

Analisis kinerja mesin *vacuum forming* untuk material *plastic acrylonitrile butadiene styrene (abs)*

Performance analysis of vacuum forming machines for the plastic material *acrylonitrile butadiene styrene (abs)*

¹ Aji Nugraha, ² Dede Ardi Rajab & ³ Irwan Suriaman

Program studi teknik mesin, sekolah tinggi teknik mesin wastukencana

Corresponding author: ajinugraha.an58@gmail.com, Dedeardirajab@wastukencana.ac.id,

irwan@wastukencana.ac.id

Plastik ialah suatu bahan polimer (biasanya bahan organik) yang memiliki berat molekul tinggi yang berbentuk padat yang bila dipanaskan perlahan akan menjadi lunak dan dapat dibentuk serta dibentuk yang diinginkan. Tujuan penelitian ini adalah untuk membangun mesin *vacuum forming* hal ini memungkinkan kami untuk mengemas berbagai macam produk yang digunakan dalam industri rumah tangga maupun pabrik dan merancang mesin *vacuum forming* untuk memenuhi kebutuhan industri pada rumah tangga. Prinsip operasi *thermoforming* dan *vacuum* membentuk dan digunakan oleh kebanyakan usaha kecil dan menengah untuk berbagai macam kemasan produk. *Thermoforming* adalah suatu proses pembentukan dimana sifat-sifat film plastik berubah menjadi lunak dan fleksibel setelah melalui proses pemanasan lalu menggunakan tekanan atau penghisapan yang menyesuaikan bengan bentuk mold/cetakanya. Pembuatan mesin *vacuum forming* ini terdiri dari besi hollo 3x3, besi siku, papan palet, pipa besi 1inc, dan pipa besi 2inc. hasil dari pembuatan dari mesin *vacuum forming* ini meliputi beberapa tahapan suhu menggunakan bahan material plastik *acrylonitrile butadiene styrene (abs)*, kayu persegi digunakan untuk cetakan, dengan suhu pemanasan 60-90°C, Hasil pengujian maksimal diperoleh pada suhu 90°C dengan waktu pemvakuman 120 detik.

Kata kunci: *Vacuum forming*, *Thermoforming*, UKM, Plastik abs.

Plastic is a polymer material (usually an organic material) that has a high molecular weight in solid form which, when heated slowly, becomes soft and can be shaped as desired. The aim of this research is to build a vacuum forming machine. This will enable us to package a variety of products used in the home and factory industries and design a vacuum forming machine to meet the needs of the household industry. The operating principle of thermoforming and vacuum forming is used by most small and medium business for various types of product packaging. Thermoforming is a forming process where the properties of plastic fil change to become soft and flexible after going through a heating process and then using preassure or suction which adjust the shape of the mold. The vacuum forming machine consists of 3x3 hollow iron, angle iron, pallet board, 1inch iron pipe, and 2inch iron pipe. The result of the manufacture of this vacuum forming machine include several temperature stages using acrylonitrile butadiene styrene (abs) plastic material 1.5mm, square wood is used for the mold, with a heating temprature of 60-90°C, Maximum test result were obtained at a temperature of 90°C with a vacuum time 120 second.

Keywords: Vacuum forming, Thermoforming, UKM, Plastic abs.

1 Pendahuluan

. Penggunaan plastik tidak bisa terlepas dari kehidupan kita sehari-hari, mulai berawal dari peralatan makan, botol minum, mainan, furniture, perangkat elektronik sampai pembungkus suatu produk suku cadang kendaraan. Selain sifat plastik yang praktis untuk dibentuk, ringan, kuat, tahan karat dan sebagai isolator listrik yang baik, beberapa plastik mempunyai sifat fisik yang bening dan gelap. (Mujiarto, 2005) hingga saat ini plastik menjadi semakin populer di kalangan industry manufaktur maupun di industry UKM di bidang pengemasan. Jika dibandingkan dengan bahan lainnya seperti, kertas, dan dedaunan, karna plastik ringan, ketahan ausan yang sangat tinggi, membuat terlihat lebih bagus, dan mudah untuk di produksi. Property yang terpenting dari plastik adalah biaya produksi terbilang rendah dan itu menjadikan plastik sangat berharga diketimbangkan dengan dua bahan tadi yaitu, kertas, dan

dedaunan.

2 Kajian Pustaka

2.1. Vacuum forming

Mesin *vacuum forming* merupakan mesin yang menggunakan metode *thermoforming* dalam proses pembentukan lembaran plastik menjadi suatu produk, mesin ini vacuum ini cocok digunakan untuk usaha kecil menengah karena hanya membutuhkan tekanan yang rendah yaitu kurang dari dan tidak membutuhkan peralatan yang banyak seperti kebanyakan proses pembentukan plastik lainnya sehingga tidak membutuhkan biaya yang terlalu besar. Akan terlihat bagus dari luar lihat gambar 1.

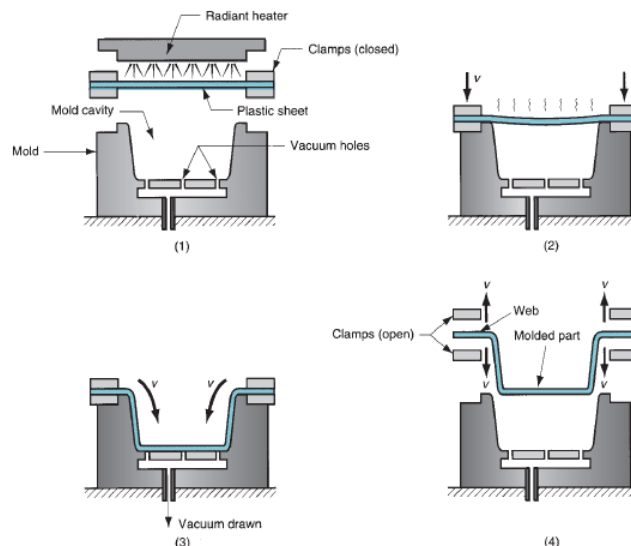


Gambar 1 Contoh Produk Vacuum Forming

Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada gambar 2.1 terlihat pada proses ini plastik lembaran di angkat keatas untuk mengalami pemanasan kemudian di bentuk sesuai dengan mouldnya dengan menggunakan bantuan hisapan dari *vacuum*.

2.2. Vacuum Thermoforming

Vacuum thermoforming adalah dimana metode produksi lembaran plastik yang telah dipanaskan ditarik masuk kedalam cetakan dengan menggunakan *vacuum* mengisap dengan dilakukan menghasilkan lingkungan didalam cetakan yang kosong dari udara. Proses penghisapan udara dilakukan dengan menggunakan mesin untuk mengalirkan udara melalui lubang-lubang kecil dalam cetakan sehingga dapat dilakukan dengan sangat efisien dan cepat.



Gambar 2 Vacuum Thermoforming

Bahwa untuk alat-alat ini, Standarisasi dimaksudkan untuk melindungi pengguna dari resiko kerusakan atau kegagalan alat, karena alat beroperasi pada suhu dan tekanan yang tinggi. Didalam standar mekanik, terdapat dua macam kelas *vacuum thermoforming*, yaitu:

1. Kelas 1, yaitu untuk peraalatan yang bekerja dengan kondisi berat, misalnya untuk system dan minyak dan mesin yang berat.
2. Kelas 2, yaitu yang dibuat untuk general purpose, dengan didasarkan pada segi ekonomis dan ukuran kecil, digunakan untuk proses-proses umum system industri maupun Ukm.
 prinsip kerja *vacuum forming* adalah memidahkan panas dari dua fluida ke sistem yang berbeda dimana perpindahan panas dapat dilakukan secara langsung maupun tidak langsung.
 A. Dalam kontak langsung, panas dipindahkan antara batangan panas yaitu tidak ada sekat antara kedua benda. Perpindahan panas terjadi melalui radiasi Misalnya : aliran uap kontak langsung.

2.3. Plastik Abs

Acrylonitrile butadiene styrene (abs) adalah suatu jenis plastik yang terbuat dari gabungan tiga bahan kimia yaitu *acrylonitrile*, *butadiene*, dan *styrene* yaitu sekelompok thermoplastik yang terdiri dari tiga monomer pembentuk. Acrylonitrile memiliki sifat yang tidak mudah terpengaruh oleh zat kimia dan dapat bertahan dalam suhu tinggi, Butadiene menghasilkan sifat peningkatan pada kekuatan pukulan dan kekerasan. Dan semenra itu styrene memiliki sifat kekakuan yang dapat diandalkan serta mudah untuk dibentuk bila pada suhu panas. Jumlah karakteristik kualitas pada plastic abs itu beragam, termasuk kekilapan yang berbeda-beda tinggi hingga rendah dan dari yang memiliki ketahanan benturan, yaitu Gradien Abs memiliki sifat yang dapat memadamkan api diperoleh dengan penambahan zat adiktif, trasparan Abs memiliki sifat mampu menahan pada suhu tinggi dan tahan terhadap radiasi UV.

Tabel 1 Transisi Polimer

POLYMER	Glass Transition Temperature [°F(C)]	Melting Temperature [°F(C)]	Heat Distortion Temperature 66 psi (0,46 N/mm²) [°F(C)]
Polystrene	(2004)	- (-)	155-204 (68-96)
PMMA	212 (200)	- (-)	165-235 (74-113)
PMMA/PVC	221 (105)	- (-)	177 (81)
ABS	190-248 (88-120)	200 - 280	170-235 (77-113)
Polycarbonate	300 (150)	- (-)	280 (138)
Rigit PVC	170 (77)	- (-)	135-180 (52-82)
PETG	180 (82)	- (-)	158 (70)
LDPE	-13 (-25)	239 (115)	104-112 (40-44)
HDPE	-148 (-100)	273 (134)	175-196 (79-91)
Cellulose Acetate	158,212 (70,100)	445 (230)	125-200 (52-93)
Polypropylene	41 (5)	334 (168)	225-250 (107-121)
Copolymer	-4 (-20)	302-347 (150-175)	185–220 (85 –104)
Polypropylene			
PET	158 (70)	490 (225)	120 (49)

2.4 Rumus Perpindahan Panas Konduksi

Konduksi merupakan perpindahan panas pada proses perpindahan benda padat. Beberapa benda padat tersebut dapatmemindahkan panas dengan baik. Benda padat yang mampu memindahkan panas disebut konduktor.

$$Q = \frac{K \cdot A \cdot \Delta t}{L} \dots\dots\dots 2.1$$

L

Keterangan

$\Delta t =$ Perubahan suhu ($t_1 - t_2$)

K = Koefiesien Konduksi (J/mK)

A = Luas penampang (m^2)

L = Panjang batang (m)

2.5 Rumus Perhitungan Daya Heater

Dalam mesin *vacuum forming* untuk melakukan pemanasan pada material plastik tersebut. *Heater* menghasilkan panas saat arus listrik yang melewatinya. Perhitungan daya listrik *heater* yaitu :

$$I = \frac{V}{R} \dots\dots\dots 2.2$$

Keterangan

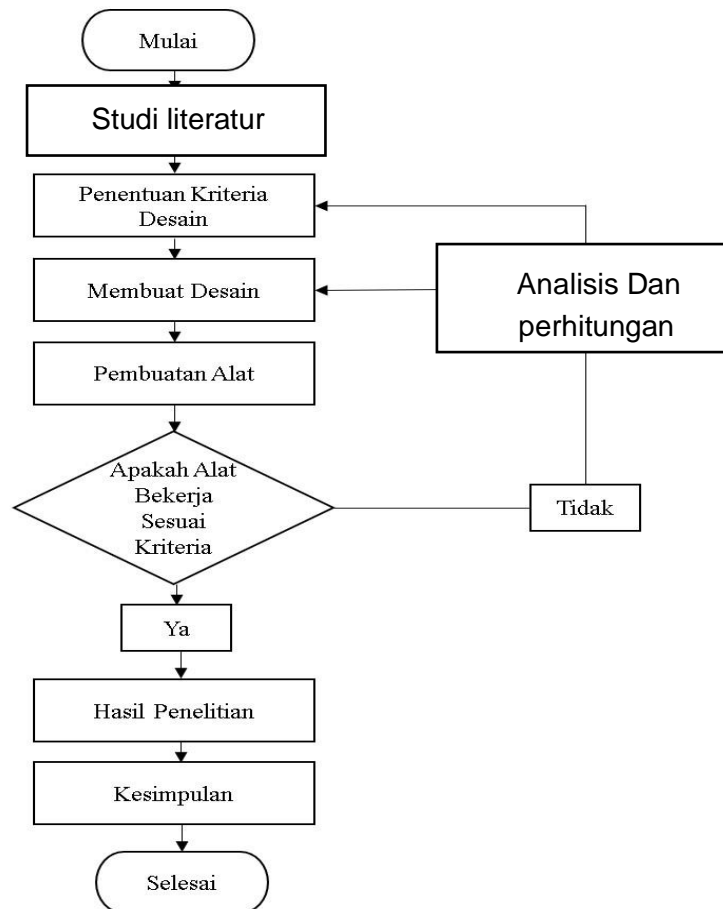
I = Kuat Arus (A)

V =Tegangan (Volt)

R = Hambatan (Ohm)

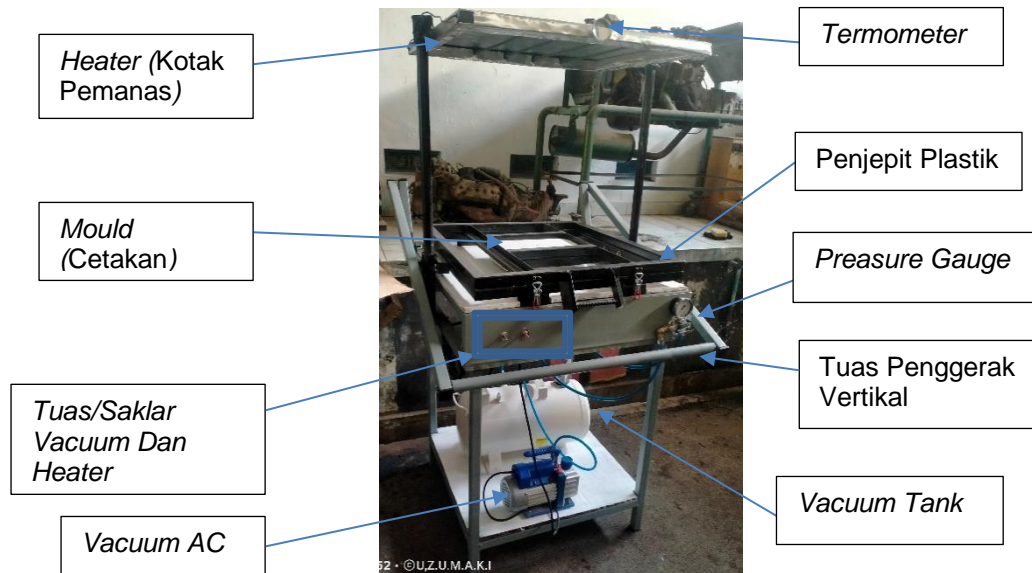
3 Metode

3.1. Diagram Alir



Gambar 3 Diagram Alir.

3.2. Desain Alat, Spesifikasi Alat, Dan Prinsip Kerja Alat



Gambar 4 Mesin *Vacuum Forming* yang digunakan

Pada pengujian ini mesin yang digunakan untuk membuat kemasan plastik yang ditunjukkan pada gambar 4 diatas. Dan mesin ini terbagi menjadi beberapa bagian diantaranya :

a. *Vacuum Cleaner*

Pada penelitian ini digunakan untuk menghisap udara 1putaran, mesin vacuum ac ini memiliki spesifikasi daya 185watt, tegangan 220V yang berkekuatan hisap sebesar ¼HP.

b. Kotak Pemanas (*Heater*)

Pada kotak pemanas pada mesin ini digunakan untuk sesi pemanasan plastik sebelum ke proses penbentukan. Kotak pemanas (*Heater*) ini berukuran panjang 750mm, lebar 50mm, tinggi 30mm, dengan lubang untuk menyangga tiang Ø35mm. didalam kotak pemanas ini berisikan heater tubular sebanyak 5 batang yang dirangkai secara paralel dengan daya 300-500watt sebagai elemen pemanasnya dan 1 buah thermometer untuk pengingat suhu panasnya.

c. *Heater tubular*

Heater ini merupakan yang menggunakan jenis batangan Panjang yang ukurannya 500mm, sebagai sumber pemanas bagi plastik dari proses di kotak pemanas, daya dari heater ini 300-500watt 220V.

d. *Thermometer*

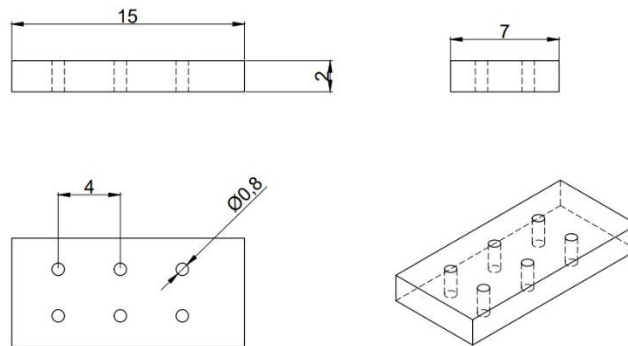
Thermometer ini berfungsi sebagai pengingat suhu yang akan di inginkan sesuai kebutuhan yang dibutuhkan dan thermometer ini dapat mencapai suhu awal 50-300°C.

e. *Vacuum Tank*

Tabung Kompresor yang berkapasitas 25 lt, dan mampu menekan angin sebesar 8 bar ini berfungsi untuk menghasilkan udara bertekanan dengan cara menghisap dan memampatkan udara tersebut kemudian di simpan di dalam tanki udara untuk di suplai kepada pemakai (sistem pemvacuuman).

3.3. Cetakan yang digunakan

Cetakan yang digunakan ini berbentuk persegi panjang dengan ukuran, Panjang 15 mm, Lebar 7 mm, tinggi 2 mm, dan diberi lubang Ø0,8 dengan jara kantar lubang 4 mm untuk memudahkan proses lewat jalur angin pada saat proses pemvacuuman, dan cetakan ini disetiap sudutnya dibuat secara lancip membuat sudut 90° untuk mengetahui apakah plastik dapat mampu terbentuk terhadap cetakan yang memiliki sudut 90°. Lihat gambar 5.



Gambar 5 Cetakan Persegi panjang

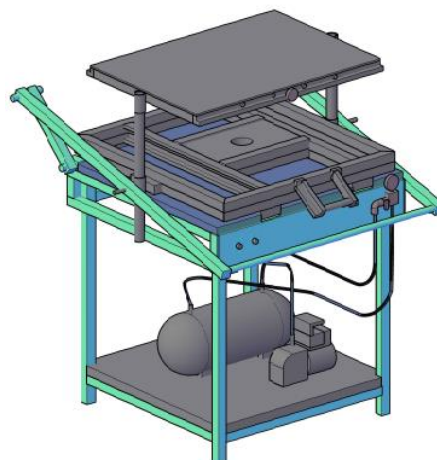
3.4 Tahap Pengujian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan proses mesin *vacuum forming*. Cetakan yang digunakan terbuat dari kayu kaso. Panas yang di berikan dari elemen pemanas dengan daya 500watt dan proses vacuum digunakan vacuum cleaner dengan 1 putaran. Tahapan pengujiannya sebagai berikut.

- Jenis plastik yang digunakan ini berjenis plastik abs (*acrylonitrile butadiene styrene*) berbentuk lembaran berwarna hitam doff yang memiliki ketebalan 1,5mm.
- Menentekkan ukuran lembaran plastik yang sesuai dengan cetakan berukuran 200mm x 250mm pada plastik abs berwarna hitam doff.
- Melakukan juga setting suhu yang digunakan adalah empat variasi suhu heater tubular di 60°, 70°, 80°, dan 90°.
- Melakukan pemvakuman pada plastik yang sudah dipanaskan dengan waktu 120detik
- Melakukan 4 percobaan suhu pada plastik dengan ketebalan 1,5 mm.
- Melakukan analisa berdasarkan kualitas produk yang dihasilkan dari mesin *vacuum forming* plastik seperti bentuk pada cetakan memiliki sudut 90°, dan ketajaman sama dengan cetakannya.

3.5 Set Up Alat Mesin Vacuum Forming Plastik

- Menyambungkan mesin *vacuum forming* plastik ke aliran listrik 220V



- Masukan plastik lembaran abs kedalam *frame* cetakan
- Kemudian jepit dengan 2 *clamp*.

Gambar 6 mesin *vacuum forming*

- d) Angkat tuas keatas secara vertikal dan untuk mengalami proses pemanasan agar terjadinya deformasi pada plastik.
- e) Masukkan cetakan yang akan ingin digunakan.
- f) Hidupkan/on saklar heater dan *vacuum cleaner*.
- g) Tunggu sampai keadaan plastik abs sampai pada tekstur yang kenyal, suhu yang sudah ditentukan.
- h) Bila sudah menunjukkan pada suhu yang ditentukan, Tarik Kembali tuas kebawah utnuk dilakukannya proses pemvakuman.
- i) Buka kran pemvakuman agar teradinya proses penghisapan di antara lubang mould dan plastik sehingga terjadi pembentukan yang sesuai dengan cetakan.

4 Hasil dan Pembahasan

4.1. Analisis

- Perpindahan Panas Secara Konduksi

$$\begin{aligned}
 Q &= \frac{K \cdot A \cdot \Delta t}{L} \\
 &= \frac{19 \cdot 78,5 \cdot 200}{50} \\
 &= \frac{258.020}{200} \\
 &= 1,290 \text{ Kall}
 \end{aligned}$$

Dimana

Δt = Perubahan suhu ($t_1 - t_2$)

L = Panjang batang heater (m)

K = Koefesien Konduksi (J/mK)

- Daya yang dibutuhkan untuk daya *Heater Tubular*

$$\begin{aligned}
 I &= \frac{V}{R} \\
 &= \frac{220}{75,5} \\
 &= 2,9 \times 4 = 11,6 \text{ A} \\
 &= 11,6 \times 220 = 225 \text{ watt}
 \end{aligned}$$

Jadi mesin ini menggunakan 4 heater tubular, jadi totalnya
 $2,9 \times 4 = 11,6 \text{ A}$ dan $220 \times 11,6 = 225 \text{ watt}$

Dimana

I = Kuat Arus (A)

V = Tegangan (V)

R = Hambatan (Ohm)Laju air massa percobaan

4.2 Hasil Pengujian Bentuk Plastik berbentuk persegi di ketebalan 1,5 mm

Pada hasil pengujian dengan ketebalan 1,5 mm Ketika suhu pemanasan disetel pada suhu 60° dapat terbentuk hingga gambar ke 7 kurang membentuk seperti cetakannya dan sudut tidak membentuk siku, setelah itu plastik mulai mengalami pelebaran. Lalu pada suhu 70° plastik sudah mulai bisa dibentuk mencapai gambar ke 8, dan memasuki gambar ke 9 plastik semakin melebar. Hasil yang menyerupai juga ditunjukkan pada pengujian plastik dengan suhu 80° dan 90° plastik dapat terbentuk dengan sempurna menyerupai cetakannya dan menyudut siku 90° hingga gambar ke 10. waktu pemvakuman rata 120 detik pada setiap suhunya.



Gambar 11 Hasil Produk

4.3 Hasil Analisa Produk

Pada percobaan yang telah dilakukan menggunakan mesin vacuum forming plastik ini dengan parameter di pemanasan pada suhu 90°, waktu pemvakuman 120detik. dari hasil pengujian yang dilakukan terhadap plastik abs (*Acrylonitrile Butadiene Styrene*) untuk ukuran plastik 200 x 250 mm dan tebal plastik 1.5 mm mendapatkan hasil bentukan cetakan pada keempat sudut 90° yang sempurna dengan *vacuum* hisap ¼hp.

4.4 Hasil Produk *Vacuum Forming*



Gambar 12 Hasil produk mesin *vacuum forming*

5. Kesimpulan

Penelitian ini melakukan percobaan mesin *vacuum forming* plastik dengan pengaplikasian pada plastik abs (*Acrylonitrile Butadiene Styrene*) dengan varian pada setiap suhunya hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa:

1. Pada pengujian plastik dengan material plastik abs dengan macam suhu, diperoleh mampu mebentuk plastik yang berbeda-beda pada setiap suhunya.

2. Pada proses pembentukan plastik dengan cetakan persegi Panjang dengan berbagai variasi suhu dengan ketebalan plastic 1,5 mm diperoleh kesimpulan bahwa pemanasan suhu sangat berpengaruh terhadap hasil pada pembentukan itu sendiri .
3. Berdasarkan hasil pengujian dari mesin forming plastik ini diperoleh hasil cetakan maksimal terbaiknya untuk mencetak material plastik jenis abs dengan ketebalan 1,5 mm berada pada pemanasan suhu 90° dengan waktu pemvakuman 120 detik.

Referensi

- Mujiarto & Imam (2005). Sifat dan karakteristik material plastik dan bahan adiktif.
- Cahyadi D. (2017). Potensi Industri Produk Plastik Berbasis Industri Rumah Tangga dengan Alat Vacuum Forming Sederhana. In Seminar Nasional LP2M UNM.
- Klein, P. W. (2009) Fundamentals of Platics Thermoforming, Journal of Experimental Psychology: General. Morgan & Claypool Publishers.
- Muralisrinivasan, N. S. (2010). Update on troubleshooting in thermoforming.
- nusyirwan (2017). Rekayasa mesin thermoforming vacuum Padang: Politeknik Negeri Padang
- JMPM: Jurnal Material dan Proses Manufaktur-Vol.1, No.2, 87-95, Desember 2017
<http://journal.umy.ac.id/index.php/jmpm>.
- Perancangan Mesin Thermoforming Untuk Produk Tutup Plastik Cup Prosiding SEMNASTERA (Seminar Nasional Teknologi dan Riset Terapan) Politeknik Sukabumi, 20 Oktober 2020.
- 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, Vol. 2, No. 2, Tahun 2014 Online: <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jtm>..
- ANALISA PENGARUH VARIASI TEKANAN DAN TEMPERATUR TERHADAP KESENJANGAN VOLUME PEMBENTUKAN POLIKARBONAT PADA PROSES VACUUM FORMING DENGAN METODE TAGUCHI JURNAL JMMME, Desember 2021, Vol 1.
- Manembah, HS. & Prasetya, S (2018). Rancang Bangun Sistem Otomatisasi Pada Mesin Vacuum Forming. Seminar Nasional Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Hal 103-110.
- PERANCANGAN MESIN VACUUM FORMING UNTUK MATERIAL PLASTIK POLYSTYRENE (PS) DENGAN UKURAN MAKSIMAL CETAKAN 400x300x150 (mm³) JMPM: Jurnal Material dan Proses Manufaktur-Vol.1, No.2, 87-95, Desember 2017
<http://journal.umy.ac.id/index.php/jmpm>.
- Mervat. et al. (2010). Plastic Injection Technology. Shoubra : Faculty of Engineering, Benha University.
- ISSN 2085-2762 Seminar Nasional Teknik Mesin POLITEKNIK NEGERI JAKARTA.
- M. Prakash, P. S. Mahadeo, N. G. Vitthal, D. Ramchandra, and G. P. Ashok, "Design & Development of Vaccum Forming Machine," no. 1, pp. 20–24, 2016