

Pembuatan Mesin *Thermoforming* Metode *Vacuum* Untuk Bahan *Polymethyl Methacrylate* (PMMA)

Cepi Rahmatullah Permana^a, Cahyo Budiantoro^b, Totok Suwanda^c

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
Jl, Brawijaya, Kasihan, Bantul, Yogyakarta - 55183.

e-mail: cepirahmatullah@gmail.com, cahyo_budi@umy.ac.id, suwanda@ft.umy.ac.id

Abstract

The development of plastic packaging product equipment is highly developed with human needs in everyday life. the need for cheap machinery / equipment with adequate performance is needed to increase the creativity and innovation of home industry players (UKM). Thus it is necessary to have a machine / tool that is cheap and can provide convenience in making packaging products.

The vacuum forming machine is made by doing work steps starting from making the frame, top cover, heating box, clamp, lever, vacuum chamber, front cover, right cover and left cover. Manual processing of the vacuum forming machine by heating the plastic sheet using a heating box and then forming using a vacuum cleaner pressure according to the shape of the mold.

Products from vacuum forming machine molds use teak wood measuring 140 mm x 210 mm x 15 mm with polymethyl methacrylate (PMMA) plastic sheets measuring 420 mm x 320 mm x with 0.20 mm thick using a 100 volt plate heater of 100 watts while maximum vacuum pressure cleaner 12 kPa by heating time 15 seconds, 20 seconds and 25 seconds and vacuum time for 5 seconds, 10 seconds and 15 seconds. Obtaining printouts resembles the shape characteristics of the mold using a heating temperature of 105 °C with a heating time of 25 seconds and a vacuum time of 15 seconds.

Keywords: *Thermoforming, Manufacture, Vacuum Forming Machine, Polymethyl Methacrylate (PMMA)*

1. Pendahuluan

Penggunaan produk plastik tidak bisa lepas dari kebutuhan manusia dalam kehidupan sehari-hari. Produk plastik banyak digunakan karena nilai ekonomis, fleksibel, ringan dan tidak mudah pecah mulai dari peralatan makan dan minum hingga kemasan suatu produk. Mahalnya mesin/alat kemasan produk plastik yang beredar di pasaran saat ini belum bisa memenuhi kebutuhan industri-industri rumahan (UKM). Dengan demikian perlu adanya mesin/alat yang murah dan bisa memberikan kemudahan dalam menghasilkan kemasan produk. Sehingga pelaku usaha dapat berinovasi dan menambah kreatifitas dalam pembuatan produk.

Irwansyah (2017) dalam penelitiannya, melakukan perancangan mesin *vacuum forming* ukuran maksimal cetakan (*Mold*) 400 x 300 x 150 (mm) menggunakan *software CAD Autodesk Inventor Professional 2016*. Bahan yang digunakan *polystyren (PS)* dengan panjang 420 (mm), lebar 320 (mm) dan ketebalan 0,5 sampai 2 (mm). Kemasan dibuat dengan cara memanaskan lembaran plastik menggunakan 2 unit pemanas *heater* masing-masing 250 watt/unit. Proses *vacuum* menggunakan *vacuum cleaner* dengan daya tekanan *vacuum (max)* : 20 kPa (20.000 Pa) dan *airflow (max)* : 26,6 1/s (0,0266 m³/dt). Proses *vacuum forming* adalah salah satu metode sederhana yang dilakukan dengan memberikan perlakuan panas pada lembaran plastik hingga lunak (tidak mencapai titik leleh) kemudian dibentuk menggunakan cetakan dengan memberikan tekanan *vacuum*.

Berdasarkan hasil perancangan mesin *vacuum forming* yang akan dibuat dengan harga Rp. 9.247.000 lebih murah. Membandingkan dari mesin *formech 508DT* dengan harga Rp. 104.062,445 yang telah ada dipasaran. Dengan demikian pelaku industri-industri rumahan dapat menghasilkan produk kemasan dengan mesin/alat yang murah.

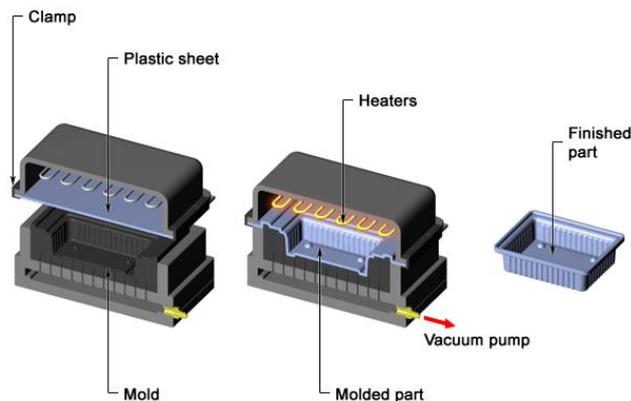
2. Thermoforming

Thermoforming adalah suatu proses pembentukan lembaran plastik, dimulai dengan memanaskan dan kemudian membentuk lembaran plastik untuk mendapatkan hasil dari bentuk yang diinginkan dengan cara *vacuum* (penghisap) atau *pressure*

(penekan) ke cetakan (*mold*), proses ini banyak digunakan dalam pembentukan kemasan produk plastik (Irwansyah, 2017). Mekanisme *thermoforming* secara sederhana terbagi atas beberapa metode pembentukan lembaran plastik mulai dari *vacuum forming*, *pressure forming* dan *mechanical forming* untuk mendapatkan hasil yang diinginkan.

2.1 Vacuum forming

Pada proses ini, lembaran plastik yang di panaskan diletakan pada *mould* dan selanjutnya menggunakan tekanan udara sehingga lembaran plastik berubah menjadi bentuk sesuai cetakan (Baliram et al, 2018).



Copyright © 2008 CustomPartNet

Gambar 1. Proses *Vacuum forming* (Sumber: www.coustompartnet.com)

3. Polymethyl Methacrylate (PMMA)

Polymethyl Methacrylate yang lebih dikenal *acrylic* adalah bahan yang sangat luas penggunaannya mulai dari dalam ruangan maupun luar ruangan. Bahan dengan sifat transparan dan ketahanannya dalam bentuk lembaran dengan merek dagang *plexiglas*, *vitroflex*, *perspex*, *limacryl*, *acrylite*, *acrylplast*, *altuglas*, dan *lucite* yang sering digunakan dalam berbagai aplikasi seperti lampu kendaraan, monitor, lensa kaca mata, dan bahan pelapis pada material pesawat (Pawar, 2016). Produk berbahan *Polymethyl Methacrylate* banyak digunakan dalam berbagai proses pembentukan produk plastik dengan pengolahan yang umum digunakan pada proses *injection molding* dan *thermoforming* dengan menentukan karakteristik dari hasil produk yang diinginkan (Mujiarto, 2005).

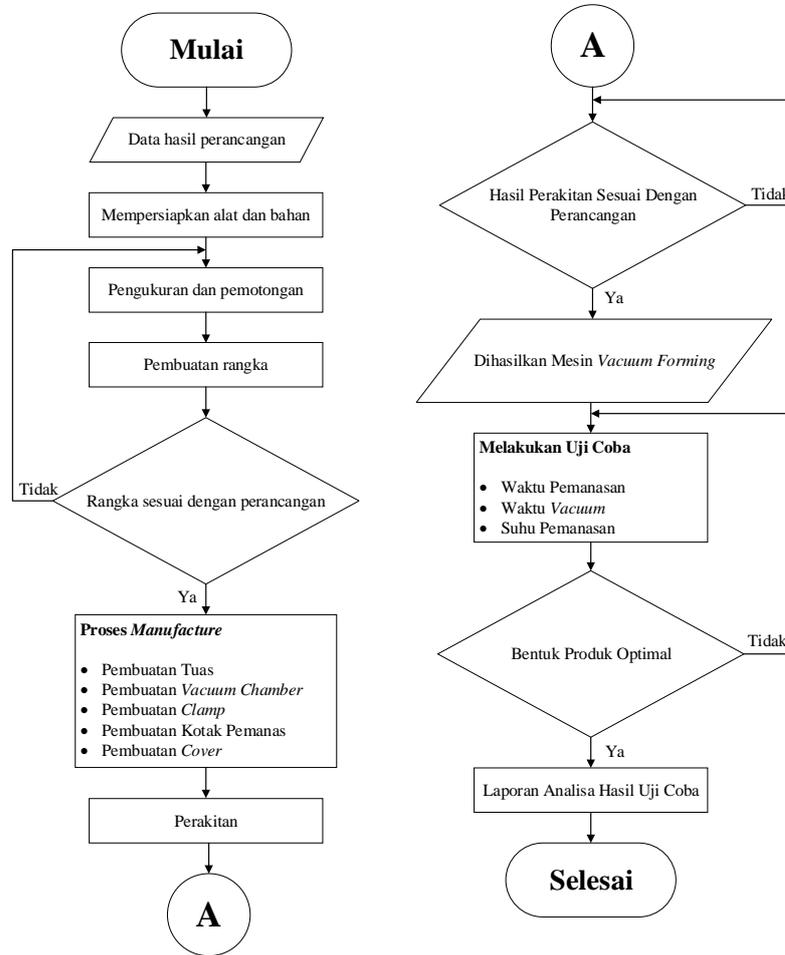
Proses pengaplikasian bahan *Polymethyl Methacrylate* sangat tidak terbatas pada ruang-ruang tertentu, mulai dari arsitektur dan kontruksi, otomotif dan transportasi, kaca otomotif, elektronik dan energi, mebel dan desain, penerangan, medis dan kesehatan sampai dengan komunikasi visual.

Tabel 2. Simbol dan kegunan produk *Polymethyl Methacrylate*

No	Nama Polymer	Simbol	Kegunaan	Gambar
1	<i>Polymethyl Methacrylate</i> (PMMA)		Dalam industri otomotif, lensa kaca mata, bahan pelapis material pesawat, monotor dll.	 Ketebalan 0.20 mm

4. Metode Pembuatan

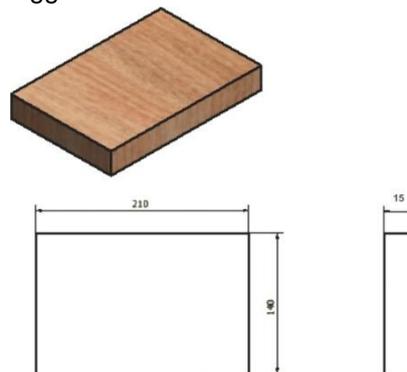
Dalam pembuatan mesin *vacuum forming* terdapat beberapa tahapan, mulai dari persiapan, pembuatan dan pengujian hasil produk yang dilakukan. Diagram alir proses pembuatan mesin *vacuum forming* sebagai berikut.



Gambar 3. Diagram alir proses pembuatan mesin *vacuum forming*

5. Mold (Cetakan)

Cetakan bentuk persegi sebagai acuan untuk mengetahui kinerja dari mesin *vacuum forming*. Bahan cetakan menggunakan kayu jati memiliki ukuran panjang 140 mm, lebar, 210 mm dan tinggi 15 mm.



Gambar 4. Cetakan pengujian mesin *vacuum forming*

6. Cycle Time Proses

Cycle time proses sebagai salah satu parameter dalam menentukan waktu selama proses pengerjaan mesin *vacuum forming* untuk menghasilkan suatu produk menggunakan lembaran plastik *polymethyl methacrylate* dengan tebal 0.20 mm. Sedangkan waktu yang dibutuhkan selama proses pengerjaan mulai dari waktu pemanasan dan waktu *vacuum*, bisa dilihat pada tabel 4.3 sebagai berikut:

Tabel 1. *Cycle time* proses

Parameter	Waktu (dt)
Menyalakan mesin	2
Pemasangan <i> mold</i> (cetakan)	4
Pemasangan lembaran plastik	4
Waktu pemanasan lembaran plastik	25
Waktu <i>vacuum</i>	15
Melepaskan lembaran plastik	5
Cycle time proses	55

7. Prosedur Pengoprasian

Prosedur pengoprasian mesin *vacuum forming* dengan memperhatikan langkah-langkah sebagai berikut:

- Persiapkan lembaran plastik dan cetakan yang akan digunakan.
- Colokan kabel ke soket listrik 220 volt.
- Nyalakan *start engine* dengan menekan tombol *ON*.
- Nyalakan tombol *ON* kotak pemanas.
- Masukan *mold* pada bagian atas *vacuum chamber*.



Gambar 5. Pemasangan *mold*

- Masukan lembaran plastik pada ruang cetakan.



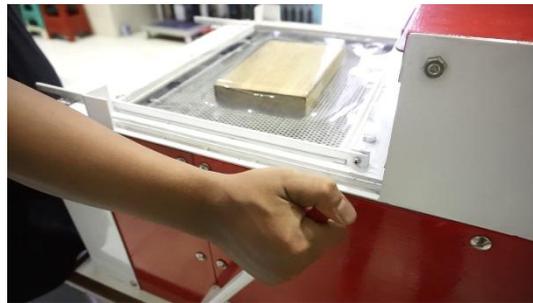
Gambar 6. Pemasangan lembaran plastik

- g. Turunkan *clamp* kemudian menekan *toggle clamp* sampai lembaran plastik terpasang dengan baik.



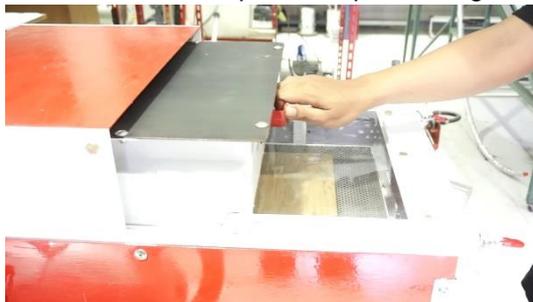
Gambar 7. Menekan *toggle clamp*

- h. Ketika kotak pemanas sudah mencapai suhu yang telah ditentukan kemudian menarik kotak pemanas sampai menutupi lembaran plastik.



Gambar 8. Menarik kotak pemanas

- i. Tekan tombol *timer heater* yang sudah di setting terlebih dahulu.
 j. Setelah timer berbunyi, kembalikan kotak pemanas dengan mendorong keposisi semula.
 k. Nyalakan tombol *ON vacuum*.
 l. Tekan tombol *timer vacuum* yang sudah di setting terlebih dahulu.
 m. Tarik tuas keatas sampai lembaran plastik sesuai dengan bentuk dari cetakan kemudian menekan tombol *OFF vacuum*.
 n. Turunkan tuas kebawah, lembaran plastik terpisah dengan *mold*.



Gambar 9. Menurunkan tuas

- o. Buka *clamp* dengan membuka *toggle clamp* terlebih dahulu.
 p. Selanjutnya, mengambil lembaran plastik yang sudah dibentuk.
 q. Proses mesin *vacuum forming* selesai.

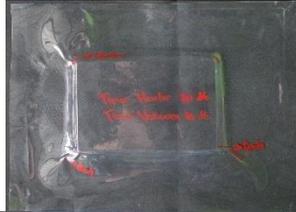
8. Pengujian

Pengujian dilakukan untuk mengetahui hasil kinerja mesin *vacuum forming* dengan melakukan pengujian secara bertahap menggunakan suhu pemanas 105°C. Dalam pengujian ini menggunakan vareasi waktu pemanasan 15 detik, 20 detik dan 25 detik dan waktu *vacuum* masing-masing selama 5 detik, 10 detik dan 15 detik.

8.1 Hasil Pengujian

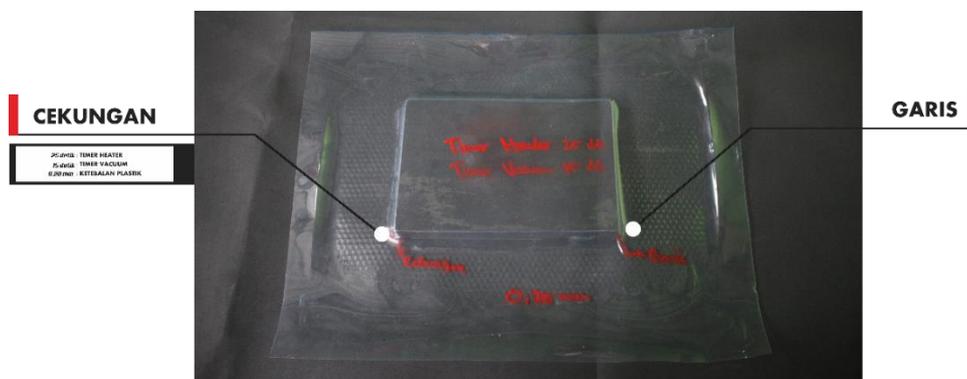
Hasil pengujian lembaran plastik *polymethyl methacrylate* berukuran 420 mm x 320 mm x dengan tebal 0.20 mm menggunakan ukuran cetakan 140 mm x 210 mm x 15 mm dengan daya hisap *vacuum clener* maksimal 12 kPa. Pengujian dilakukan menggunakan waktu pemanasan 15 detik, 20 detik dan 25 detik dengan menentukan waktu *vacuum* selama 5 detik, 10 detik dan 15 detik dengan suhu pemanasan yang digunakan 105°C.

Tabel 2. Hasil pengujian mesin *vacuum forming*

No	Waktu Pemanasan (dt)	Waktu Vacuum (dt)	Hasil Pengujian	Keterangan
1	15	5		Hasil cetakan terdapat cekungan dan garis dengan daya rekat kurang baik.
2	20	10		Hasil cetakan mulai mengikuti dari bentuk cetakan.
3	25	15		Hasil cetakan menyerupai bentuk dengan cekungan dan garis.

8.2 Analisa Produk

Pengujian plastik dengan bahan cetakan kayu jati menggunakan lembaran plastik *polymethyl methacrylate* (PMMA) berukuran 420 mm x 320 mm x 0.20 mm mendapatkan hasil menyerupai bentuk dari cetakan menggunakan tempratur pemanas 105°C dengan daya hisap maksimal 12 kPa.



Gambar 10. Hasil produk mesin *vacuum forming*

Produk dari hasil mesin *vacuum forming* pada Gambar 4.32 menyerupai bentuk dari cetakan dengan lama waktu pemanasan 25 detik dan waktu *vacuum* 15 detik. Terdapat beberapa kecacatan yang terjadi dengan daya rekat kurang baik dan terdapat cekungan dan garis pada area cetakan.

9. Spesifikasi Mesin *Vacuum Forming*

Mesin *vacuum forming* dengan spesifikasi hasil akhir membandingkan dengan mesin *formech 508DT* yang telah berada dipasaran.



Gambar 11. Mesin *vacuum forming* CRP-TM13

Tabel 3. Spesifikasi mesin *vacuum forming*

Spesifikasi	
Nomor Model	CRP-TM13
Dimensi Mesin	562 x 880 x 496 (mm)
Dimensi Lembaran Plastik	420 x 320 (mm)
Tegangan	220 volt
Konsumsi Daya	1750 watt
Vacuum	12 kPa
Temperatur Heater	300°C

Tabel 4. Perbandingan mesin *vacuum forming*

Perbandingan	Mesin Vacuum Forming	Formech
Type Mesin	CRP-TM13	508DT
Dimensi Mesin	562 x 880 x 496 (mm)	720 x 1394 x 538 (mm)
Dimensi Lembaran Plastik	420 x 320 (mm)	508 x 457 (mm)
Jenis Heater	Plate	Quartz
Konsumsi Daya	1750 watt	3200 watt
Harga	Rp. 9.247.000,-	Rp. 104.062,445,-

10. Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil pengujian dengan melakukan pembuatan mesin *vacuum forming forming* yang dibuat dengan harga Rp. 9.247.000 lebih murah. Membandingkan dari mesin *formech* 508DT dengan harga Rp. 104.062,445 yang telah ada dipasaran. Sehingga pelaku industri-industri rumahan dapat menghasilkan produk kemasan dari lembaran plastik. Produk yang dihasilkan mesin *vacuum forming* menggunakan plastik *polymethyl methacrylate* (PMMA) berukuran 420 x 320 (mm) tebal 0.20 (mm). Cetakan berbahan kayu jati berukuran 140 x 210 x 15 (mm) dengan variasi waktu pemanasan 15 detik, 20 detik dan 25 detik dan waktu *vacuum* selama 5 detik, 10 detik dan 15 detik. Mendapatkan hasil menyerupai karakteristik bentuk dari cetakan menggunakan temperatur pemanas 105°C dengan lama waktu pemanasan 25 detik dan waktu *vacuum* 15 detik.

11. Daftar Pustaka

- [1] Baliram, S. B. et al. (2018). *Plant And Development Of Vaccum Forming Machine and Die*. Maharashtra: SND college, Babulgoan, Yeola, Maharashtra.
- [2] Ghani, A. K. et al. (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. Semarang: Universitas Diponegoro.
- [3] Irwansyah, Diki. (2017). Perancangan Mesin *Vacuum Forming* Untuk Material Plastik *Polystyrene* (PS) Dengan Ukuran Maksimal Cetakan 400x300x150 (mm). Yogyakarta: Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- [4] Irwansyah, Diki. (2017). Perancangan Mesin *Vacuum Forming* Untuk Material Plastik *Polystyrene* (PS) Dengan Ukuran Maksimal Cetakan 400x300x150 (mm). Yogyakarta: Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- [5] Julianti, Sri. (2014). *The Art of Packaging*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- [6] Mujiarto, Imam. (2005). Sifat dan Karakteristik Material Plastik dan Bahan Adiktif. Semarang: AMNI Semarang.
- [7] Nusyirwan. (2007). Rekayasa Mesin *Thermoforming Vaccum*. Padang: Politeknik Negeri Padang.
- [8] Nuari, Alan. (2017). Analisis Laju Aliran Panas Pada Proses *Thermoforming Blister Packing* Mesin PAM-PAC BP-102 Dengan 2 Desain. Jakarta: Universitas Mercu Buana
- [9] Pawar, Eshwar. (2016). *A Review Article on Acrylic PMMA*. India: PRMIT&R, Mechanical/SGBAU, India.