

## **Rancang Bangun Mesin Hot Press untuk Recycle Plastik Hdpe dan Karakterisasi Pengaruh Temperatur Pemanasan Waktu Pemanasan dan Temperatur Pembukaan terhadap Cacat Flashing Cacat Warpage dan Konsumsi Energi Pencetakan**

Anis Arendra<sup>1</sup>, Sabarudin Akhmad<sup>2</sup>

Program Studi Teknik Industri, Universitas Trunojoyo Madura

<sup>2</sup>sabarutm@gmail.com

### **ABSTRAK**

Permasalahan sampah menjadi permasalahan yang belum juga mendapatkan solusi yang tepat. Terlebih sampah plastik yang membutuhkan waktu sangat lama untuk bisa terurai. Kondisi di lingkungan masyarakat yang belum memiliki teknologi yang dapat mengolah sampah menyebabkan lingkungan semakin tercemar dengan semakin banyaknya sampah. Kondisi saat ini mesin daur ulang plastik harganya mencapai ratusan juta. Sehingga diperlukan mesin yang harganya terjangkau namun berfungsi sama dengan mesin yang ada di pasarann. Penelitian ini menciptakan mesin Hot Press untuk daur ulang plastik HDPE. Mesin hot press adalah sebuah mesin yang dapat mendaur ulang limbah plastik HDPE dan memiliki keunggulan yaitu portable, ringan, ukuran lebih kecil dan harganya terjangkau. Setelah melalui tahap perancangan dan pembuatan, maka proses selanjutnya yang diuji adalah mengetahui karakteristik mesin Hot Press. Pengujian dilakukan dengan analisis faktorial 23 untuk mengetahui pengaruh faktor A (temperatur pemanasan), faktor B (waktu pemanasan) dan faktor C (temperatur pembukaan) terhadap cacat Flashing cacat Warpage dan konsumsi energi pencetakan. Berdasarkan pengujian, diketahui interaksi faktor A dan B serta interaksi faktor B dan C berpengaruh signifikan terhadap cacat flashing. Faktor A, faktor C dan interaksi faktor A,B dan C berpengaruh signifikan terhadap cacat warpage, sedangkan pada respon Konsumsi energi, yang berpengaruh signifikan adalah faktor A, faktor B dan interaksi faktor A dan B. Berdasarkan penelitian tersebut dapat diketahui karakteristik mesin Hot Press.

*Kata Kunci: Plastik HDPE, Mesin Hot Press, Cacat flashing, Cacat warpage, Konsumsi energi*

## PENDAHULUAN

Plastik saat ini menjadi segmen yang paling penting dan sangat banyak di produksi dan di konsumsi dibandingkan dengan material teknis lainnya. Sejak munculnya plastik penggunaannya sangat besar dalam semua aspek industri. Bahan plastik saat ini menjadi bahan yang penting sehingga diperlukan dan tempat yang unik di pasar dunia untuk menggunakan bahan ini (Dulebova, 2011).

Data Kementerian Perdagangan (Kemendag) menunjukkan bahwa nilai impor plastik dan barang dari plastik pada tahun 2015 mencapai 6.919 juta US\$. Keadaan ini menunjukkan bahwa Kebutuhan akan plastik di Indonesia masih besar. Kementerian Perindustrian (Kemenperin) merilis artikel yang menyebutkan konsumsi plastik di Indonesia mencapai 1,9 juta ton hingga semester I – 2013. Nilai penjualan industri plastik di pasar domestik mencapai Rp 47,5 triliun pada semester I – 2013.

Berdasarkan data Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) pada tanggal 7 Maret 2016, Indonesia menjadi negara terbesar ke – 2 di dunia yang membuang sampah plastik ke lautan. Konsumsi plastik di Indonesia per kapita sudah mencapai 17 kilogram per tahun dengan pertumbuhan konsumsi mencapai 6 – 7 persen per tahun. Secara global, data dari PlasticsEurope (2009) memperlihatkan produksi plastik dunia dalam rentang tahun 1950 sampai dengan 2008.

Berdasarkan grafik, iatas dapat dilihat peningkatan produksi plastik di Eropa dan dunia. Pada tahun 2009, sekitar 230 juta ton plastik diproduksi dan sekitar 25 persen dari plastik ini digunakan di

Uni Eropa (Mudgal et al., 2011). Angka global telah meningkat, tingkat rata-rata kenaikan 9 persen sejak 1950 hingga puncaknya 245 juta ton pada tahun 2008, setelah ada sedikit penurunan di produksi. Resesi keuangan mungkin bertanggung jawab untuk ini sedikit penurunan produksi plastik (Plastics Europe 2010).

Masalah limbah plastik tidak hanya terjadi di skala dunia atau nasional, tetapi juga terjadi di daerah. Seperti halnya yang terjadi di salah satu kabupaten di Pulau Madura, yaitu di Bangkalan. Pengelolaan sampah yang buruk menyebabkan berbagai permasalahan terjadi, metro tv news menulis dalam beritanya bahwa sampah di Bangkalan terbengkalai dikarenakan armada pengangkut sampah yang sudah tua. Armada yang tua ini sudah tidak memadai lagi dan menyebabkan sampah tidak terangkut ke TPS. Media timesindonesia.co.id juga menuliskan dikarenakan volume sampah melebihi 200 meter kubik tiap hari, BLH (Badan Lingkungan Hidup) Bangkalan mengalami kuwalahan. Penggunaan plastik yang semakin meningkat jika tidak diimbangi dengan pengelolaan sampah plastik maka akan berakibat buruk bagi lingkungan.

Daur ulang plastik diperlukan untuk memanfaatkan sampah plastik yang dibuang begitu saja dan mencemari lingkungan menjadi produk yang bernilai pakai dan bernilai jual. Untuk menyukkseskan program daur ulang limbah plastik, diperlukan alat yang tentunya berfungsi dengan baik, terjangkau dan mudah dipindah tempatkan, selain itu kualitas dari proses daur ulang juga harus diperhatikan agar produk yang dihasilkan bisa bernilai jual dan bernilai pakai sesuai

dengan keinginan konsumen (Plastics Europe 2010). Dalam penelitian ini, mesin yang digunakan yaitu mesin Hot Press untuk daur ulang plastik HDPE. Rancang bangun mesin hot press diperlukan untuk menciptakan sebuah mesin yang dapat mendaur ulang limbah plastik HDPE dan memiliki keunggulan yaitu portable dan ringan. Setelah melalui tahap perancangan dan pembuatan, maka proses selanjutnya yang diuji adalah mengetahui karakteristik dari mesin baru yang telah dibuat. Pengujian untuk mengetahui karakteristik mesin ini menggunakan rancangan percobaan acak lengkap 23 dengan faktor temperatur pemanasan, holding time dan temperatur pembukaan cetakan serta respon kualitas cetakan dan konsumsi energi selamapencetakan.

Sehingga pada Penelitian yang berjudul : Rancang Bangun Mesin Hot Press untuk Recycle Plastik HDPE dan Karakterisasi Pengaruh Temperatur Pemanasan dan Waktu Pemanasan Dan Temperatur Pembukaan Terhadap Cacat Porositas, Cacat Peeling dan Konsumsi Energi Pencetakan akan diawali dengan pembuatan mesin Hot Press, kemudian akan diteliti hasil cetakan recycle limbah HDPE sehingga akan diketahui karakterisasi mesin hot press yang dibuat.

### **Pengertian Plastik**

Plastik adalah polimer rantai panjang dari atom yang mengikat satu sama lain. Rantai ini membentuk banyak unit molekul berulang, atau monomer. Plastik dapat diolah dan dibentuk menjadi menjadi berbagai produk, diantaranya film atau fiber sintetik. Plastik didesain dengan variasi yang sangat banyak dalam properti yang

dapat menoleransi panas, keras, "reliency" dan lain-lain. Digabungkan dengan kemampuan adaptasinya, komposisi yang umum dan beratnya yang ringan memastikan plastik digunakan hampir di seluruh bidang industri (Susilawati, 2011)

Plastik termoplastik adalah polimer linear yang terbentuk dari rantai karbon panjang diikat oleh ikatan kovalen. Termoplastik dapat diperoleh dalam bentuk potongan, tabung, lembaran tipis dan batang. Pembentukan bisa dibuat di suhu di atas suhu titik didih air dan perlu tekanan untuk mengubah bentuknya . Fakta keadaan demikian sehingga plastik termoplastik dapat di daur ulang. (Bon, A.T. 2012)

Plastik Termoset, bahan plastik termoset akan mencair selama pemanasan pertama kali dan kemudian kembali untuk menjadi keras dan kaku. Tetapi pada pemansan kedua tidak akan kembali lagi karena telah merusak molekul - molekulnya. Plastik termoset biasanya lebih keras dan lebih kuat daripada termoplastik dan memiliki stabilitas dimensi yang lebih baik. Karena akan rusak karena pemanasan maka jenis plastik termoset tidak dapat di daur ulang (Bon, A.T. 2012).

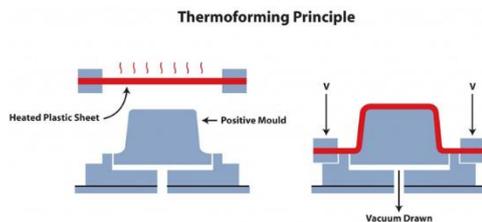
### **Jenis-jenis Plastik**

Plastik dibedakan menjadi beberapa macam, sebelum dibagi, penyusun utama plastik adalah Polyethylene (PE). Polyethylene atau polyethene adalah komoditas semi-kristal, dilambangkan sebagai PE. Ini adalah plastik yang paling umum, dan lebih dari 60 juta ton yang diproduksi setiap tahun di seluruh dunia. Salah satu jenis plastik, yaitu "Lowdensity" polyethylene (LDPE) pertama kali diluncurkan di pasar oleh kelompok bahan kimia Inggris ICI pada tahun

1939 (Bruder. U. 2015) Jenis-jenis plastic yaitu PET, HDPE, PVC, LDPE, PP, PS, dan Other.

### Jenis Pengolahan Plastik Proses Thermoforming

Menurut Strachan, 2013. *Thermoforming* adalah proses pembentukan lembaran plastik termoset dengan cara pemanasan kemudian diikuti pembentukan dengan cara pengisapan atau penekanan ke rongga mold. Plastik termoset tidak bisa diproses secara *Thermoforming* karena pemanasan tidak bisa melunakkan termoset akibat rantai tulang belakang molekulnya saling bersilangan. Contoh produk yang diproses secara *Thermoforming* adalah nampak biskuit dan es krim.

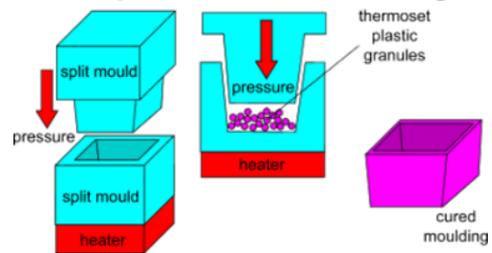


Gambar 1. Prinsip *Thermoforming*

### Proses Hot Press Molding

Kompresi *Molding* adalah metode pencetakan di mana molding material, umumnya dipanaskan, pertama kali ditempatkan secara terbuka, cetakan dipanaskan rongga. cetakan ditutup dengan kekuatan atas atau anggota steker, tekanan diterapkan untuk memaksa materi ke dalam kontak dengan semua bidang cetakan, sementara panas dan tekanan dipertahankan sampai bahan cetakan telah terbentuk (Kiran, 2011).

### Compression Moulding



Gambar 2. Prinsip press molding

### Cacat dalam Pengolahan Plastik

#### Short Shot

Short Shot adalah salah satu jenis cacat dimana plastik leleh yang akan diinjeksikan kedalam cavity tidak mencapai kapasitas yang ideal atau sesuai yang telah diatur di mesin. Sehingga plastik yang diinjeksikan kedalam cavity mengeras terlebih dahulu sebelum memenuhi cavity.

#### Flashing (Flash)

Flashing adalah salah satu jenis cacat ringan pada material hasil pengolahan plastik, artinya material atau prduk yang mengalami Flashing masih bisa dikatakan bagus tetapi harus dilakukan pembersihan pada produk. Flashing sendiri berarti terdapat material lebih yang ikut membeku di pinggir-pinggir produk.

#### Sink Mark (shrink mark)

Sink mark merupakan salah satu jenis cacat yang ditandai dengan adanya cekungan atau lengkungan yang terjadi pada permukaan luar pada produk yang diproduksi. Terjadinya perbedaan ketebalan pada permukaan produk yang dibuat juga dapat disebut sebagai sink mark.

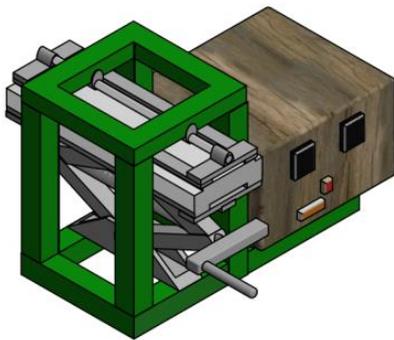
## Warpage

Warpage adalah kondisi dimana plastik hasil cetakan melengkung. Pelengkungan ini bisa dilihat secara kasat mata maupun perlu dilihat secara seksama. Pengukuran kelengkungan pada cacat warpage menggunakan alat dial indikator. Cacat warpage bisa disebabkan oleh perlakuan suhu dan cara pengambilan hasil cetakan.

## METODE PENELITIAN

### Rancangan Mesin

Tahap awal yang dilakukan dalam rancang bangun alat adalah tahap perencanaan. Dalam tahap perencanaan terdapat rancangan alat serta bahan apa saja yang digunakan dalam pembuatan alat. Berikut adalah rancangan mesin hot press:



Gambar 3. Rancangan mesin Hot Press

### Metode Penyelesaian

Metode penyelesaian yang digunakan pada penelitian ini yaitu menggunakan rancangan acak lengkap faktorial  $2^3 = 2 \times 2 \times 2$ , dengan model dasar sebagai berikut:

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + C_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha C)_{ik} + (\beta C)_{jk} + (\alpha\beta C)_{ijk} + \epsilon_{ijkl}$$

Faktor penelitian:

- A : Temperatur pemanasan
- B : Waktu Pemanasan

C : Temperatur pembukaan cetakan

Level Penelitian:

Temperatur pemanasan (190° C, 210° C)

Waktu Pemanasan(2 menit, 6 menit)

Temperatur pembukaan cetakan( 60° C, 90° C)

Hipotesis yang digunakan dalam penelitian ini :

$H_0$ : Tidak terdapat pengaruh yang signifikan faktor a, b dan c terhadap cacat dan konsumsi energi

$H_1$ : Tidak terdapat pengaruh yang signifikan faktor a, b dan c terhadap cacat dan konsumsi energi

Pengambilan keputusannya:

Jika probabilitas (Sig)  $\geq \alpha$  maka terima  $H_0$

Jika probabilitas (Sig)  $\leq \alpha$  maka tolak  $H_0$

Pengujian hipotesis dilakukan pada setiap cacat dan konsumsi energi. Pengambilan keputusan selain menggunakan model diatas juga menggunakan output grafik dari software minitab.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Mesin Hot Press

Berikut ini adalah hasil mesin hot press yang telah jadi dibuat:



Gambar 4 Mesin Hot Press

Mesin *hot press* merupakan mesin yang mampu mendaur ulang limbah plastik HDPE menjadi lempengan plastik yang dapat digunakan kembali. Prinsip kerja mesin menggunakan panas dan tekanan, berbeda dengan mesin di pasaran yang menggunakan prinsip injeksi dan tekanan. Keunggulan lain mesin yang dibuat ini adalah harganya terjangkau, fakta di pasaran harga mesin plastik yang mencapai ratusan juta. Mesin ini juga portable dan ringan sehingga sangat mudah untuk dipindah tempatkan.

Plastik HDPE yang didaur ulang bisa berasal dari mana saja, proses awal adalah pencucian, pencacahan kemudian pencetakan. Berikut adalah hasil daur ulang plastik HDPE tutup botol air mineral

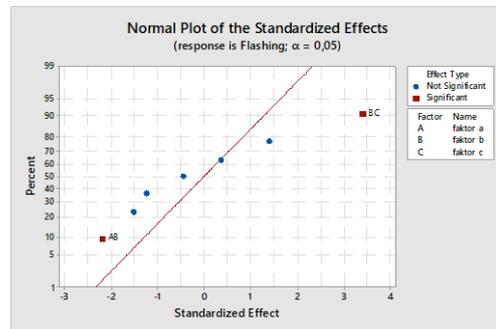


**Gambar 5** Plastik Hasil daur ulang dari tutup botol

### Pengujian Cacat *Flashing*

Pengujian Normal Plot menggunakan software minitab untuk mengetahui faktor yang signifikan dimana faktor yang signifikan ditandai dengan titik berwarna merah.

Berikut adalah hasil pengujiannya:



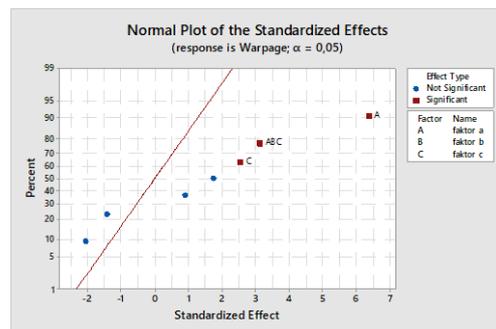
**Gambar 6** Normal Plot *Flashing*

Gambar 6 diatas menunjukkan bahwa faktor yang berpengaruh signifikan terhadap cacat *flashing* adalah interaksi faktor AB dan faktor BC yaitu interaksi temperatur pemanasan dan waktu pemanasan serta interaksi antara waktu pemanasan dan temperatur pembukaan.

### Pengujian Cacat *Warpage*

Pengujian Normal Plot menggunakan software minitab untuk mengetahui faktor yang signifikan dimana faktor yang signifikan ditandai dengan titik kotak berwarna merah.

Berikut adalah hasil pengujiannya:



**Gambar 7** Normal Plot *Warpage*

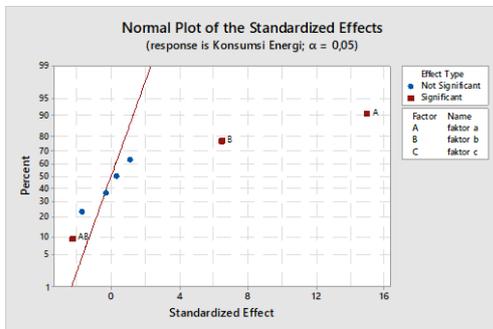
Grafik 7 diatas menunjukkan bahwa faktor yang berpengaruh signifikan terhadap cacat *Warpage* adalah faktor A yaitu Temperatur pemanasan, faktor C yaitu waktu pemanasan dan interaksi antara

faktor ABC yaitu temperatur pemanasan, waktu pemanasan dan temperatur pembukaan

### Pengujian Konsumsi Energi

Pengujian Normal Plot menggunakan software minitab untuk mengetahui faktor yang signifikan dimana faktor yang signifikan ditandai dengan titik kotak berwarna merah.

Berikut adalah grafik hasil pengujiannya:



**Gambar 8** Normal Plot Konsumsi Energi

Grafik 8 diatas menunjukkan bahwa faktor yang berpengaruh signifikan terhadap Konsumsi energi pencetakan adalah faktor A yaitu Temperatur pemanasan, faktor B yaitu waktu pemanasan dan interaksi antara faktor A dan B yaitu temperatur pemanasan dan waktu pemanasan.

### SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian terhadap cacat dan konsumsi energi dalam pencetakan, maka berikut adalah kesimpulan yang dapat diambil:

1. Pengujian terhadap cacat Flashing, faktor yang berpengaruh signifikan terhadap cacat flashing yaitu interaksi faktor AB dan faktor BC yaitu interaksi temperatur pemanasan dan waktu pemanasan serta interaksi antara waktu pemanasan dan temperatur pembukaan
2. Pengujian terhadap cacat Warpage, faktor yang berpengaruh signifikan terhadap cacat Warpage adalah faktor A yaitu Temperatur pemanasan, faktor C yaitu waktu pemanasan dan interaksi antara faktor ABC yaitu temperatur pemanasan, waktu pemanasan dan temperatur pembukaan
3. Pengujian terhadap Konsumsi energi pencetakan, faktor yang berpengaruh signifikan terhadap besarnya konsumsi energi yaitu faktor A yaitu Temperatur pemanasan, faktor B yaitu waktu pemanasan dan interaksi antara faktor A dan B yaitu temperatur pemanasan dan waktu pemanasan

### DAFTAR PUSTAKA

A Review .*International Journal of Research in Advent Technology*, Vol.2, No.3

Antony.J. 2003. *Design of Experiments for Engineers and Scientist*. Elsevier

*Science & Technology Books*.

- Bruder. U. 2015. *User's Guide to Plastic – A Handbook for everyone*. Hanser Publications. Munich
- Bassam. A , Al-Helou. 2012. *Modification and*

- Development of a Blow Molding Machine. *Journal of Scientific Research*. 4, 188-197
- Bon, A.T, Asri. M. 2012. Deffect in the Process of Injection Moulding : Plastic Manufacturing Factory And Solutions. *Journal of Novel Applied Science*. 1 (1): 1 – 7 : 1-3
- Dulebova. L. Greskovie. F. 2011. Influence of Re grind on Properties of Plastics Produced by Injection Moulding. *Journal of Material Engineering*. 18. 44 – 48
- Gogte, M. 2009. Are Plastic Grocery Bags Sacking the Environment?. *International Journal for Quality Research*. Vol. 3 No. 4 : 362 – 363
- Gadekar. s, Khan. J, Dalu. r.s .2015. Analysis of Process Parameters for Optimization of Plastic Extrusion in Pipe Manufacturing. *Int. Journal of Engineering Research and Applications*. Vol. 5, Issue 5, ( Part -1) , pp.71-74
- Kumar. S, Balachandar. S. 2014. A Study on the Influence of Hot Press Forming Process Parameters on Flexural Property of Glass/PP Based Thermoplastic Composites Using Box-Behnken Experimental Design. Hindawi Publishing Corporation. Vol. 2014
- Kiran, G.B, Suman. K.N.S, Rao N.M, Rao U.M. 2011. A study on the influence of hot press forming process parameters on mechanical properties of green composites using Taguchi experimental design. *International Journal of Engineering, Science and Technology* .Vol. 3, No. 4 , pp. 253-263
- Laman Kementerian Perindustrian Republik Indonesia: <http://www.kemenperin.go.id/artikel/6262/>
- Laman Kementerian Perdagangan Republik Indonesia: <http://www.kemendag.go.id/id/economic-profile/indonesia-export-import/growth-of-non-oil-and-gas-import-commodity>
- Laman LIPI, [lipi.go.id](http://lipi.go.id)
- Walpole. R.E. 1993. Pengantar Statistika. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta