

BAB I

TINJAUAN PUSTAKA

1.1. Kemasan Plastik

Plastik secara sederhana didefinisikan sebagai material polimer yang dapat dicetak atau diekstrusi menjadi bentuk yang diinginkan dan yang mengeras setelah didinginkan atau pelarutnya diuapkan. Plastik tidak dipintal menjadi benang yang molekulnya berjajar, tetapi dicetak menjadi bentuk berdimensi tiga atau dibentang menjadi film untuk digunakan sebagai pengemas (Oxtoby *et. al*, 2003 : 320).

Dalam kenyataannya bahan plastik yang murni tak pernah didapatkan. Hal ini disebabkan dalam proses pembuatan plastik tidak luput dari penambahan zat-zat lain seperti *stabilizer*, antioksidan dan pengisi yang diantaranya berguna untuk memelihara mutu dan kebaikan plastik itu serta mempermudah pengerjaan.

Secara umum plastik mengandung komponen-komponen sebagai berikut :

- a. Katalisator, mempunyai fungsi untuk mempercepat jalannya suatu reaksi, misalnya senyawa alkil aluminium.
- b. Inhibitor, untuk memperlambat reaksi polimerisasi, misalnya senyawa fenol, diamin atau asam pikrat.
- c. Akselerator, berfungsi sebagai mempercepat pembentukan radikal bebas dari katalisator, contoh senyawanya kobalt naftalat.
- d. Stabilisator, misalnya senyawa sabun-sabun Pb, Cd, Sr dan garam-garam logam Pb, Mg, senyawa organik dan senyawa resin apoksi.

- e. Antioksidan, sebagai pencegah terjadinya foto oksidasi, misalnya senyawa hidrokuinon.
- f. Antistatik, untuk mencegah terjadinya akumulasi listrik statik, contoh senyawanya ialah SnCl_2 dan senyawa setil alkohol.
- g. Bahan pembentuk busa, misalnya senyawa ammonium karbonat, senyawa hidrokarbon terklorinasi.
- h. Lubrikan, untuk memperbesar ekstensibilitas (kelenturan), misalnya senyawa kalsium stearat.
- i. *Plasticizer*, untuk mendapatkan polimer yang lebih lunak sehingga mudah diproses, misalnya senyawa ftalat, senyawa glikol, ester asam phospat.
- j. Pengisi (filler), untuk membuat plastik memiliki sifat yang tidak mudah terbakar atau untuk meningkatkan daya tahan plastik, misalnya senyawa silika dioksida, gips, gabus, karet dan asbes.
- k. Pewarna, untuk mewarnai plastik, misalnya senyawa kuning krom, pigmen.
- l. Pelarut, misalnya senyawa toluena, benzen, amil asetat dan etil asetat.

Bahan tambahan ini pada umumnya bersifat racun yang dapat merupakan residu polimer diakhiri pembuatan plastik. Bila plastik digunakan untuk mengemas makanan, bahan tambahan ini dapat bermigrasi ke makanan yang dikemas baik sewaktu proses pengemasan maupun penyimpanan sebelum dikonsumsi, sehingga dalam jumlah tertentu dapat membahayakan konsumen (Dani, 1988).

Kelebihan plastik dari bahan-bahan kemasan yang lainnya diantaranya adalah harganya relatif murah, dapat dibentuk berbagai rupa, warna dan bentuk relatif lebih di sukai konsumen, mengurangi biaya transportasi, sedangkan kelemahan plastik yang utama yaitu umumnya tidak tahan terhadap temperatur tinggi.

Berbagai kemasan plastik memiliki keunggulan dan kelemahan, khususnya pada daya permeabilitas (*barrier*) terhadap jenis gas dan uap air sehingga memungkinkan terjadinya perpindahan molekul-molekul gas baik dari luar plastik (udara) maupun sebaliknya (Winarno, 1997).

Proses migrasi dapat meningkat apabila waktu kontak, suhu kontak meningkat juga apabila jumlah bahan tambahan pada plastik lebih banyak. Migrasi juga dapat berkurang apabila bahan tambahan pada kemasan memiliki berat molekul yang besar dan memiliki laju difusi yang rendah (*inert*) (Castle, 2000).

Fenomena interaksi antara kemasan dengan bahan pangan merupakan hal penting, fenomena tersebut salah satunya adalah proses transfer atau migrasi senyawa-senyawa yang berasal dari kemasan ke dalam produk pangan khususnya kemasan yang berbahan dasar plastik, selain itu juga dapat terjadi pada kemasan yang berbahan dasar logam, kaca, keramik, karet dan kertas (BPOM, 2005).

1.2. Pengelompokan Plastik

Secara garis besar plastik dapat digolongkan menjadi dua golongan besar, yakni plastik yang bersifat *thermoplastic* dan yang bersifat *thermoset*. *Thermoplastic* dapat dibentuk kembali dengan mudah dan diproses menjadi bentuk

lain, sedangkan jenis *thermoset* bila telah mengeras tidak dapat dilunakkan kembali. Plastik yang paling umum digunakan dalam kehidupan sehari-hari adalah dalam bentuk *thermoplastic*. Saat ini plastik diklasifikasikan menjadi 7 (tujuh) kelompok. Ciri masing-masing kelompok plastik dibedakan atas nama populernya, rumus molekul, kegunaan, dan bisa didaur ulang atau tidak. Pengelompokan plastik itu adalah:

1. PETE (*Polyethylene Terephthalate*) merupakan resin poliester yang tahan lama, kuat, ringan dan mudah dibentuk ketika panas. Kepekatannya adalah sekitar 1,35 – 1,38 gram/cc, hal ini membuat PETE kokoh, rumus molekulnya adalah $(-\text{CO}-\text{C}_6\text{H}_5-\text{CO}-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{O}-)_n$. PETE dapat ditemukan pada botol air, botol soda, botol jus, botol minyak goreng, kemasan makanan dan lain-lain. PETE memiliki warna yang jernih, kadang berwarna hijau. PETE dapat didaur ulang menjadi produk baru seperti bahan kain, sepatu, koper, karpet, rak, panel pintu dan banyak lagi.

2. HDPE (*High Density Polyethylene*) merupakan resin yang liat, kuat dan kaku yang berasal dari minyak bumi, yang sering dibentuk dengan cara meniupnya. Rumus molekulnya adalah $(-\text{CH}_2-\text{CH}_2-)_n$. HDPE dapat ditemukan pada botol detergen, botol obat, botol oli mesin, botol sampo, botol sabun cair, kemasan kopi dan botol sabun bayi. HDPE dapat didaur ulang di berbagai tempat dan tersedia pada tempat-tempat untuk mendaur ulang plastik. HDPE biasanya berwarna pekat, tidak tembus pandang, dan dapat muncul dengan berbagai warna walau biasanya berwarna putih.

3. PVC (*Polyvinyl Chloride*) merupakan resin yang liat dan keras yang tidak terpengaruh oleh zat kimia lain. Rumus molekulnya adalah $(-\text{CH}_2-\text{CHCl}-)_n$. PVC dapat dijumpai pada tanda lalu lintas, botol minyak goreng, kabel listrik, botol pembersih kaca, mainan, botol sampo, pipa air, kemasan kerut, dan kemasan makanan cepat saji. PVC tidak dapat di daur ulang.

4. LDPE (*Low Density Polyethylene*) merupakan plastik yang mudah dibentuk ketika panas, yang terbuat dari minyak bumi, dan rumus molekulnya adalah $(-\text{CH}_2-\text{CH}_2-)_n$. LDPE adalah resin yang keras, kuat dan tidak bereaksi terhadap zat kimia lainnya, kemungkinan merupakan plastik yang paling tinggi mutunya. LDPE dapat dijumpai pada tas plastik, botol, kotak penyimpanan, mainan, perangkat komputer dan wadah yang dicetak. LDPE memiliki sifat sangat kuat, sangat lentur, kedap air dan tidak dapat dihancurkan seperti plastik lain yang lebih keras.

5. PP (*Polypropylene*) merupakan plastik polymer yang mudah dibentuk ketika panas, rumus molekulnya adalah $(-\text{CHCH}_3-\text{CH}_2-)_n$. Memiliki sifat yang lentur, keras dan resisten terhadap lemak. *Polypropylene* dapat dijumpai pada wadah makanan, kemasan, pot tanaman, tutup botol obat, sedotan, mainan, tali, pakaian dan berbagai bentuk yang bukan botol.

6. PS (*Polystyrene*) merupakan plastik polimer yang mudah dibentuk bila dipanaskan, rumus molekulnya adalah $(-\text{CHC}_6\text{H}_5-\text{CH}_2-)_n$. Sangat kaku dalam suhu ruangan. *Polystyrene* dapat dijumpai pada perkakas dari plastik, kotak CD, gelas plastik, wadah makanan dan nampan. *Polystyrene* bisa tembus cahaya, bisa juga berwarna. Fleksibel pada batas tertentu, namun secara umum kaku, sangat baik

hasilnya bila dicetak dengan rancangan yang rumit. *Polystyrene* tidak mudah didaur ulang.

Kemasan plastik yang berlogo *recycle* ♻️ dapat terbuat dari campuran dua atau lebih jenis plastik. Kadang kala plastik dengan logo *recycle* ♻️ mengindikasikan bahwa bahan baku resinnya tidak diketahui. Penggunaan bahan plastik agar lebih aman disarankan menggunakan plastik dengan kode ♻️, ♻️, ♻️. Bila tidak ada kode plastik pada kemasan tersebut, atau bila tipe plastik tidak jelas cara terbaik yang paling aman adalah menghubungi produsennya dan menanyakan mereka tentang tipe plastik yang digunakan untuk membuat produk tersebut (Suharto, 2009).

1.3. Migrasi Kemasan Plastik

Selama proses pengemasan dan penyimpanan makanan, kemungkinan terjadi migrasi (pemindahan) bahan plastik pengemas dari bungkus ke makanan yang dikemas sehingga formulasi plastik akan terus berkembang. Bahan yang berpindah dapat berupa residu polimer (monomer), katalis maupun bahan tambahan lain seperti filler, *stabilizer*, *plasticizer* dan pewarna. Bahan tambahan ini pada umumnya bersifat racun, terikat secara kimia atau fisika pada polimer dalam bentuk asli atau modifikasi.

Faktor-faktor yang mempengaruhi migrasi adalah :

1. Luas permukaan yang berkontak,
2. Kecepatan migrasi,
3. Jenis bahan plastik,

4. Temperatur dan waktu kontak.

Migrasi bahan kimia merupakan proses difusi dengan hukum kinetik dan kontrol termodinamik. Migrasi ini dapat disebutkan sebagai fungsi dari waktu, suhu, ketebalan bahan, jumlah bahan yang dapat bermigrasi, koefisien partisi dan distribusi. Ada beberapa faktor migrasi kimia yaitu jenis dan konsentrasi bahan kimia yang ada dalam bahan pengemas. Faktor lainnya yang penting adalah sifat makanan itu sendiri saat bersentuhan dengan bahan pengemas, sifat intrinsik dan bahan pengemas juga termasuk faktor yang penting (Castle, 2000).

1.4. *Bisphenol A (BPA)*

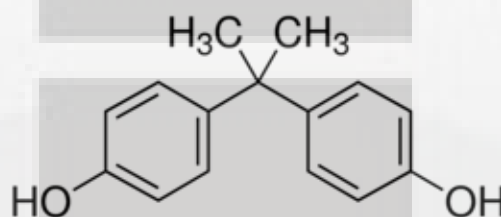
Bisphenol A (BPA), salah satu bahan kimia sintetik yang sangat banyak diproduksi dewasa ini. BPA merupakan monomer dalam sintesis epoksi resin. Epoksi resin digunakan sebagai bahan pelapis dinding dalam kemasan makanan dan minuman kaleng, perekat, pelapis pipa saluran air minum, komponen mobil atau pesawat terbang). BPA juga merupakan bahan dasar industri plastik polikarbonat yang sangat diperlukan dalam produksi *compact disk (CD)* dan CD-ROM, peralatan rumah tangga, kemasan makanan dan air mineral, botol minum bayi, *dental sealant*, pestisida, fungisida, bahan anti api, antioksidan, *stabilizer* dalam produksi *polyvinyl chloride (PVC)*, dan bahkan dalam sintesis hidrokuinon.

Polimerisasi kurang sempurna produk berbasis BPA selama proses pembuatan kemasan, atau depolimerisasi akibat pemanasan (baik yang disengaja untuk tujuan sterilisasi maupun tak disengaja selama penyimpanan) dapat melepaskan BPA dan turunannya ke makanan (4 - 23 μg /kemasan), minuman (7 -

58 $\mu\text{g/g}$), atau dalam air ludah (90 - 913 $\mu\text{g/volume}$ air ludah yang ditampung selama satu jam setelah pemasangan *dental sealant*). Ikezuki *et. al* dan Schonfelder *et. al* melaporkan bahwa konsentrasi BPA dalam tubuh wanita hamil bisa mencapai 0,3 - 18,9 ng/ml serum dan 1 - 2 ng/ml cairan folikel. Bahkan bahan ini dapat menembus unit fetoplasenta dan bisa dideteksi pada fetus (0,2 - 9,2 ng/ml serum) atau komponen ekstraembrio (8,3 ng/ml cairan amnion dan 1 - 104,9 ng/g plasenta) (Sipahutar dkk, 2007).

1.4.1. Sifat fisikokimia *bisphenol a*

Bisphenol A mempunyai struktur seperti pada gambar berikut :



Gambar I.1 Rumus struktur *Bisphenol a*¹

Bisphenol A memiliki nama IUPAC 4,4'-(propane-2,2-diyl) diphenol dan nama lain Bis(4-hydroxyphenyl) dimethylmethane atau 2,2-Bis(4-hydroxyphenyl)propane. Rumus molekulnya $\text{C}_{15}\text{H}_{16}\text{O}_2$, berbentuk kristal, warna krem, tidak berbau. Memiliki titik leleh 158-159 $^{\circ}\text{C}$, titik didihnya 220 $^{\circ}\text{C}$, densitas relatif 1,2 g/cm³ pada 25 $^{\circ}\text{C}$. kelarutan dalam airnya 0,298 g/l pada 25 $^{\circ}\text{C}$ dan inkompatibel terhadap basa kuat dan oksidator kuat.

¹www.sigmaaldrich.com, diakses pada tanggal 31 Desember 2014 jam 08.43

Potensi efek kesehatan BPA ialah berbahaya bila dihirup, dapat menyebabkan iritasi saluran pernafasan, berbahaya jika tertelan, berbahaya jika terserap melalui kulit, dapat menyebabkan iritasi kulit dan berbahaya jika terkena mata, dapat menyebabkan luka pada mata.

1.4.2. Kegunaan *Bisphenol a*

Bisphenol A (BPA) pada awalnya, pada tahun 1936, mulai diproduksi untuk digunakan sebagai hormon sintetis. Senyawa organik sintetis ini memiliki rumus $C_{15}H_{16}O_2$ dan berat molekul 228.28 g/mol, dibangun oleh dua cincin phenol yang dihubungkan oleh sebuah jembatan metil yang mengandung dua buah gugus fungsional metil. Umumnya BPA disintesis melalui reaksi kondensasi aseton dan phenol bersama dengan asam hidroklorida sebagai katalis.

BPA digunakan sebagai monomer atau bahan dasar dalam sintesis epoksi resin (yang digunakan secara luas dalam kehidupan sehari-hari sebagai pelapis dinding kemasan metal makanan, perekat, pelapis pipa saluran air, komponen mobil atau pesawat terbang, dan lain-lain) dan plastik polikarbonat (termasuk polisulfon, alkilphenol, polialilat, poliester stiren, dan poliester resin tertentu) yang banyak digunakan dalam pembuatan *compact disk* (CD) dan CDROM, peralatan rumah tangga, kemasan makanan, kemasan air mineral, botol minum bayi, mainan anak-anak. BPA juga digunakan sebagai dental sealant, pestisida, fungisida, pemadam api, antioksidan, *stabilizer* dalam produksi *polyvynyl chloride* (PVC), dan juga dalam produksi hidrokuinon.

Sumber utama BPA ke lingkungan adalah bahan buangan dan emisi yang berasal dari industri produsen epoksi resin, polikarbonat dan resin polisulfat. Rute

utama pendedahan BPA terhadap manusia adalah inhalasi dan kontak dermal para pekerja yang terlibat dalam produksi, penggunaan, pengemasan dan transportasi bahan yang bersangkutan. Disamping itu, rute absorpsi juga menjadi sangat penting mengingat bahan ini juga banyak digunakan sebagai bahan kemasan makanan dan minuman dan sebagai bahan penahan gigi (*dental sealant*) dalam pengobatan dan perawatan gigi (Harahap, 2009).

1.4.3. Metabolisme *Bisphenol a* di dalam tubuh dan efeknya terhadap kesehatan

Pada saat ini, terdapat beberapa informasi tentang proses kinetik pada proses metabolisme BPA termasuk paparannya. BPA yang masuk ke tubuh manusia melalui pangan dapat diserap dalam saluran cerna lalu dimetabolisme di dalam hati membentuk dua senyawa metabolit, yaitu konjugat BPA-asam glukoronat dan BPA-sulfat. Ketika BPA terkonjugasi, metabolit BPA dapat diekresikan oleh tubuh melalui urin karena metabolit BPA tersebut lebih larut air dibandingkan BPA tidak terkonjugasi (BPA bentuk bebas) (Weiss *et. al*, 2012).

BPA yang masuk kedalam tubuh melalui rute oral, dari hasil penelitian menunjukkan bahwa tidak menunjukkan toksisitas. Karena jika melalui rute oral, BPA akan termetabolisme terlebih dahulu di hati sebelum masuk ke pembuluh darah. Namun jika BPA masuk melalui rute non-oral, baik absorpsi melalui kulit atau melalui saluran pernafasan, BPA dapat masuk ke sirkulasi tubuh sebelum masuk ke hati. Ketika BPA masuk ke dalam sirkulasi tubuh dalam bentuk tidak terkonjugasi (BPA bentuk aktif), dapat membahayakan tubuh, karena BPA dalam

bentuk tidak terkonjugasi memiliki aktivitas estrogenik yang toksik (Schechter A., 2012).

Menurut U.S. Food and Drug Administration tahun 2008, bayi merupakan populasi yang sensitif terhadap BPA karena sistem saraf dan sistem endokrinnya sedang dalam tahap perkembangan demikian juga dengan sistem hepatiknya untuk mendetoksifikasi dan mengeliminasi senyawa kimia seperti BPA. Sedangkan pada orang dewasa yang dalam urinnya ditemukan BPA dalam kadar tinggi, memiliki kemungkinan lebih tinggi menderita penyakit jantung koroner, diabetes, gangguan kekebalan tubuh dan ketidaknormalan enzim pada hati (Miller *et. al*, 2011).

1.5. Alat Uji Carik

Alat uji carik adalah sebuah alat yang sangat berguna dalam prosedur analisis kimia, dimana mengandung suatu bahan kapiler yang dapat meresap suatu senyawa setidaknya memiliki sebagian film yang transparan pada satu sisi atau pada sisi lain. Film membentuk suatu ruangan berongga dimana berhubungan dengan bahan kapiler.

Dalam prosedur analisis kimia, alat indikator yang dapat melakukan determinasi secara cepat pada identifikasi suatu senyawa yang terlarut pada suatu larutan telah menjadi suatu hal yang sangat penting. Prosedur deteksi dilakukan dengan alat uji carik berdasarkan kolorimetri, dimana memungkinkan tidak hanya pada uji kualitatif tapi pada determinasi kuantitatif. Namun, pada deteksi kuantitatif atau semikuantitatif, alat indikator hingga sekarang tidak memberikan hasil yang optimal.

Alat uji carik memiliki kertas uji kapiler, dilapisi dengan bahan resin sintetik dimana akan berubah warna jika bereaksi dengan suatu senyawa spesifik pada sampel uji. Biasanya, panjang bagian dari bahan kapiler yang telah berubah warnanya bergantung pada konsentrasi senyawa pada sampel uji. Intensitas perubahan warna yang dihasilkan tidak menjadi pertimbangan pada beberapa uji analisis (Wenz *et. al*, 1973).

1.6. Pereaksi Besi (III) Klorida

Pereaksi besi (III) klorida heksahidrat ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) berbentuk serbuk, berwarna kuning coklat. Memiliki berat molekul 270,3 g/mol. Memiliki titik leleh 37°C , mudah larut dalam air baik air dingin maupun air panas.

Potensi efek kesehatan FeCl_3 heksahidrat ialah dapat menyebabkan iritasi bila terkena kulit atau mata, bila terlalu lama terkena mata, dapat menyebabkan kerusakan kornea dan kebutaan, dapat menyebabkan efek mutagenik, karsinogenik dan teratogenik².

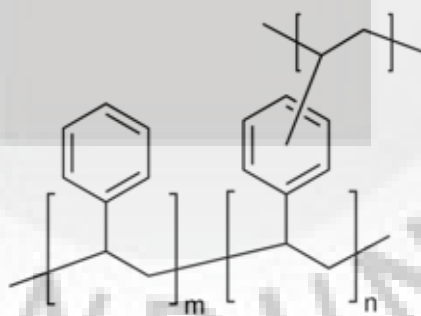
1.7. PS-DVB (Polistiren Divinilbenzen)

Polistiren divinilbenzen (PS-DVB) merupakan polimer sintetik yang terdiri dari matriks berupa polistiren dan divinilbenzen sebagai pengikat silangnya. PS-DVB memiliki selektivitas/afinitas terhadap jenis kation/anion berbeda, memiliki stabilitas yang tinggi pada kondisi berbagai pH, tahan terhadap suhu tinggi, cukup

² <http://www.sciencelab.com/msds.php?msdsId=9924034> , diakses pada tanggal 28 Juli 2015 jam 20.53

baik pada tekanan tinggi serta memiliki laju pertukaran yang cepat. Ukuran partikel polimer PS-DVB bervariasi mulai dari 2,6 μm sampai 25,1 μm (He, *et. al.*, 2008:3994).

PS-DVB juga merupakan salah satu resin polimer berpori besar (*macroporous*) komersial yang banyak digunakan sebagai bahan pendukung pada metode prakonsentrasi maupun *Solvent Impregnated Resin* (SIR). Salah satu merek dagang PS-DVB adalah XAD, yang merupakan polimer non-ionik yang mempunyai ikatan silang. XAD berbentuk butiran putih yang tidak larut didalam air. Resin ini mempunyai struktur makroretikular, yaitu terdiri dari sebuah fasa rantai polimer dan fasa rantai berpori dengan luas permukaan yang tinggi sehingga dapat berperan sebagai materi pengabsorpsi. XAD banyak jenisnya, tetapi secara umum terdiri dari senyawa polar dan senyawa non polar³.



Gambar I.2. Polistiren divinilbenzen⁴

Jenis polistiren divinilbenzen yang digunakan adalah *Amberlite XAD-4* yang memiliki sifat sangat hidrofobik dan tidak memiliki kapasitas pertukaran ion.

³<http://digilib.itb.ac.id/files/disk1/621/jbptitbpp-gdl-putrikaswa-31028-3-2008ta-2.pdf> halaman 4, diakses pada tanggal 31 Desember 2014 jam 08.47

⁴www.sigmaaldrich.com, diakses pada tanggal 31 Desember 2014 jam 09.03

Interaksi hidrofobik memungkinkan adanya interaksi π - π dengan gugus aromatik dari analit. Selain itu karena sifatnya yang hidrofobik juga menjadikan PS-DVB dapat meretensi ion logam renik dengan penambahan suatu ligan sebagai pengkhelat. Ligan yang dapat digunakan adalah ligan inorganik atau ligan organik. Akan tetapi lebih disarankan penggunaan ligan organik⁵.

1.8. Impregnasi

Proses impregnasi polimer adalah proses penyusupan, penetrasi atau pendesakan polimer ke dalam partikel berpori. Adanya tekanan saat pencetakan, dimungkinkan terjadinya kontak yang lebih erat antara permukaan adhesif dengan permukaan adheren di sekitarnya (Packham, 2005). Hal tersebut menyebabkan porositas menurun, densitas komposit meningkat dan susunan partikel menjadi lebih *solid* sehingga interaksi permukaan total antar partikel juga meningkat (Jones, 1999).

⁵<http://digilib.itb.ac.id/files/disk1/621/jbptitbpp-gdl-putrikaswa-31028-3-2008ta-2.pdf> halaman 7, diakses pada tanggal 31 Desember 2014 jam 08.56