikemas dalam botol plastik yang terbuat dari polietilena tereftalat (PET) dengan bahan tambahan pemlastis di-(2-etilheksil)ftalat (DEHP). Kandungan DEHP pada bahan polimer pembuat botol plastik bervariasi tetapi umumnya sebesar 30% (b/b) (ECPI 2009). Dengan demikian, botol PET yang memiliki bobot 18.9854 gram mengandung DEHP sebesar 5.6956 gram. Jumlah tersebut dapat menyebabkan minuman terkontaminasi dengan kelarutan DEHP dalam air sebesar 40 ppb (Yalkowsky & He 2003).

DEHP merupakan zat yang bersifat karsinogen. Senyawa ini telah terbukti bisa menyebabkan tumor hati pada tikus. Hal ini didukung dengan penemuan bahwa monoester mono-(2-etilheksil)ftalat (MEHP) yang merupakan hasil degradasi DEHP bisa menyebabkan kerusakan DNA. Ambang batas DEHP dalam air minum adalah sebesar 6 ppb (EPA 1997).

DEHP dapat bermigrasi dari bentuk terikat pada botol ke dalam air dengan membentuk sistem koloid. Migrasi DEHP dipengaruhi oleh keasaman (pengawet yang digunakan), suhu, dan waktu. Kandungan DEHP pada minuman ringan lebih tinggi dari air mineral dikarenakan rendahnya nilai pH dan adanya pengawet pada minuman ringan (Bosnir *et al.*, 2007). Suhu yang tinggi dan lama waktu penyimpanan akan meningkatkan konsentrasi DEHP yang bermigrasi ke dalam air minum (Farhoodi *et al.*, 2008). Biscardi *et al.*, (2003) menyatakan bahwa DEHP akan terkandung dalam air mineral setelah 9 bulan penyimpanan dalam botol PET. Padahal fakta menunjukkan terdapatnya batas kadaluarsa lebih dari satu tahun pada beberapa produk air mineral dalam kemasan botol PET.

DEHP dalam sampel minuman ditentukan dengan ekstraksi cair-cair menggunakan diklorometana. Ekstrak dianalisis secara langsung menggunakan GC/MS. Penelitian bertujuan mengevaluasi jumlah DEHP yang bermigrasi dari botol PET ke dalam minuman ringan dan air mineral dengan pengaruh perbedaan pengawet yang digunakan, suhu, dan botol bekas yang diisi ulang. Kestabilan DEHP dalam air dipengaruhi pH, konduktivitas, kandungan oksigen terlarut, dan nilai alkalinitas.

2. BAHAN DAN METODE

A. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan ialah GC/MS (Shimadzu), penangas air, *shaker*, vial kecil bertutup, pH meter (TOA Electronics Ltd), konduktometer (*Eutech Instruments*), dan peralatan gelas yang umum digunakan di laboratorium kimia.

Bahan-bahan yang digunakan meliputi sampel dan bahan-bahan kimia pereaksi. Sampel terdiri atas botol PET berisi minuman ringan dengan pengawet natrium benzoat, campuran kalium sorbat dan natrium sorbat, minuman ringan yang mengandung antioksidan, dan air mineral. Selain itu digunakan sampel air untuk mengisi ulang. Bahan lainnya adalah larutan buffer pH 4 dan 7, KCl 0.01 M, HCl 0.1 N, boraks, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0.025 N, larutan baku KIO_3 , KI 1 N, HCl 1 N, larutan azida-alkali, MnSO_4 , H_2SO_4 pekat, indikator merah metil, jingga metil, dan amilum, larutan standar DEHP (Sentra Teknologi Polimer), NaOH 10 M, NaOH 0.1 N, NaCl, dan diklorometana.

B. Metode

Sampel air diperoleh dengan cara membeli minuman ringan dalam botol PET dengan bahan pengawet natrium benzoat, campuran antara kalium sorbat dan natrium benzoat, minuman yang mengandung antioksidan, dan air mineral di toko. Sampel air dipanaskan selama 32 °C selama 6 jam. Sampel sebelum dan sesudah pemanasan ditentukan kandungan DEHPnya. Pemilihan suhu tersebut didasarkan pada rerata suhu terpanas di kota-kota Indonesia adalah 32 °C (BMKG 2009). Hal ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh suhu dan sifat minuman pada kandungan DEHP yang bermigrasi ke dalam sampel air.

Botol PET kosong diisi dengan sampel air (pada suhu kamar) dan dibiarkan selama enam jam. Setelah enam jam air dituang, dibuang, dan botol dibiarkan kosong hingga esok harinya. Pengisian dan penuangan air diulangi setiap hari hingga hari kesembilan. Pada hari kesepuluh pengisian diulangi lagi tetapi air tidak dibuang melainkan ditampung dalam

wadah gelas untuk ditentukan kandungan DEHPnya. Pengukuran DEHP dilakukan menggunakan GC/MS. Blangko dipersiapkan seperti sampel hanya saja dituang dalam wadah gelas. Jumlah sampel minuman ringan yang ditentukan sebanyak tiga macam dan air mineral satu macam. Setiap botol diisi ulang satu kali sehingga dilakukan tiga belas kali pengukuran DEHP.

Perlakuan sampel di atas berdasarkan pertimbangan bahwa pada umumnya masyarakat yang menggunakan kembali botol air minum akan meminum air didalamnya tidak lebih dari enam jam. Setelah enam jam mereka akan mencuci botol tersebut untuk disimpan atau diisi kembali dengan air yang baru. Botol tersebut biasanya tidak digunakan setiap hari karena mungkin saja disimpan terlebih dahulu dan menggunakannya lagi pada hari berikutnya. Sepuluh hari merupakan waktu yang cukup untuk menggambarkan risiko dari penggunaan kembali botol air minum.

Karakteristik kimia yang harus dianalisis pada sampel air yang digunakan pada pengisian ulang meliputi penentuan nilai pH, konduktivitas, oksigen terlarut, dan alkalinitas (Biscardi *et al.*, 2003). Penentuan nilai pH air dilakukan menggunakan pH meter (Metode APHA, AWWA, WEF No. 45 2005). Nilai konduktivitas ditentukan menggunakan konduktometer (Metode APHA, AWW Oksigen terlarut ditentukan dengan titrimetri menggunakan larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (Metode APHA, AWWA, WEF No. 45 2005). Larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0.025 N distandardisasi terlebih dahulu dengan larutan baku KIO_3 0.025 N. (Harjadi 1986).

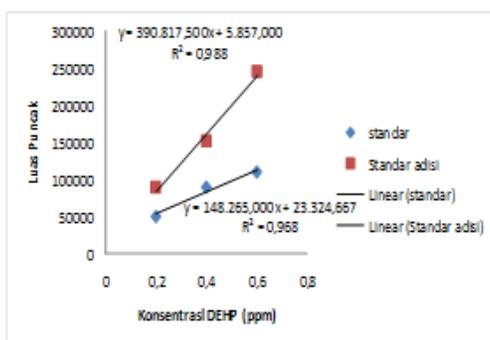
Alkalinitas air adalah kapasitas air untuk menetralkan asam kuat pada suatu pH tertentu. Alkalinitas ditentukan dengan titrimetri menggunakan larutan baku asam sulfat atau HCl (Metode APHA, AWWA, WEF No. 45 2005). Larutan HCl 0.1 N yang digunakan distandardisasi terlebih dahulu dengan larutan baku boraks (Harjadi 1986). Ekstraksi DEHP diawali dengan mengambil Sebanyak 75 ml sampel air dinetralkan dengan NaOH atau HCl. Kemudian ditambahkan 20 gram NaCl dan larutan diekstrak dengan cara mengocok campuran selama 12 jam dalam vial tertutup dengan 3 ml diklorometana. Ekstrak dianalisis secara langsung menggunakan GC/MS (Farhoodi *et al.*, 2008). Standar dan blangko diperlakukan sama seperti sampel hanya menggunakan aquades sebagai pengganti sampel.

Metode penambahan standar dilakukan seperti sampel dengan cara menambahkan konsentrasi DEHP pada berbagai konsentrasi.

Analisis GC/MS dilakukan menggunakan GC/MS Shimadzu. Laju alir helium, hidrogen, dan udara adalah 4, 30, dan 300 ml/menit. Suhu sisi injeksi dan detektor dijaga pada 250 dan 280 °C. Suhu oven terprogram dimulai dari 50 °C selama 3 menit dan meningkat dengan kecepatan 15 °C/menit sampai 260 °C. Selanjutnya dilakukan secara isothermal sampai kromatogram diperoleh. Identifikasi senyawa dilakukan dengan membandingkan waktu retensi dengan larutan standar DEHP menggunakan dua ion dan perbandingannya pada setiap analit (Farhoodi *et al.*, 2008).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode kalibrasi eksternal. Perlakuan pada standar dan blangko menggunakan aquades sebagai pengganti sampel. Hal tersebut belum sepenuhnya dapat menggantikan matriks dalam sampel. Oleh karena itu, perlu suatu metode pembanding untuk melihat pengaruh dari matriks. Salah satu metode yang digunakan sebagai pembanding adalah metode penambahan standar.



Gambar 1. Perbandingan kurva standar metode kalibrasi eksternal dengan penambahan standar

Pada Gambar 1, terlihat adanya kenaikan luas puncak di setiap konsentrasi standar tanpa penambahan sampel (standar) dengan standar yang ditambahkan sampel (penambahan standar). Metode penambahan standar menunjukkan nilai R^2 yang lebih besar dari pada R^2 pada metode kalibrasi eksternal (Gambar 1). Hasil tersebut menunjukkan

adanya pengaruh matriks pada jumlah DEHP yang bermigrasi ke dalam sampel. Oleh karena itu, dapat dikatakan metode penambahan standar lebih baik dari pada metode kalibrasi eksternal pada penentuan kandungan DEHP dalam air.

Sampel air yang digunakan untuk mengisi ulang keempat botol PET perlu ditentukan karakteristik kimianya meliputi pH, konduktivitas, oksigen terlarut, dan alkalinitas. Nilai karakteristik kimia sampel air ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik Kimia Sampel Air Pengisian Ulang

| Parameter | Nilai |
|------------------|-------------------------------|
| pH | 6.88 |
| Konduktivitas | 51.3 μ S |
| Oksigen Terlarut | 6.41 mg/L |
| Alkalinitas | 12.08 mg CaCO ₃ /L |

Nilai pH dari sampel air yang digunakan masih berada pada kisaran pH netral. Nilai pH memengaruhi kestabilan DEHP karena pH yang rendah akan menyebabkan semakin banyak DEHP yang terlarut sedangkan pH tinggi akan menyebabkan DEHP terdegradasi menjadi senyawa lain. Nilai konduktivitas erat kaitannya dengan kandungan anion dan kation yang larut dalam air. Anion dan kation membantu kestabilan DEHP dengan cara mengikatnya ke dalam bentuk yang lebih stabil. Nilai konduktivitas sampel air yang tertera pada Tabel 1, masih berada pada kisaran yang rendah sehingga migrasi DEHP belum dipengaruhi oleh anion dan kation yang terkandung dalam sampel air.

Oksigen terlarut menggambarkan kemampuan sampel air mengoksidasi senyawa kimia, termasuk DEHP. Pengoksidasi yang kuat akan menyebabkan DEHP terpolimerisasi secara tidak terkontrol. Kandungan oksigen terlarut sampel yang memiliki nilai 6.41 mg/L dapat dikatakan rendah karena sedikit di atas ambang batas baku mutu air untuk media hidup fauna perairan darat sebesar < 5 mg/L (Hartoto dan Mulyana 1996). Hal tersebut menjamin bahwa DEHP dalam sampel air tidak terpolimerisasi dan tetap stabil.

Nilai alkalinitas memiliki peranan penting dalam kestabilan DEHP. Alkalinitas yang tinggi akan menyebabkan DEHP terdegradasi karena bereaksi dengan OH membentuk mono-(2-etilheksil)ftalat (MEHP). Alkalinitas dikatakan tinggi jika mengandung lebih dari

500 mg/L CaCO₃ dan rendah jika kurang dari 50 mg/L CaCO₃. Nilai alkalinitas pada sampel yang digunakan untuk mengisi ulang botol bekas adalah 12.08 CaCO₃ mg/L. Nilai tersebut menunjukkan bahwa kandungan DEHP dalam sampel air tidak terdegradasi. Hasil penelitian ini hanya untuk sampel air pengisian ulang dengan karakteristik kimia seperti pada Tabel 1. Adapun jika diisi dengan sampel air yang memiliki karakteristik kimia berbeda maka DEHP yang bermigrasi juga akan berbeda. Perbedaan tersebut dikarenakan kestabilan DEHP dalam air.

Kandungan DEHP pada minuman ringan dan air mineral dengan pengaruh pengawet, pemanasan 32 °C, dan pengisian ulang tiap sampel ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kandungan DEHP dengan pengaruh pengawet, suhu, dan pengisian ulang

| Sampel | Kandungan | Pengaruh | DEHP (ppb) |
|----------------|-----------------------------------|---|----------------------|
| Air Mineral | Tanpa Pengawet | Tanpa Pemanasan Setelah Pemanasan Isi Ulang | 11.248 <2 - |
| Minuman Ringan | Antioksidan | Tanpa Pemanasan Setelah Pemanasan Isi Ulang | <2 3.856 <2 |
| Minuman Ringan | Kalium Sorbat dan Natrium Benzoat | Tanpa Pemanasan Setelah Pemanasan Isi Ulang | < 2 - 12.052 |
| Minuman Ringan | Natrium Benzoat | Tanpa Pemanasan Setelah pemanasan Isi ulang | < 2 < 2 14.748 |

Pengaruh pengawet pada migrasi DEHP ditunjukkan dengan kandungan DEHP terlarut sampel tanpa pemanasan (Tabel 2). Minuman ringan berpengawet natrium benzoat memiliki kandungan DEHP tertinggi sebesar 12.052 ppb dengan batas kadaluarsa 109 hari. Hal tersebut dikarenakan adanya pengaruh pH dan keasaman pada minuman ringan. Perbedaan hasil penelitian ini dengan penelitian Bosnir *et al.*, (2007) adalah pada penelitian ini kandungan DEHP pada air mineral dengan batas kadaluarsa 687 hari lebih tinggi (11.248 ppb) dari minuman ringan berpengawet campuran kalium sorbat dan natrium

benzoat (< 2ppb) dengan batas kadaluarsa 346 hari. Perbedaan tersebut diduga botol PET yang mengandung air mineral telah tersimpan lebih lama sehingga jumlah DEHP yang bermigrasi semakin besar. Antioksidan belum memberikan pengaruh yang berarti pada jumlah DEHP yang bermigrasi karena kandungannya masih kurang dari 2 ppb dengan batas kadaluarsa 307 hari.

Minuman ringan berpengawet natrium benzoat dan air mineral mengandung DEHP di atas ambang batas yang ditetapkan *Environmental Protection Agency* (EPA), yaitu sebesar 6 ppb. Hasil tersebut dapat dijadikan gambaran bahwa botol PET yang berisi air mineral atau minuman ringan berpengawet natrium benzoat perlu diwaspadai karena adanya DEHP yang bermigrasi.

Suhu berpengaruh pada migrasi DEHP dengan adanya kenaikan dan penurunan DEHP terlarut setelah pemanasan (Tabel 2). Air mineral dan minuman ringan berpengawet natrium benzoat setelah dipanaskan pada suhu 32 °C selama 3 jam dalam penangas air mengalami penurunan kandungan DEHP sebesar 86% dan 93.6%. Hal tersebut diduga karena pengaruh kelembaban pada penangas air. Kelembaban memengaruhi kestabilan DEHP yang akan terhidrolisis menjadi senyawa lain (HB Chemical Corporation 2005).

Minuman ringan berpengawet campuran kalium sorbat dan natrium benzoat mengalami kenaikan konsentrasi DEHP terlarut sebesar 300% dan sampel mengandung antioksidan yang semula kurang dari 2 ppb menjadi 3.856 ppb setelah pemanasan. Hal tersebut memperkuat simpulan Farhoodi *et al.*, (2008) yang menyatakan bahwa semakin tinggi suhu maka jumlah DEHP yang bermigrasi akan semakin besar.

Pengisian ulang berpengaruh pada migrasi DEHP karena degradasi pemlastis dari botol PET. Tabel 4 menunjukkan bahwa sampel air untuk isi ulang botol PET berisi pengawet natrium benzoat memiliki kandungan DEHP tertinggi sebesar 14.78 ppb. Adapun ketiga sampel lainnya tidak ditemukan DEHP yang bermigrasi atau kandungannya masih di bawah limit deteksi alat. Hal tersebut dapat dijadikan jawaban atas kekhawatiran masyarakat pada penggunaan botol bekas yang diisi berulang-ulang karena adanya DEHP yang bermigrasi.

Hasil penelitian ini masih terbatas dengan pengisian ulang selama sepuluh kali sehingga jika lebih dari sepuluh diduga DEHP yang bermigrasi akan semakin banyak atau bahkan menjadi lebih sedikit karena terbatasnya jumlah DEHP yang bermigrasi. Jumlah maksimum DEHP yang bermigrasi menurut *European-approved Specific Migration Limit* adalah sebesar 3 mg/L (Farhoodi *et al.*, 2008).

4. KESIMPULAN

Minuman ringan berpengawet natrium benzoat dan air mineral memiliki kandungan DEHP sebesar 12.052 dan 11.248 ppb. Sementara minuman yang mengandung antioksidan dan yang berpengawet campuran kalium sorbat dan natrium benzoat mengandung DEHP kurang dari 2 ppb. Pengaruh suhu akan menurunkan kandungan DEHP pada air mineral dan minuman ringan berpengawet natrium benzoat sebesar 86% dan 93.6%. Kenaikan kandungan DEHP akibat pengaruh suhu terjadi pada minuman berpengawet campuran kalium sorbat dan natrium benzoat sebesar 300% dan minuman yang mengandung antioksidan terjadi kenaikan dari kurang dari 2 ppb menjadi 3.856 ppb. Sampel air untuk mengisi ulang botol PET yang semula berisi pengawet natrium benzoat memiliki kandungan DEHP tertinggi sebesar 14.748 ppb. Sampel air lainnya setelah diisi ulang tidak mengandung DEHP atau masih di bawah ambang batas yang ditetapkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Biscardi. 2003. *Evaluation of the migration of mutagensycarcinogens from PET bottles into mineral water by Tradescantiaymicronuclei test, Comet assay on leukocytes and GC/MS*. The Science of the Total Environment 302:101-108.
- [BMKG] Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. 2009. Prakiraan cuaca kota propinsi Indonesia. [terhubung berkala]. www.bmkg.com. [1 Jun 2009].
- Bosnir. 2007. *Migration of phthalates from plastic containers into soft drinks and mineral water*. Food Technology Biotechnology 45(1):91-95.
- Metode APHA, AWWA, WEF No. 45. 2005. *Standar Methods for the Examination of Water and Waste Water*. New York: Port city press.
- [ECPI] European Council for Plasticisers and Intermediates. 2009. About DEHP. [terhubung berkala]. www.ecpi.com. [4 Apr 2009].

- [EPA] Environmental Protection Agency. 1997. *Public Health Goal for Di(2-Ethylhexyl)Phthalate (DEHP) in Drinking Water*. California Environmental Protection Agency, California.
- Farhoodi M, Djomeh ZE, Ehsani MR. 2008. *Effect of environmental conditions on the migration of di-(2-ethylhexyl)phthalate from PET bottles into yogurt drinks: influence of time, temperature, and food simulant*. The Arabian Journal for Science and Engineering 33(2B):279-287.
- Hartoto DI, Mulyana E. 1996. *Hubungan parameter kualitas air dengan struktur ikhtiofauna perairan darat pulau Siberut*. Oseanologie dan Limnologie di Indonesia 29: 41- 45.
- Haryono. 2009. *Tips hidup sehat buat kita-kita*. [terhubung berkala]. <http://steelalive.blogspot.com>. [4 Apr 2009].
- HB Chemical Corporation. 2005. *Material Safety Data Sheet*. Cuyahoga Falls: HB Chemical corp.
- [SPI] The Society of Plastic Industry. 1988. *Plastic coding guidelines in the united states*. [terhubung berkala]. www.natureworksllc.com. [28 Mar 2009].
- Yalkowsky SH, He Y. 2003. *Handbook of Aqueous Solubility Data*. New York: CRC press.