

Analisa Vacuum Forming Cetakan Agar-Agar Berbahan Baku Polyethylene Terephthalate (PET)

Irvan Usman Nur Rais¹, Sri Hastuti², Hardono³, Mohamad Aflakhul Adib⁴

^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tidar
Jalan Kapten Suparman No.39 Magelang, Indonesia
e-mail:¹irvanoesman@gmail.com, ²hastutisri10@gmail.com, ³hardonopashter@gmail.com,
⁴aflakhul.adib02@gmail.com

Abstract

Polyethylene terephthalate (PET) plastic has a transparent, non-toxic, has no effect on taste, negligible permeability to carbon dioxide and has high mechanical strength. Plastic must go through the forming process before it can be used. The most commonly used forming process is vacuum forming. In this study as a test material used polyethylene terephthalate (PET) plastic sheet measuring 100 mm x 100 mm with a thickness of 0.30 mm to be formed using a vacuum forming process, with a gelatinized mold to know the best parameters and defects resulting from the forming process. The method used in this research is quantitative descriptive method and the analysis using quantitative approach. Based on the research, the best parameters on standard vacuum forming are heating temperature of 90 °C, blower heater selector at number of 6, heating time 30 seconds and tip blower heater distance with plastic sheet 5 cm. While the best parameters on the plug-assisst vacuum forming are heating temperature of 90 °C, selector blower heater at number of 7, heating time 27 seconds, tip blower heater distance with plastic sheet 5 cm and depth plug presses of 1 cm. The defects caused are uneven thickness, the sharp part is not formed and the mold is not fully charged.

Keywords: *plug – asisst vacuum forming, polyethylene terephthalate, standard vacuum forming*

1. PENDAHULUAN

Plastik merupakan suatu material yang banyak dijumpai dalam kehidupan sehari-hari, mulai dari peralatan makan, botol minuman, mainan, *furniture*, perangkat elektronik, dan pembungkus suatu produk. Plastik adalah suatu polimer yang tersusun atas monomer-monomer yang kemudian membentuk makromolekul (Mujiarto, 2005). Plastik memiliki sifat-sifat yang unik dan luar biasa, tergantung dari monomer penyusunnya. Sifat-sifat plastik tersebut antara lain mudah dibentuk, ringan, kuat, tahan karat dan sebagai isolator listrik yang baik, beberapa plastik mempunyai sifat fisik yang transparan.

Salah satu jenis plastik yang banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari adalah *polyethylene terephthalate* atau biasa disebut PET. Plastik PET mempunyai kekuatan mekanik yang tinggi, sifat fisik yang transparan, tidak beracun, tidak berpengaruh terhadap rasa, dan permeabilitas yang dapat diabaikan untuk karbondioksida. Selain itu, plastik PET mempunyai kekuatan tarik dan kekuatan impak yang sangat baik, begitu juga dengan ketahanan kimia, *clarity, processability*, kemampuan warna, dan stabilitas termalnya (Okatama, 2016).

Sebelum dapat dimanfaatkan menjadi barang yang berguna, plastik harus melalui beberapa proses, salah satunya proses pembentukan. Proses pencetakan plastik dengan bentuk tertentu sebagian besar menggunakan mesin cetak vakum (*vacuum forming machine*) dengan metode *thermo forming*. Kualitas hasil cetakan plastik pada proses *vacuum forming* dipengaruhi oleh temperatur pemanasan, dengan temperatur terbaik untuk mencetak plastik PET pada ketebalan 0,25 mm dan 0,35 mm adalah 200°C (Adriyanto, 2013). Kualitas hasil cetakan plastik tidak akan terlepas dari cacat hasil. Pada penelitian kali ini, parameter yang digunakan untuk menguji kualitas hasil cetakan plastik pada proses *vacuum forming* adalah temperatur pemanas, angka selektor pemanas, waktu pemanasan, jarak pemanas dan perlakuan pemanas pada proses pencetakannya.

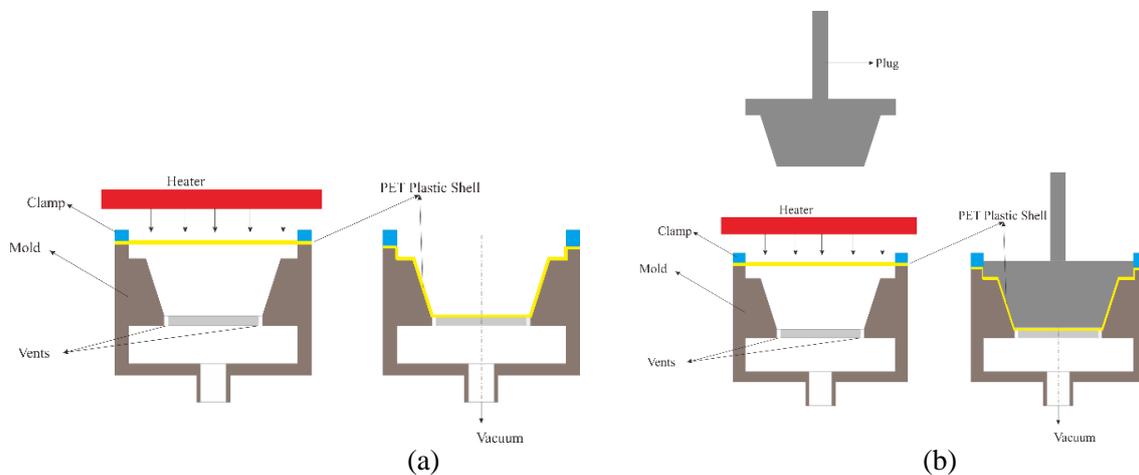
Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan parameter operasi yang tepat dalam mencetak produk dengan bahan *polyethylene terephthalate* (PET) yang berupa lembaran dan menganalisa cacat hasil dan cara mengatasinya.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Material

Penelitian menggunakan material lembaran plastik jenis *polyethylene terephthalate* (PET). PET terbuat dari glikol (EG) dan terephthalic acid (TPA) atau dimethyl ester atau asam terephthalat (DMT). PET dapat diproses dengan proses ekstrusi pada suhu tinggi 518⁰-608⁰F, selain itu juga dapat diproses dengan tehnik cetak injeksi maupun cetak tiup. Resin PET dikeringkan lebih dahulu (maksimum kandungan uap air 0,02 %) sebelum pencetakan untuk mencegah terjadinya proses hidrolisa selama pencetakan (Mujiarto 2005). PET menggunakan lembaran ukuran ketebalan 0,30 mm dan 100 mm x 100 mm .

2.2. Prosedur



Gambar 1. Prosedur (a) *Standard Vacuum Forming*, (b) *Plug-Assist Vacuum Forming Process*.

Pada penelitian ini prosedur yang digunakan untuk mencetak wadah agar-agar ditunjukkan pada Gambar 1.

Mesin/ alat *vacuum forming* memiliki beberapa bagian yaitu sebagai berikut:

a. Pemanas (*Heater*)

Pemanas atau *heater* digunakan untuk memanaskan plastik PET yang akan dibentuk sebelum dilakukan proses pencetakan. Pemanas menggunakan *heater blower* dengan pengatur panas yang biasa disebut selektor. Selektor mempunyai pilihan antara 0 – 9, yang terletak di ujung bagian belakang *heater blower*. Semakin tinggi angka selektor yang dipilih, akan semakin besar panas yang dihasilkan. Variasi besar panas yang dipilih pada selektor *heater blower* dimulai dari 50 – 100°C.

b. Termometer

Termometer digunakan untuk memastikan suhu panas yang dihasilkan oleh *blower heater*.

c. Penjepit Plastik (*Clamp*)

Penjepit plastik atau *clamp* pada mesin ini digunakan untuk menjepit plastik yang akan dibentuk ke cetakan atau *mold*.

- d. Pompa Vakum (*Vacuum Pump*)
Pompa vakum atau *vacuum pump* pada penelitian ini digunakan untuk menghasilkan tekanan vakum. Tekanan vakum yang dihasilkan antara 0 – 1 bar.
- e. *Plug*
Plug digunakan untuk mendorong plastik jenis PET yang akan dibentuk ke dalam cetakan pada *plug-assist vacuum forming process*.
- f. Lubang angin (*Vent*)
Lubang angin atau *vent* merupakan jalan/ lubang keluarnya udara pada saat proses pengeluaran udara dalam cetakan dengan tekanan yang dihasilkan oleh pompa vakum.
- g. Cetakan (*mold*)
Cetakan atau *mold* ini berbentuk wadah agar-agar dengan diameter atas 70 mm dan diameter bawah 60 mm.

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan proses *standard vacuum forming* dan proses *plug-assist vacuum forming*. Cetakan atau *mold* berbentuk wadah agar-agar. Panas yang diberikan disuplai dari *blower heater* dengan variasi suhu panas 50°C, 60°C, 70°C, 80°C, 90°C dan 100°C melalui pemilihan angka selektor. Variasi penekanan 10 mm, 20 mm, dan 25 mm pada proses *plug-assist vacuum forming*. Proses vakum menggunakan pompa vakum dengan tekanan penghisapan 0 – 1 bar.

2.3. Metode Pengukuran Kualitas Produk Cetakan

Penentuan kualitas produk berdasarkan ketepatan bentuk dan dimensi plastik yang tercetak. Hal ini dapat diperoleh melalui kerataan hasil pencetakan, pengisian plastik terhadap cetakan, ketebalan produk yang dihasilkan yang diukur dengan menggunakan mikrometer, dan pembentukan pada bagian-bagian tajam.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Pengujian *Standard Vacuum Forming*

Tabel 1. Hasil Pengujian *Standard Vacuum Forming*

<i>Blower Heater</i>					Hasil
Suhu (°C)	Angka Selektor	Waktu (detik)	Jarak Tip <i>Blower Heater</i> – Lembaran Plastik (cm)	Perlakuan Tip <i>Blower Heater</i>	
50	3	17	10	D	Tidak memenuhi cetakan
60	3	21	10	D	Tidak memenuhi cetakan
80	3	41	10	D	Kurang sempurna
80	3	40	5	D	Merata dengan tidak memenuhi cetakan
90	4	39	5	D	Merata dengan tidak memenuhi cetakan
90	4	51	5	D	Bagian tengah terlalu tipis
90	4	53	5	D	Merata dengan bagian sudut tajam tidak terbentuk
100	4	63	5	A	Tipis Tengah
100	6	36	5	B	Tipis Tengah
100	6	26	5	B	Tipis Tengah
100	6	34	5	D	Tipis Tengah
90	6	31	5	C	Tipis Tengah
90	6	28	7	E	Sempurna
90	6	30	5	B	Sempurna
90	6	30	5	D	Sempurna

3.2. Hasil Pengujian Plug – Asisst Vacuum Forming

Tabel 2. Hasil Pengujian Plug – Asisst Vacuum Forming

Blower Heater						Hasil
Suhu (°C)	Angka Selektor	Waktu (detik)	Jarak Tip Blower Heater – Lembaran Plastik (cm)	Perlakuan Tip Blower Heater	Kedalaman Plug Ditekan (cm)	
80	5	25	5	D	2,5	Plug terlihat, tidak memenuhi cetakan
60	6	22	5	A	1	Plug terlihat, tidak memenuhi cetakan
70	6	21	5	B	2	Bagian plug tipis, tidak memenuhi cetakan
70	6	16	5	C	1	Tidak memenuhi cetakan
90	6	32	5	D	2	tidak memenuhi cetakan
100	9	31	5	E	1	Plug terlihat
100	5	53	5	D	1	Kurang sempurna, tidak memenuhi cetakan
100	7	37	5	A	1	Bagian samping tipis
90	7	29	5	A	2	Plug terlihat
90	6	21	5	B	2	Plug terlihat
90	6	26	5	D	1	Plug terlihat
80	6	24	5	D	2	Plug terlihat
80	7	15	5	E	2	Bagian tengah tipis
90	7	27	5	B		Sempurna, plug terlihat
90	7	24	5	A		Kurang merata

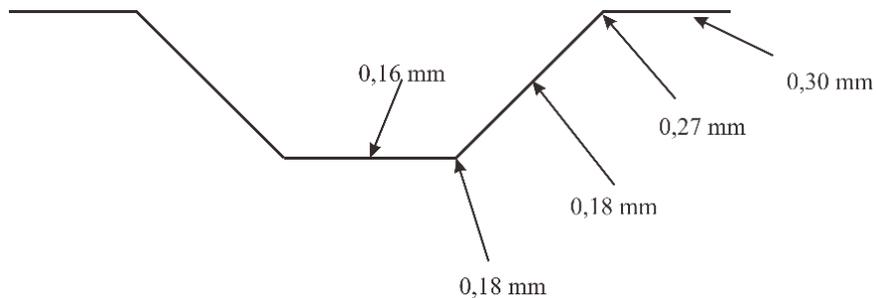
3.3. Analisis

Hasil pencetakan menggunakan mesin cetak vakum memiliki karakteristik tersendiri sesuai dengan parameter variasi. Pada pengujian plastik dengan berbagai variasi ketebalan dan tekanan, akan diperoleh mampu bentuk plastik yang berbeda-beda untuk setiap variasinya (Ghani *et al.*, 2014). Panas dan penyebaran panas oleh *blower heater* pada plastik yang akan dicetak akan mempengaruhi kualitas hasil cetakan. Perlakuan-perlakuan yang diterapkan pada proses pencetakan dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas hasil pencetakan. Berikut merupakan parameter operasi dengan hasil pencetakan plastik jenis *polyethylene terephtalate* terbaik dengan menggunakan mesin cetak vakum.

a. Hasil pencetakan terbaik dengan *standard vacuum forming* menggunakan parameter operasi:

- Suhu : 90°C
- Angka selektor : 6
- Waktu : 30 detik
- Jarak tip *blower heater* dengan plastik lembaran : 5 cm
- Perlakuan tip *blower heater* : *blower heater* digerakan melingkar dari tengah ke tepi dan diayun sembarang.
- Tekanan pompa vakum : 0 – 1 bar

Hasil pengukuran ketebalan menggunakan mikrometer ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Ketebalan hasil cetakan terbaik *standard vacuum forming*.

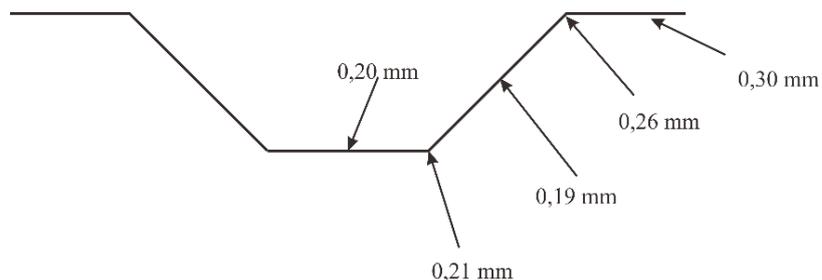
Pada penelitian ini terdapat beberapa produk yang cacat tetapi masih dapat berfungsi. Produk cacat yang terjadi antara lain:

- 1.) Tidak semua bagian terisi, hal tersebut yang menyebabkan cacat dapat dikarenakan oleh pemanasan oleh *blower heater* yang tidak merata.
- 2.) Ketebalan tidak merata, hal tersebut yang menyebabkan cacat dapat dikarenakan oleh pemanasan yang tidak merata, jarak cetakan yang terlalu dekat, dan penghisapan yang terlalu cepat.
- 3.) Bagian sudut tajam tidak terbentuk, hal tersebut yang menyebabkan cacat dapat dikarenakan oleh kekuatan penghisapan tidak cukup.

b. Hasil pencetakan terbaik dengan *plug – asisst vacuum forming* menggunakan parameter operasi:

Suhu	: 90°C
Angka selektor	: 7
Waktu	: 27 detik
Jarak tip <i>blower heater</i> dengan plastik lembara	: 5 cm
Perlakuan tip <i>blower heater</i>	: <i>blower heater</i> digerakan melingkar dari tengah ke tepi
Kedalaman plug ditekan	: 1 cm

Hasil pengukuran ketebalan menggunakan mikrometer ditunjukkan pada Gambar3.



Gambar 3. Ketebalan hasil cetakan terbaik *plug – asisst vacuum forming*.

Pada penelitian ini terdapat beberapa produk cacat tetapi masih dapat berfungsi. Produk cacat yang terjadi antara lain yaitu:

- 1.) Tidak semua bagian terisi, hal tersebut yang menyebabkan cacat dapat dikarenakan oleh pemanasan yang tidak merata.

- 2.) Ketebalan tidak merata, hal tersebut yang menyebabkan cacat dapat dikarenakan oleh pemanasan yang tidak merata, jarak cetakan yang terlalu dekat, dan penghisapan yang terlalu cepat.

4. KESIMPULAN

Dari penelitian analisa cacat hasil pencetakan plastik jenis *polyethylene terephthalate* (PET) lembaran pada proses *vacuum forming* yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- a. Parameter optimum pencetakan plastik jenis *polyethylene terephthalate* (PET) menggunakan *standard vacuum forming* pada suhu 90°C, dengan selektor *blower heater* pada angka 6, waktu pemanasan 30 detik, jarak tip *blower heater* dengan plastik lembaran 5 cm, perlakuan tip *blower heater* digerakan melingkar dari tengah ke tepi dan diayun sembarang.
- b. Parameter optimum pencetakan plastik jenis *polyethylene terephthalate* (PET) menggunakan *plug – asisst vacuum forming* pada suhu 90°C, dengan selektor *blower heater* pada angka 7, waktu pemanasan 27 detik, jarak tip *blower heater* dengan plastik lembaran 5 cm, perlakuan tip *blower heater* digerakan melingkar dari tengah ke tepi, dengan kedalaman penekanan plug sebesar 1 cm.
- c. *Stadard vacuum forming* dan *plug – asisst vacuum forming* menghasilkan ketebalan produk yang berupa wadah agar-agar yang tidak merata.
- d. Kegagalan/ cacat hasil *stadard vacuum forming* dan *plug – asisst vacuum forming* berupa: tidak semua bagian cetakan terisi, ketebalan tidak merata dan bagian sudut tajam tidak terbentuk .

5. SARAN

Berdasarkan kesimpulan, penulis merekomendasikan berupa saran sebagai berikut:

- a. Penggunaan tekanan penghisapan pompa vakum yang lebih spesifik akan memperjelas parameter pencetakan yang tepat.
- b. Penggunaan pemanas atau *heater* yang mampu menyebarkan panas dengan baik akan mempermudah proses pencetakan, untuk mengurangi cacat hasil yang dikarenakan penyebaran panas yang tidak merata.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Ibu Sri Hastuti, S.T., M.Eng. yang telah memberi dukungan terhadap penelitian ini. Tidak lupa seluruh rekan – rekan yang telah membantu menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Adriyanto, A., 2013, Pengaruh Variasi Temperatur dan Ketebalan Lembaran Plastik Terhadap Mampu Bentuk Plastik pada Proses Vacuum Forming, *Tugas Akhir Program S1 Universitas Diponegoro*, Semarang
- Ghani, A.K., E. Yohana, D.B. Wibowo, 2014, Mampu Bentuk Plastik pada Proses Vacuum Forming dengan Variasi Tekanan 0.979 bar, 0.959 bar, 0.929 bar, 0.909 bar pada Temperatur 200°C, *Jurnal Teknik Mesin S-1 Universitas Diponegoro* 2(2): 120 – 128.
- Mujiarto, I., 2005, Sifat dan Karakteristik Material Plastik dan Bahan Aditif, *Jurnal Traksi*, No. 2, Vol. 03, Hal 65 – 73
- Okatama, I., 2016, Analisa Peleburan Limbah Plastik Jenis Polyethylene Terephthalate (PET) Menjadi Biji Plastik Melalui Pengujian Alat Pelebur Plastik, *Jurnal Teknik Mesin (JTM)*, No. 3, Vol. 05, Hal 109 – 113