

# OPTIMASI TEBAL JERIGEN HDPE UNTUK KAPASITAS 30 LITER

Oleh:

Budi Utami \*

## Optimalization of HDPE Jerricans Thickness 30 liters Capacity

### *Abstract :*

*Experiment has been carried out to determine the optimum thickness of the HDPE jerricans with 30 liter capacity which is used for dangerous goods. The dimension of the HDPE jerricans used is 343 x 273 x 445 mm. The plastic jerricans are made by extrusion blow moulding process with temperature 190 – 205 °C and pressure 7 bar. The melt flow index of HDPE resin used is 0.8931 g/10 minutes and density is 0.952 g/cm<sup>2</sup>. The result of the experiment showed that the optimum thickness 3.16 mm.*

### *Intisari :*

*Percobaan dilakukan untuk mencari tebal optimum dari jerigen HDPE kapasitas 30 liter yang digunakan untuk mengemas produk bahan berbahaya. Dimensi dari jerigen HDPE yang digunakan adalah 343 x 273 x 445 mm . Jerigen plastik dibuat dengan proses ekstrusi blow moulding dengan temperatur 190 – 205 °C dan tekanan 7 bar. Melt flow index resin HDPE yang digunakan adalah 0.8931 g/10 menit and density 0.952 g/cm<sup>2</sup>. Hasil percobaan yang diperoleh yaitu tebal optimum 3,16 mm.*

## PENDAHULUAN

Jerigen plastik merupakan jenis kemasan transpor yang paling banyak digunakan terutama untuk produk kimia, selain itu untuk produk makanan dan minuman seperti jus buah-buahan, minyak dan lain-lainnya. Dibanding dengan jenis kemasan transpor lainnya, jerigen plastik mempunyai beberapa keuntungan yaitu kuat, beratnya ringan, tahan lama, tidak korosi serta tahan cuaca. Dan untuk keperluan pengemasan produk kimia yang sifatnya berbahaya dan beracun (B3) sesuai dengan peraturan Transpor Internasional. Jerigen plastik memberikan sumbangan terhadap program akrab lingkungan, yang mana hal ini di negara maju merupakan peraturan dari Badan Lingkungan kepada para industri yang memproduksi kemasan. Fungsi kemasan transpor adalah me-

lindungi produk yang dikemas terhadap bahaya fisik maupun bahaya lingkungan sehingga sampai di tangan konsumen tetap dalam kondisi baik. Kepentingan lain adalah sebagai sarana komunikasi, jerigen plastik memberikan kemudahan dan biaya murah dengan tersedianya label yang dihembos pada bagian jerigen. Peran jerigen plastik sebagai kemasan transpor dapat didukung oleh desain yang tepat sesuai dengan jenis produk yang dikemas, terutama dalam seleksi bahan, pemilihan proses serta kekuatan yang sesuai dengan kapasitasnya. Tebal minimum dalam desain jerigen plastik merupakan kepentingan yang harus diperhatikan karena:

- Tempat yang tipis dan runcing pada lengkung dan sudut penyebab utama keretakan sehingga kegagalan pada uji jatuh.

- Tempat yang tipis mudah terjadinya distorsi yang mempengaruhi ketidak stabilan penumpukan sehingga penyebab kegagalan pada uji tumpukan (stacking test).
- Tempat yang tipis dan tepi yang runcing pada label penyebab kebocoran sehingga terjadi kegagalan waktu uji tekanan dalam (Internal pressure test).

Sedangkan ketebalan jerigen dalam proses pembuatan tidak mudah dikontrol dan didalam Standar-standar Internasional seperti UN Standard tebal tidak dipersyaratkan, maka dengan mempertimbangkan ketiga hal diatas perlu dilakukan penelitian untuk mencari tebal minimum jerigen plastik yang sesuai dengan kapasitasnya. Namun sebelum mencari pengaruh tebal terhadap kekuatan jerigen perlu dilakukan seleksi dari bahan yang digunakan dan pemilihan proses yang sesuai dengan keperluan. Kegunaan jerigen plastik dalam penelitian ini diaplikasikan untuk mengemas produk kimia khususnya bahan berbahaya dan beracun (B3), maka jenis plastik yang dipilih adalah HDPE karena resin HDPE mempunyai sifat ketahanan kimia yang baik. Dan kapasitas jerigen HDPE yang dibuat yaitu 30 liter sesuai dengan kebutuhan pasar yang ada.

## DESAIN JERIGEN PLASTIK

Desain kemasan dibuat dengan mempertimbangkan dua hal kepentingan utama yaitu:

- Untuk melindungi produk yang dikemas selama dalam distribusi dan transportasi yang disebutnya dengan desain teknis.

- Sebagai sarana komunikasi dengan konsumen mengenai produk yang dikemas, yang disebutnya dengan desain grafis.

Desain teknis jerigen plastik berkaitan dengan kekuatan jerigen sebagai kemasan primer dan kemasan transpor. Seleksi bahan, pemilihan proses moulding yang tepat dan ketebalan yang optimum sangat menentukan kekuatan jerigen plastik yang dihasilkan. Desain grafis berkaitan dengan label pada jerigen, perlakuan ini dapat dilakukan dengan cara dihembos atau tidak dihembos. Bila dihembos pada jerigen bagian tepi dari label hendaknya tidak runcing dan tidak tipis.

Hal-hal yang harus diperhatikan didalam desain jerigen, antara lain:

1. Persyaratan jerigen yang dikehendaki, penggunaan, distribusi, kesehatan dan lingkungan. Informasi dari produk yang dikemas adalah kepentingan utama untuk desain jerigen, berapa viskositas produk cairan tersebut. Apakah digunakan oleh konsumen langsung atau penyimpanan, berapa kondisi penyimpanan seperti temperatur dan kelembaban. Penggunaan jerigen untuk produk kimia khususnya Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) harus memenuhi persyaratan standar UN.
2. Pemilihan proses moulding.  
Di dalam pembuatan jerigen umumnya digunakan proses ekstrusi blow moulding, proses ini relatif lebih murah dibanding dengan proses injeksi blow moulding.  
Keuntungan dari proses ekstrusi blow moulding adalah :
  - a. Biaya mould sangat relatif murah khususnya biaya peralatan dan sistem

- dasar untuk modifikasi mould.
- b. Sangat tepat untuk pembuatan botol dan jerigen multilayer.
- c. Ekonomis untuk kemasan ukuran besar
- d. Tersedianya mould untuk label
- e. Untuk desain kemasan yang memerlukan pegangan seperti jerigen adalah tepat.

Sedangkan kerugian yang diperoleh adalah:

- a. Limbah plastik yang berasal dari potongan-potongan di leher dan bagian akhir jerigen terbentuk banyak.
- b. Dimensi akhir dan kualitas tidak stabil.
- c. Diperlukan pemotongan limbah pada leher dan akhir jerigen setelah mould.

### 3. Seleksi Bahan.

Kriteria untuk seleksi bahan :

- 1. Biaya dan kegunaan harus dipertimbangkan per-berat dalam satuan kg
- 2. Lingkungan, kegunaan dari bahan yang dapat didaur ulang serta sifat racunnya.
- 3. Sifat kejernihan, keburaman dan kekakuan
- 4. Sifat laju kecepatan uap air (WVTR) dan Gas permeability
- 5. Sifat ketahanan kimia, terutama untuk mengemas produk kimia
- 6. Sifat ketahanan pukulan dan ketahanan retak

Sifat ketahanan kimia adalah kepentingan paling utama dalam desain jerigen untuk produk kimia, resin HDPE berat molekul tinggi dan density tinggi yang paling tepat untuk pemakaian ini. Jumlah pemakaian HDPE untuk kemasan plastik sebanyak 31 %.

HDPE memberikan sifat kekakuan untuk banyak aplikasi dan baik untuk proses yang tidak kontinyu. Sifat ketahanan retak tergantung pada density dan berat molekul. Density bertambah berat molekul akan bertambah, resin HDPE yang ideal untuk pembuatan jerigen adalah density 0,947 – 0,954 g/cm<sup>2</sup>. HDPE dengan grade berat molekul tinggi mempunyai ketahanan permeability yang tinggi. Resin HDPE berat molekul tinggi yang sesuai untuk pembuatan jerigen dengan proses blow moulding mempunyai melt flow index kurang dari 1 g/10 menit (kondisi 440 psi atau 3 mPa).

Selain hal-hal diatas, pertimbangan umum yang lain untuk desain jerigen plastik yang perlu diperhatikan, yaitu:

- 1. Tepi yang runcing dan perubahan arah mesin harus dihindari. Bagian tepi yang runcing pada lengkungan dan sudut sebagai akibat dari penekanan yang tinggi, dan dengan tebal yang tipis dapat mengakibatkan keretakan saat perlakuan uji jatuh.
- 2. Jerigen harus mempunyai sedikit potongan-potongan. Banyaknya potongan-potongan pada waktu pengerjaan atau mould sedapat mungkin dikurangi.
- 3. Tebal minimum yang harus diperhatikan. Tempat yang tipis penyebab utama keretakan sehingga kegagalan pada uji jatuh, hal ini dapat diperbaiki dengan menurunkan panas setelah proses moulding. Sedangkan pemanasan yang tidak merata hingga terjadi pengkerutan dapat menyebabkan jerigen distorsi, yang mana hal ini sebagai penyebab utama kegagalan pada uji tumpukan. Untuk perbaikan mutu jerigen yaitu mencari tebal minimum karena ketebalan dalam proses tidak mudah dikontrol.

4. Kestabilan jerigen harus dipertahankan. Khususnya pada tempat lekukan dilakukan dengan memaksimalkan ukuran. Pada pusat dasar jerigen plastik kosong diupayakan tidak menggebu, hal ini diusahakan dengan menurunkan penekanan disekitar "parting line", karena dengan menurunkan "parting line" akan mengurangi ketidakstabilan. Selain itu dilakukan kontrol pada waktu proses moulding.
5. Dekorasi yang dihembos atau tidak dihembos. Dekorasi ini termasuk logo atau label, dan ini suatu cara yang murah untuk menambah informasi pada jerigen. Tetapi tepi yang runcing dan banyaknya potongan -potongan harus dihindari.

## METODOLOGI PENELITIAN

### 1. Bahan dan Alat.

Bahan dasar yang digunakan dalam penelitian ini adalah resin jenis HDPE produksi dalam negeri yang mempunyai sifat melt flow index kurang dari 1 g/10menit dan density 0,947 – 0,954 g/cm<sup>2</sup>. Pemilihan sifat melt flow index dan density dari resin HDPE tersebut atas dasar teori dan disesuaikan dengan kebutuhan yang diperlukan. Bahan lain yang digunakan adalah air yang merupakan bahan simulan dari isi. Peralatan yang digunakan untuk proses pembuatan jerigen HDPE adalah ekstrusi blow moulding, dipilihnya proses ini karena sangat tepat untuk pembuatan kemasan yang memerlukan pegangan seperti jerigen, tersedianya mould untuk label dan biayanya lebih murah dibanding dengan proses yang lain. Fasilitas peralatan tersebut di BBIK -

tidak memiliki maka penelitian ini dilakukan kerjasama dengan salah satu perusahaan jerigen plastik.

### 2. Variabel Percobaan

Jerigen HDPE kapasitas 30 liter dibuat dengan proses ekstrusi blow moulding dan tebal jerigen merupakan variable dari percobaan. Rencana tebal jerigen HDPE yang dibuat adalah 3,16 mm; 2,41 mm ; 2,91 mm dan 2,66 mm. Sedangkan ukuran dari jerigen HDPE adalah tetap maka penambahan tebal akan diikuti dengan penambahan berat jerigen

### 3. Metoda Percobaan

Pembuatan jerigen HDPE dilakukan dengan proses ekstrusi blow moulding pada kondisi temperatur 190 – 205 °C dan tekanan 7 bar serta menggunakan bahan HDPE yang sifat fisiknya sudah tertentu. Sedangkan type dan ukuran jerigen yang akan dibuat ditentukan lebih dahulu. Untuk semua type jerigen HDPE mempunyai ukuran yang sama, hanya tebal dan berat yang berbeda. Jerigen HDPE yang dibuat mempunyai ukuran p x l x t = 343 mm x 273 mm x 445 mm, dan desain selengkapnya dapat dilihat pada table 1.

Jerigen HDPE yang telah dibuat diisi dengan air sebanyak 98% dari kapasitas dan selanjutnya dilakukan uji simulasi transportasi skala laboratorium. Pengujian meliputi beberapa parameter uji seperti yang tercantum pada table 2.

### 4 Pengujian Sifat-sifat Fisik Plastik dan Uji Simulasi Transportasi Jerigen.

Uji sifat-sifat fisik plastik meliputi density, melt flow index, titik leleh dan ketahanan retak, sedangkan untuk uji simulasi transportasi yaitu uji jatuh, uji tumpukan, uji kebocoran dan uji tekanan dalam. Sebelum dilakukan

pengujian, plastik dan jerigen dikondisikan pada ruang yang mempunyai temperatur  $23 \pm 2$  °C dan kelembaban  $50 \pm 2\%$  minimal selama

24 jam. Uji simulasi transportasi dilakukan di Laboratorium Kemasan Transpor – Unit Kemasan BBIK sesuai metoda IMDG-IMO, 97.

**Tabel 1. Desain jerigen HDPE yang akan dibuat.**

NO.	Ukuran Jerigen p x l x t mm	Berat Jerigen Kg	Tebal Jerigen, mm
1	343 x 273 x 445	1,8	3,16
2	343 x 273 x 445	1,7	2,90
3	343 x 273 x 445	1,6	2,66
4	343 x 273 x 445	1,5	2,41

**Tabel 2. Uji simulasi transportasi skala laboratorium (IMDG – IMO, 97).**

No.	Jenis Uji	Metoda Uji	Uraian Uji
1	Uji jatuh	Annex 1 IMDG – IMO, 97	Tinggi jatuhnya 1,2 m pada posisi longitudinal seam dan tepi. Masing-masing posisi 3 kali ulangan.
2	Uji tumpukan	Annex 1 IMDG – IMO, 97	Tinggi tumpukan minimal 3 m dengan beban statis selama 28 hari pada suhu 40 °C. Pengujian dengan 3 kali ulangan
3.	Uji kebocoran	Annex 1 IMDG – IMO, 97	Tekanan yang diberikan 0,2 bar selama 5 menit. Pengujian 3 kali ulangan
4	Uji tekanan dalam	Annex 1 IMDG – IMO, 97	Tekanan yang diberikan 2,4 bar selama 30 menit. Pengujian 3 kali ulangan

Catatan: - Pengamatan dilakukan pada setiap jerigen dan isinya.  
 - Kriteria lulus uji adalah kondisi jerigen baik, tidak bocor, tidak adanya deformasi yang dapat mengganggu kestabilan selama penumpukan, tidak adanya deformasi yang dapat mengurangi kekuatan selama transportasi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Hasil

Dari hasil pengujian, plastik HDPE yang digunakan sebagai bahan baku jerigen mempunyai sifat-sifat: density  $0,952 \text{ g/cm}^2$ , melt flow index  $0,8931 \text{ g/10 menit}$ , titik leleh  $190^\circ \text{ C}$  dan ketahanan retak  $228,87 \text{ kgf/cm}^2$ . Sedangkan jerigen HDPE beserta isi yang telah mengalami uji simulasi transportasi sesuai standar IMDG – IMO (Standar UN) dilakukan pengamatan dengan hasil seperti pada table 3.

### 2. Pembahasan

Mutu jerigen plastik didukung oleh desain yang tepat seperti tepi sudut jerigen yang tidak runcing, seleksi bahan dan pemilihan proses yang digunakan serta tebal optimal yang diperlukan sesuai dengan kapasitas. Maka dalam penelitian ini, sebelum melakukan percobaan untuk mencari tebal optimum jerigen, dilakukan lebih dahulu pemilihan proses yang tepat dan seleksi dari bahan HDPE seperti sifat melt flow index dan density yang sesuai dengan keperluan. Selain itu, dalam proses pembuatan jerigen diusahakan bagian tepi sudut harus tetap tidak runcing.

#### a). Pemilihan proses moulding

Dalam percobaan, proses moulding yang dipilih yaitu ekstrusi blow moulding karena proses ini relatif lebih murah dibanding dengan proses injeksi blow moulding. Selain itu, proses ekstrusi blow moulding sangat tepat untuk desain kemasan yang memerlukan pegangan seperti jerigen, dan ekonomis untuk pembuatan kemasan ukuran besar.

#### b). Seleksi bahan

Dipilihnya resin HDPE sebagai bahan baku jerigen karena aplikasi penggunaan jerigen tersebut untuk produk kimia seperti B3, sehingga harus dipilih resin yang mempunyai sifat ketahanan kimia paling baik. Diantara jenis-jenis resin plastik salah satunya adalah HDPE dan di perdagangan-pun HDPE yang paling banyak digunakan untuk kemasan plastik yang berisi produk kimia seperti B3. Dari hasil pengujian, bahan resin HDPE yang digunakan mempunyai melt flow index  $0,8931 \text{ g/10 menit}$  dan density  $0,952 \text{ g/cm}^2$ , hal tersebut menurut teori sudah sesuai dengan kebutuhan yang diperlukan. Karena resin HDPE yang paling tepat untuk pembuatan jerigen yang tahan kimia adalah polimer berat molekul tinggi dan density tinggi. Polimer berat molekul tinggi seperti HDPE yang tepat digunakan untuk proses blow moulding mempunyai melt flow index kurang dari  $1 \text{ g/10menit}$  dan density  $0,947 - 0,954 \text{ g/cm}^3$ . Dimana nilai density dan berat molekul plastik berpengaruh pada sifat ketahanan retak, yang mana sifat ini berkaitan dengan kekuatan jerigen terhadap jatuhnya. Dari hasil pengujian sifat-sifat fisik plastik, sifat ketahanan retak adalah  $228,87 \text{ kgf/cm}^2$ . Secara keseluruhan dapat disimpulkan bahwa untuk membuat jerigen plastik kapasitas 30 liter yang digunakan untuk mengemas produk kimia dapat dipilih resin HDPE dengan sifat melt flow index  $0,8931 \text{ g/10 menit}$  dan density  $0,952 \text{ g/cm}^2$ . Dan proses yang digunakan adalah ekstrusi blow moulding.

**Tabel 3. Hasil Uji Simulasi Transportasi Jerigen HDPE**

No.	Uji Jatuh	Uji Tumpukan	Uji Kebocoran	Uji Tekanan Dalam
1	baik	baik	baik	baik
2	baik	deformasi dan selanjutnya roboh	baik	baik
3	baik	deformasi dan selanjutnya roboh	baik	baik
4	baik	deformasi dan selanjutnya roboh	baik	baik

c). Uji simulasi Transportasi

Uji simulasi transportasi skala laboratorium dilakukan sesuai metoda IMDG-IMO '97 dengan pengujian seperti tercantum pada table 2, dan hasil pengamatan selengkapnya dapat dilihat pada table 3. Seluruh desain jerigen HDPE beserta isi produk bila dijatuhkan pada posisi longitudinal dan seam diperoleh hasil yang baik, tidak menyebabkan terjadinya deformasi yang dapat mengurangi kekuatan dan keamanan selama transportasi dan tidak terjadi kebocoran. Deformasi jerigen HDPE hanya terjadi pada saat uji tumpukan, khususnya untuk jerigen HDPE dengan tebal 2,90 mm; 2,66 mm dan 2,41 mm. Sedangkan pada uji kebocoran dan uji tekanan dalam untuk seluruh desain jerigen HDPE diperoleh hasil yang baik, tidak terjadi kebocoran. Secara keseluruhan dapat disimpulkan bahwa jerigen HDPE dengan tebal 3,16 mm diperoleh hasil yang baik dalam uji simulasi ini, baik terhadap jerigen maupun isi. Perlakuan kemasan terhadap adanya

kemungkinan benturan-benturan arah vertical yang sering terjadi pada saat bongkar muat barang, umumnya dilakukan dengan uji jatuh. Tinggi rendahnya jatuhnya untuk kemasan produk kimia seperti B3 tergantung pada tingkat bahaya dari produk yang dikemas. Kekuatan jerigen terhadap jatuhnya berkaitan dengan sifat ketahanan retak plastik, yang mana sifat ini tergantung pada berat molekul dan density plastik. Sedangkan dalam percobaan bahan HDPE yang digunakan mempunyai sifat fisik seperti density dan melt flow index yang sesuai dengan keperluan, sehingga sifat ini dapat menunjang sifat ketahanan retak plastik. Maka dari keempat desain jerigen HDPE yang dibuat seluruhnya memenuhi persyaratan uji jatuh. Perlakuan kemasan terhadap adanya kemungkinan tumpukan di gudang maupun selama transportasi, umumnya dilakukan dengan uji tumpukan (stacking test). Kemasan yang berisi produk kimia seperti B3 harus mampu ditumpuk minimal 3 meter dan untuk kemasan yang dibuat dari bahan plastik penumpukan berlangsung selama 28 hari pada suhu 40 °C.

Jerigen HDPE nomor 1 dengan tebal 3,16 mm diperoleh hasil yang optimal, tidak menyebabkan terjadinya deformasi yang dapat mengganggu kestabilan selama penumpukan. Sedangkan jerigen HDPE nomor 2, 3 dan 4 hasilnya tidak baik yaitu deformasi dan selanjutnya roboh. Tebal jerigen HDPE berpengaruh terhadap uji tumpukan, karena dengan ketebalan tertentu yang tidak sesuai dengan kapasitas akan terjadi deformasi dimana hal ini sebagai penyebab utama kegagalan pada uji tumpukan. Perlakuan kemasan terhadap adanya kemungkinan kebocoran yang terjadi akibat proses pembuatan yang kurang baik atau pengaruh tekanan uap dari isi produk, umumnya dilakukan dengan uji kebocoran dan uji tekanan dalam (internal pressure). Penyebab kegagalan pada uji kebocoran umumnya terjadi kebocoran pada tutup jerigen atau bagian-bagian lain seperti sambungan, sedangkan kebocoran akibat gagalnya uji tekanan dalam umumnya terjadi pada bagian label jerigen, karena pada potongan-potongan bagian label terdapat tepi yang runcing dan tebal yang tipis. Keseluruhan desain jerigen HDPE diperoleh hasil yang optimal, baik dalam uji kebocoran maupun uji tekanan dalam. Seluruh bagian jerigen HDPE termasuk tutup atau sambungan-sambungan yang lain tidak terjadi kebocoran, hal ini menunjukkan bahwa proses pembuatan jerigen HDPE sudah sempurna. Selain itu, ketebalan pada potongan-potongan bagian label juga mampu menahan tekanan dari isi, sehingga jerigen tidak bocor.

#### KESIMPULAN DAN SARAN

Pembuatan jerigen HDPE kapasitas 30 liter sebagai kemasan transpor untuk pro-

duk kimia seperti B3 dapat dilakukan dengan proses ekstrusi blow moulding dan sifat bahan HDPE yang digunakan mempunyai melt flow index 0,8931 g/10 menit dan density 0,952 g/cm<sup>2</sup> dan ketahanan retak 228,87 kgf/cm<sup>2</sup>.

- Desain jerigen HDPE kapasitas 30 liter dengan tebal 2,41 mm, 2,66 mm dan 2,90 mm walaupun memenuhi syarat uji jatuh, uji kebocoran dan uji tekanan dalam, ternyata dapat berakibat kurang stabilnya jerigen dalam proses penumpukan atau gagalnya uji tumpukan (stacking test)
- Dalam percobaan ini, jerigen HDPE kapasitas 30 liter dengan tebal 3,16 mm merupakan hasil yang optimal, memenuhi persyaratan uji simulasi transportasi standar UN.
- Perlu dilakukan percobaan kembali kemungkinan untuk mengubah tebal antara > 2,90 mm sampai dengan < 3,16 mm agar jerigen HDPE kapasitas 30 liter yang dibuat dapat meminimasi pemakaian bahan dan diperoleh hasil yang optimal.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. A new wall Thickness optimization design system for plastic bottles developed. Packaging Japan, October 92.
2. British Standard, BS 7569:1994. Recommendations for the Packaging of Dangerous Goods Transport.
3. International Maritime Organization (IMO) International Maritime Dangerous Goods. Code Volume 1. Consolidated Edition 1997.
4. J. Meyers, "Process Technology Expand Markets for Stretch Blow Molded Bottles," Modern Plastics, December 1993.

5. Technology for the production of plastic bottles. Packaging News, June 91.

6. The Plastic Bottle Institute, a Division of the Society of Plastic Engineers, Inc, 1275 K Street Northwest, Suite 400, Washington, DC 20005.

-----0000000000000000-----