

PERANCANGAN DAN PENGEMBANGAN MESIN *VACUUM PLASTIC FORMING* UNTUK PRODUKSI KEMASAN (*PACKAGING*) PADA INDUSTRI KECIL DAN MENENGAH

*Parven¹, Yusuf Umardani², Agus Suprihanto³

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

³Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Semarang 50275, Telp. +62247460059Sudharto, SH., Tembalang-

*E-mail: vennparven@gmail.com; **umardaniyusuf70@gmail.com

Abstrak

Saat ini, penggunaan plastik sudah merajalela dalam kehidupan sehari-hari. Sifat-sifat plastik antara lain ringan, kokoh, tahan karat, efektif sebagai isolasi listrik, dan tentunya mempunyai nilai ekonomis yang tinggi. Plastik semakin banyak digunakan, bahkan terkadang menggantikan logam, kayu, dan kaca. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang dan mengembangkan mesin *vacuum plastic forming* untuk produksi kemasan dengan menggunakan *Polyvinyl Chloride* (PVC). Dalam konteks perusahaan kecil dan menengah, desain dan pengembangan mesin *vacuum plastic forming* (VPF) merupakan proyek penting dengan tujuan meningkatkan efisiensi produksi kemasan. Teknologi vakum yang digunakan oleh mesin VPF merupakan alat penting dalam proses pembentukan kemasan plastik yang mengubah lembaran plastik menjadi barang kemasan yang sesuai dengan desain yang diinginkan. Perancangan dan pengembangan mesin VPF yang berhasil dapat memberikan berbagai keuntungan bagi usaha kecil dan menengah, termasuk produktivitas yang lebih tinggi, biaya produksi yang lebih rendah, dan daya saing yang lebih tinggi.

Kata kunci: kemasan; *polyvinyl chloride* (pvc); *vacuum plastic forming* (vpf)

Abstract

At the time, plastic usage is pervasive in everyday life. The qualities of plastic include being lightweight, sturdy, rust-resistant, effective at insulating electricity, and of course, having a high economic worth. Plastic is being used more and more, sometimes even in place of metal, wood, and glass. The aim of this research is to design and develop a vacuum plastic forming machine for packaging production using Polyvinyl Chloride (PVC). In the context of small and medium-sized companies, the design and development of vacuum plastic forming (VPF) machines is an important project with the aim of increasing packaging production efficiency. The vacuum technology used by VPF machines is an important tool in the plastic packaging forming process which turns plastic sheets into packaging goods that match the desired design. Successful design and development of VPF machines can provide a variety of benefits to small and medium-sized businesses, including higher productivity, lower production costs and greater competitiveness.

Keywords: packaging; *polyvinyl chloride* (pvc); *vacuum plastic forming* (vpf)

1. Pendahuluan

Penggunaan plastik tidak bisa terlepas dari kehidupan kita sehari-hari, mulai dari peralatan makan, botol minuman, mainan, *furniture*, perangkat elektronik hingga pembungkus suatu produk. Selain sifat plastik yang mudah dibentuk, ringan, kuat, tahan karat dan sebagai isolator listrik yang baik, beberapa plastik mempunyai sifat fisik yang transparan [1]. Dengan kondisi pengemasan produk yang seperti itu, dengan kertas yang tidak tahan air atau plastik yang terlihat sangat sederhana dan terlihat murahan, sulit untuk menaikkan harga produk tersebut. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan nilai jual suatu produk adalah dengan menciptakan kemasan yang menarik, spesifik, dan praktis. Khususnya bagi industri kecil dan rumah tangga yang membutuhkan kemasan yang lebih spesifik untuk membungkus produk yang diproduksinya. Untuk itu diperlukan suatu alat pembentuk atau mesin pengemas yang dapat mencetak kemasan secara akurat, agar produk yang dikemas terlihat lebih menarik dan meningkatkan harga jual produk.

Minat konsumen untuk membeli suatu produk yang dibutuhkan ditentukan oleh beberapa hal seperti spesifikasi produk, harga, kualitas, kemasan, dan lain-lain [2]. Kemasan tidak hanya berfungsi sebagai bungkus suatu produk, tetapi memiliki fungsi-fungsi lainnya. Diantara fungsi kemasan yang penting adalah kemasan melindungi produk dari kerusakan yang terjadi akibat benturan, jatuh terkena kotoran, dan lain sebagainya. Fungsi kemasan yang tidak kalah penting adalah

daya tarik ke konsumen. Mengingat fungsi kemasan sangat penting, maka tidak hanya desain saja yang perlu diperhatikan, material kemasan juga merupakan faktor pertimbangan yang terpenting [3].

Proses pembuatan kemasan dari bahan plastik dapat dilakukan dengan berbagai macam proses seperti *injection moulding*, *sheet plastic forming*, *vacuum plastic forming*, dan lain sebagainya [4]. *Vacuum plastic forming* merupakan salah satu proses yang sederhana, mudah dioperasikan dan sesuai untuk volume yang terbatas. Keuntungan dari proses *vacuum plastic forming* ini adalah tidak membutuhkan pola cetakan tersendiri sebagaimana pada *injection moulding* dan *sheet plastic forming* [5]. Metode pembentukan plastik yang umum digunakan ialah *thermoforming*. *Thermoforming* adalah proses pembentukan polimer *thermoplastic* menjadi bentuk yang baru dengan memanfaatkan panas dan tekanan. Mesin *vacuum plastic forming* merupakan salah satu mesin yang memanfaatkan metode *thermoforming* dalam proses pembentukan plastik [6]. Untuk membuat alat pembentuk atau pencetak kemasan tersebut, maka dilakukan dengan cara mengembangkan diri dibidang manufaktur dan otomasi dengan memperhatikan hal-hal yang berkaitan diatas maka dirancang mesin *vacuum plastic forming* yang dapat digunakan untuk membuat kemasan yang sesuai dengan kebutuhan, bentuk, dan desain kemasan yang diinginkan. Penelitian ini membahas mengenai rancang bangun alat *vacuum plastic forming* serta mengetahui *cycle time process* untuk produksi kemasan.

2. Bahan dan Metode Penelitian

Dalam pelaksanaan penelitian ini diperlukan peralatan dan bahan yang digunakan dalam proses pembuatan kemasan (*packaging*) dengan mesin *vacuum plastic forming*. Berikut merupakan alat dan bahan yang digunakan.



Gambar 1. Pompa vakum (*vacuum pump*)

Pompa vakum (*vacuum pump*) merupakan sumber daya dari proses pembentukan pada mesin ini. Pompa vakum diletakkan pada samping *vacuum chamber* kemudian disambungkan dengan selang dari *nozzle* menuju *vacuum chamber*.

Tabel 1. Spesifikasi pompa vakum

<i>Merk</i>	Value VE160N
<i>Power</i>	1/2 HP
<i>Free Air Displacement</i>	7.0 CFM
<i>Voltage</i>	230V ~ / 50 - 60Hz
<i>Ultimate vacuum partial pressure</i>	2Pa
<i>Ultimate vacuum total pressure</i>	150 micron
<i>Inlet port</i>	1/4" Flare
<i>Oil capacity</i>	415 ml
<i>Dimensions</i>	290X124X224 mm
<i>Net weight</i>	6.6 kg



Gambar 2. Heat gun

Tabel 2. Spesifikasi *heat gun*

<i>Merk</i>	RYU
Kode Barang	RHG 600-3
Daya	250-2000Watt
Pengatur Suhu	2 Posisi
Pilihan Temperatur	80-600°C
Aliran Udara	210-250 / 340-380 L/m
Berat	1,02 Kg

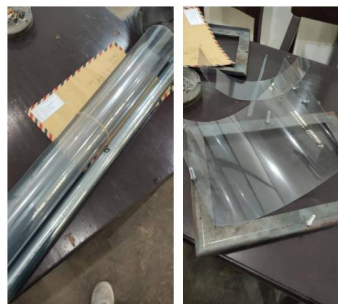


Gambar 3. Thermo gun

Tabel 3. Spesifikasi *thermo gun*

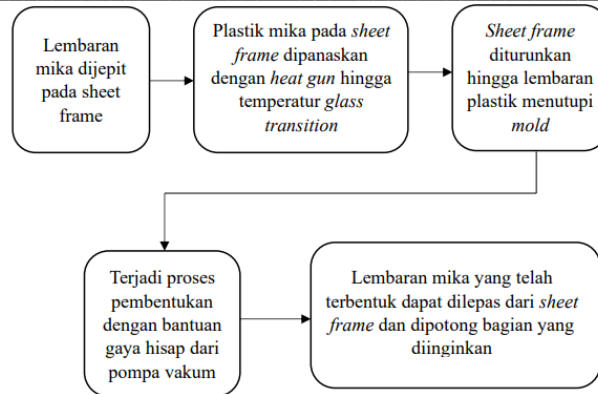
<i>Merk</i>	Benetech GM550
<i>Measuring range</i>	-50~550°C (-58~1022°F)
<i>Accuracy</i>	±1.5°C / ±1.5%
<i>Resolution</i>	0.1°C or 0.1°F
<i>Distance spot ratio</i>	12:1
<i>Emissivity</i>	0.95 (fixed)
<i>Power</i>	9V Alkaline or NiCd battery
<i>Weight</i>	147.5 g
<i>Dimension</i>	153X101X43 mm

Pada penelitian ini bahan yang digunakan adalah plastik mika dengan ukuran 0,3 mm dan 0,5 mm yang digunakan untuk mencetak kemasan (*packaging*). Plastik mika memiliki karakteristik seperti kuat, keras, jernih dan melunak pada suhu 120-170°C [7].



Gambar 4. Plastik mika

Prinsip kerja mesin VPF ini terdiri dari beberapa tahapan di antaranya tahap persiapan, tahap pemanasan, tahap penghisapan, dan tahap pendinginan [8].



Gambar 5. Prinsip kerja VPF

Tahapan pengujian yang dilakukan adalah mencetak beberapa bentuk kemasan yang tersedia di pasaran dengan mesin VPF. Berikut merupakan tahapan pengujian:

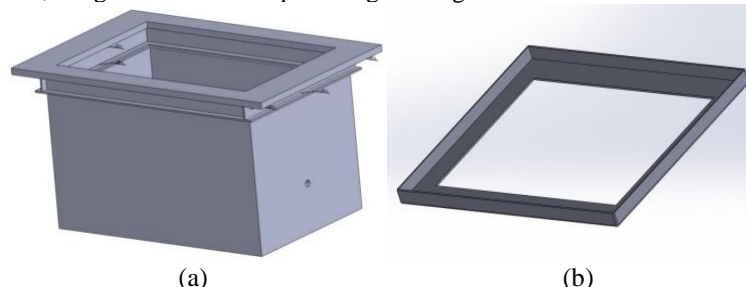
1. Plastik yang sudah di potong sesuai dengan ukuran *sheet frame* dijepit dengan kedua *clamp* pada *sheet frame* lalu kencangkan baut pada *sheet frame*.
2. Letakkan cetakan (*mould*) pada atas *vacuum chamber* lalu letakkan *sheet frame* diatas cetakan (*mould*). Kemudian mesin *vacuum* dan *heat gun* di sambungkan ke listrik.
3. Nyalakan *heat gun* kemudian panaskan plastik hingga mencapai *glass temperature*. Perlu di perhatikan untuk memanaskan plastik secara merata untuk mendapatkan hasil cetakan yang baik.
4. Setelah plastik melunak, nyalakan pompa vakum untuk menghisap plastik agar membentuk kemasan sesuai dengan cetakan (*mould*) yang diinginkan.
5. Setelah plastik terbentuk sempurna, tunggu sampai plastik sudah dingin lalu lepaskan cetakan dari plastik dengan melepaskan *sheet frame*, kemudian potong bagian yang di butuhkan sebagai kemasan.



Gambar 6. Tahapan Pengujian

3. Hasil dan Pembahasan

Proses pertama yang dilakukan adalah mendesain bentuk mesin VPF dengan menggunakan *software* Solidworks. Dalam melakukan desain ini menggunakan Solidworks 2019, kemudian proses desain ini dilakukan perbagian atau part dari masing-masing unit, antara lain *vacuum chamber* berbentuk balok dengan ukuran 310 X 210 X 200 mm yang dibuat menggunakan plat besi tebal 1 mm, dan *sheet frame* dengan dua pasang *clamp* yang di satukan dengan baut dan mur untuk menjepit lembaran plastik, dengan dimensi *clamp* masing-masing adalah 310 X 210 X 5 mm.

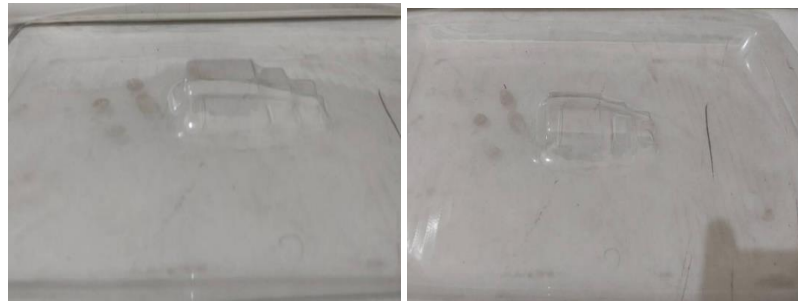


Gambar 7. Desain (a) *Vacuum chamber*, (b) *Sheet frame*

Kemudian dilakukan pengujian untuk membuat kemasan yang banyak ditemui dalam kehidupan sehari-hari. Dalam percobaan kali ini kemasan yang akan di bentuk menggunakan cetakan berupa *mouse*, gunting, dan adaptor.



(a) (b)
Gambar 8. Hasil kemasan *mouse* dengan plastik mika (a) 0,5mm, (b) 0,3mm



(a) (b)
Gambar 8. Hasil kemasan adaptor dengan plastik mika (a) 0,5mm, (b) 0,3mm



(a) (b)
Gambar 8. Hasil kemasan gunting dengan plastik mika (a) 0,5mm, (b) 0,3mm

Cycle time process merupakan lamanya waktu yang diperlukan atau dibutuhkan dalam menyelesaikan satu siklus untuk memproduksi satu buah produk [8]. Perhitungan *cycle time process* pada mesin VPF dalam satu siklus untuk memproduksi sebuah produk dapat ditentukan dengan menjumlahkan hasil dari perhitungan waktu persiapan, waktu pemanasan, waktu vakum, dan waktu pendinginan [9].

Tabel 4. *Cycle time process* untuk plastik mika 0,5mm

Cetakan	Waktu Persiapan	Waktu Pemanasan	Waktu Vakum	Waktu Pendinginan	Cycle Time Process
Mouse	49,54 s	56,13 s	4,31 s	30,16 s	140,14 s
Adaptor	44,23 s	55,31 s	3,55 s	31,82 s	134,91 s
Gunting	45,71 s	54,22 s	3,34 s	28,65 s	131,92 s

Tabel 4. *Cycle time process* untuk plastik mika 0,3mm

Cetakan	Waktu Persiapan	Waktu Pemanasan	Waktu Vakum	Waktu Pendinginan	Cycle Time Process
Mouse	44,51 s	52,16 s	4,21 s	30,47 s	131,35 s
Adaptor	42,30 s	46,53 s	4,11 s	31,46 s	124,40 s
Gunting	44,57 s	42,71 s	3,61 s	27,88 s	118,77 s

Selama proses *thermoforming*, lembaran PVC dihangatkan dalam oven dan kemudian direntangkan di atas alat *thermoforming* untuk membuat cetakan [10]. Proses peregangan membuat bahan menjadi tipis, terutama pada bagian atas dinding samping. Oleh karena itu, ketebalan lembaran setelah pembentukan bisa lebih dari 50% lebih tipis dari lembaran PVC asli sebelum dibentuk, tergantung pada bentuk cetakan [11].

Tabel 5. Ketebalan plastik setelah *thermoforming*

Cetakan	Tebal Sebelum	Tebal Setelah	% Perubahan
Mouse	0,3 mm	0,27 mm	10 %
	0,5 mm	0,48 mm	4 %
Adaptor	0,3 mm	0,29 mm	3,34 %
	0,5 mm	0,49 mm	2 %
Gunting	0,3 mm	0,29 mm	3,34 %
	0,5 mm	0,49 mm	2 %

4. Kesimpulan

Berdasarkan pada penelitian ini telah dilakukan percobaan mesin *vacuum plastic forming* dengan menggunakan plastik mika yang memiliki ketebalan 0,5 mm dan 0,3 mm. Kesimpulan dari penelitian ini adalah didapat desain mesin *vacuum plastic forming* dengan dimensi 310 X 210 X 200 mm menggunakan *software* Solidworks.

Prinsip kerja mesin *vacuum plastic forming* yang menggunakan plastik mika adalah dengan cara menjepit plastik pada *clamp* yang terdapat pada *sheet frame* yang kemudian plastik dipanaskan menggunakan *heat gun* hingga mencapai *glass temperature*, setelah itu dilakukan proses penghisapan oleh mesin vakum sehingga plastik membentuk cetakan sesuai keinginan, lalu tunggu proses pendinginan kemudian potong bagian yang diinginkan.

Suhu pemanasan dan ukuran cetakan dapat mempengaruhi hasil produk kemasan yang akan dicetak, Suhu yang melebihi atau kurang dari batas yang ditentukan dapat membuat kerusakan pada plastik sehingga mengalami kegagalan pembentukan.

5. Daftar Pustaka

- [1] Mujiarto, Imam. (2005). Sifat dan Karakteristik Material Plastik dan Bahan Adiktif. Semarang: AMNI Semarang.
- [2] Cenadi, C. S., 2000, Peranan Desain Kemasan Dalam Dunia Pemasaran, Jurnal Nirmala, Vol. 2, No. 1, Hal: 92-103.
- [3] Mukhtar, S. & Nurif M., 2015, Peranan *Packaging* Dalam Meningkatkan Hasil Produksi Terhadap Konsumen, Jurnal Sosial dan Humaniora, Vol. 8, No. 2, Hal: 181-191.
- [4] Herbert, R, 2001. *Understanding Injection Mold Design. 1st ed.* Cincinnati, USA: hanser Gardner Publications.
- [5] Birton, B. A. & Gergely, A., 2021, *Design and Implementation of Vacuum Forming Machine*, Acta Materialia Transylvania, Vol. 4, No. 2, Hal: 75-78.
- [6] Klein, P. (2009). *Fundamentals of plastics thermoforming. Synthesis Lectures on Materials Engineering*. Ohio University. The Morgan & Claypool Publisher.
- [7] Ghani, A. K., Yohana, E. & Wibowo, D. B. 2014, Mampu Bentuk Plastik Pada Proses Vacuum Forming Dengan Variasi Tekanan 0.979 bar, 0.959 bar, 0.909 bar Pada Temperatur 200oC, Jurnal Teknik Mesin S-1, Vol. 2, No. 2, Hal: 120- 128.
- [8] Lee, E. H., 2018, *A Review on Plastic Behavior Of Polymer Sheets and Forming Process*, Academic Journal of Polymer Science, Vol. 1, No.2, Hal: 44-47.
- [9] Widiati, A, 2019, Peranan Kemasan (*Packaging*) Dalam Meningkatkan Pemasaran Produk Usaha Mikro Kecil Menengah (UMKM) Di “Mas Pack” Terminal Kemasan Pontianak, Jurnal Audit dan Akuntansi, Vol 8, No. 2, Hal: 67-76.
- [10] Boser, L. M. (2003) *Thermoforming Manual and Troubleshooting Guide*. Warsaw: Spartech.
- [11] Behrens, B. A., Hubner, S., & Neumann, A., 2014, *Forming Sheets of Metal and Fibre-Reinforced Plastic To Hybrid Parts in One Deep Drawing Process*, Procedia Engineering 81, Hal: 1608-1614.