

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

*Abdul Ghani K¹, Eflita Yohana², Dwi Basuki Wibowo²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

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

*Email: ghanikautsar@gmail.com

Abstrak

Plastik saat ini telah banyak menggantikan perlengkapan-perengkapan manusia yang terbuat dari bahan logam, gelas dan kayu. Ini karena plastik mempunyai beberapa keunggulan antara lain sifatnya yang mudah dibentuk, ringan, kuat, tahan karat, sebagai isolator listrik yang baik dan tentunya mempunyai nilai ekonomis yang tinggi. Pada proses pengerjaannya ada beberapa metode yang digunakan, tetapi yang sering digunakan adalah metode *thermo forming*. Salah satu dari metode *thermo forming* yang sederhana adalah *vacuum forming*. Pada dasarnya metode ini dilakukan dengan memberikan perlakuan panas pada lembaran plastik hingga plastik menjadi lunak (tidak mencapai titik leleh) kemudian dibentuk pada cetakan sesuai yang dikehendaki dengan memberikan tekanan vakum. Ada beberapa parameter yang menentukan kualitas dari hasil cetakan plastik pada proses *vacuum forming* antara lain, jenis plastik dan ketebalan plastik yang digunakan, temperatur pemanasan dan tekanan vakum yang digunakan. Pada penelitian kali ini sebagai bahan uji digunakan lembaran plastik dengan jenis *polyethylene terephthalate* (PET) berukuran 30 cm x 34 cm dengan ketebalan 0,25 mm dan 0,35 mm. Untuk temperatur pemanasan diset pada temperatur konstan sebesar 200°C. Dan untuk mencetak plastik dengan kualitas terbaik digunakan tekanan vakum yang divariasikan menjadi 4 variasi tekanan vakum yaitu; 0,979 bar, 0,959 bar, 0,929 bar dan 0,909 bar. Dari hasil penelitian diperoleh tekanan vakum terbaik untuk mencetak plastik dengan tebal 0,25 mm adalah 0,909 bar dan hasil yang sama juga di peroleh untuk plastik dengan ketebalan 0,35 mm yaitu untuk tekanan terbaiknya adalah 0,909 bar.

Kata Kunci: *thermo forming*, *vacuum forming*, kualitas hasil cetakan

Abstract

Plastics today have largely replaced human equipments made of metal, glass and wood. This is because the plastic has some superiority among others, it is easily molded, lightweight, strong, corrosion resistant, as a good electrical insulator and must have a high economic value. In the course of the work there are several methods that are used, but that is often used is the method of *thermo forming*. One of the *thermo forming* methods a simple is *vacuum forming*. Basically this is done by providing a method of heat treatment on the plastic sheet until plastic becomes soft (do not reach the melting point) then formed on the mold according to the desired by providing a vacuum pressure. There are several parameters that determine the quality of the printout on the plastic *vacuum forming* process, among others, the type of plastic and the thickness of the plastic used, the heating temperature and vacuum pressure are used. In the present study the test material used plastic sheets to the type of *polyethylene terephthalate* (PET) measuring 30 cm x 34 cm with a thickness of 0.25 mm and 0.35 mm. For the heating temperature is set at a constant temperature of 200 °C. And for molding best quality plastics used vacuum pressure was varied into 4 variation of vacuum pressure that is; 0.979 bar, 0.959 bar, 0.929 bar and 0.909 bar. The results were obtained for the best vacuum pressure molding for plastics with 0.25 mm thick is 0.909 bar and the same result was also obtained for the plastic with a thickness of 0.35 mm which the best pressure is 0.909 bar.

Keyword: *thermo forming*, *vacuum forming*, quality of the plastic formed

1. PENDAHULUAN

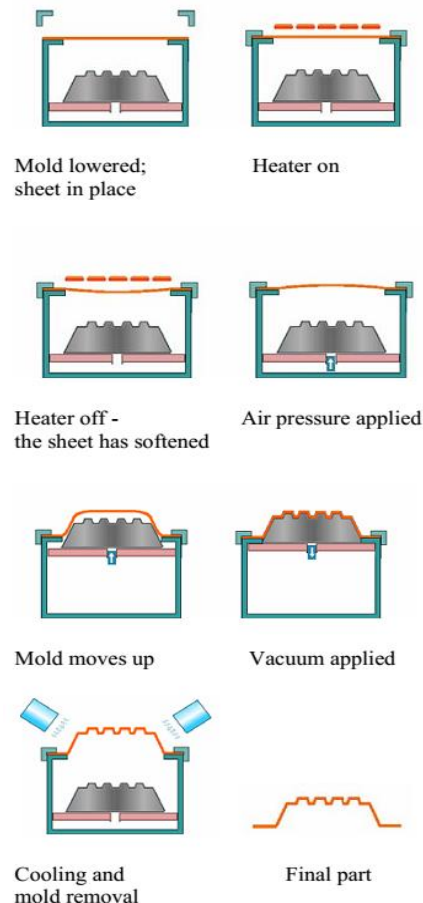
Saat ini penggunaan plastik tidak bisa terlepas dari kehidupan kita sehari-hari, mulai dari peralatan makan, botol minuman, mainan, *furniture*, perangkat elektronik hingga pembungkus suatu produk. Selain sifat plastik yang mudah dibentuk, ringan, kuat, tahan karat dan sebagai isolator listrik yang baik, beberapa plastik mempunyai sifat fisik yang transparan. Ini sangat berguna untuk penggunaan plastik sebagai bahan pembungkus suatu produk, karena dengan pembungkus yang transparan dan mempunyai bentuk menyerupai produk yang dibungkus, produk yang ditampilkan

akan semakin menarik karena dapat langsung dilihat dari luar (lihat pada Gambar 1). Untuk membentuk plastik dengan bentuk tertentu sebagian besar menggunakan metode *thermo forming* dengan sistem *vacuum forming*.



Gambar 1. Contoh Produk *Vacuum Forming* [1]

Agar lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 2, pada proses ini lembaran dipanaskan kemudian dibentuk sesuai dengan cetaknya dengan bantuan tekanan vakum. Proses pembentukannya dipengaruhi oleh beberapa parameter seperti: temperatur pemanasan, jenis dan ketebalan plastik dan tekanan vakum yang digunakan.



Gambar 2. Proseses *Vacuum Forming* [2]

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan Anggoro Adriyanto pada tahun 2013, dikatakan bahwa temperatur pemanasan berpengaruh terhadap kualitas hasil cetakan plastik pada proses *vacuum forming*. Dan didapatkan temperatur terbaik untuk mencetak plastik PET dengan tebal 0,25 mm dan 0,35 mm adalah 200°C. Pada penelitian kali ini parameter yang digunakan untuk menguji kualitas hasil cetakan plastik pada proses *vacuum forming* adalah variasi tekanan vakum pada proses pencetakannya. [3]

Adapun tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut: 1. Mencari mampu bentuk plastik setelah dilakukan pengujian pemanasan dan penekanan pada cetakan dengan memvariasikan tekanan vakum dan ketebalan plastik. 2. Mencari tekanan vakum optimum untuk setiap ketebalan plastik yaitu 0,25mm, dan 0,35mm. 3. Rancang bangun mesin pembentuk plastik dengan proses *vacuum forming* untuk keperluan *packaging* produk ukuran kecil.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Desain alat, Spesifikasi Alat, Dan Prinsip Kerjanya



Gambar 3. Mesin Vacuum Forming yang digunakan

Pada pengujian ini alat yang digunakan untuk mencetak plastik ditunjukkan seperti pada Gambar 3. Alat ini terbagi menjadi beberapa bagian di antaranya :

a. Vacuum Chamber

Vacuum chamber ini berukuran panjang 340 mm, lebar 300 mm, dan tinggi 210 mm. *Vacuum chamber* ini digunakan untuk menaruh cetakan atau *mold* yang akan dibentuk dan diletakkan dibagian atas. Di bagian atas *vacuum chamber* ini terdapat lubang-lubang yang berdiameter 1 mm dengan jarak 10 mm antara satu lubang dengan lubang yang lainnya. Fungsi lubang tersebut adalah sebagai jalannya udara yang akan divacuum melalui *vacuum chamber* tersebut.

b. Kotak Pemanas

Kotak pemanas pada mesin ini digunakan untuk memanaskan plastik yang akan dibentuk sebelum dilakukan proses pencetakan. Kotak ini berukuran panjang 340 mm, lebar 300 mm, dan tinggi 210 mm. Didalam kotak ini terdapat 3 batang heater yang dirangkai paralel dengan daya 300 watt sebagai elemen pemanas dan sebuah *thermostat* sebagai pengatur suhu.

c. Vacuum Cleaner

Pada penelitian ini menggunakan empat variasi tekanan vakum yang diperoleh dari memvariasikan bukaan katup dari *vacuum cleaner*. Dan diperoleh tekanan masing-masing untuk bukaan katup $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$, dan bukaan penuh adalah 0,979 bar, 0,959 bar, 0,929 bar dan 0,909 bar. *Vacuum cleaner* ini mempunyai spesifikasi berdaya 900 watt, 220 volt.

d. Heater

Heater ini merupakan elemen pemanas yang ada pada kotak pemanas dan sebagai sumber panas dari kotak pemanas tersebut. Heater ini berdaya 300 watt, 220 volt.

e. Thermostat

Thermostat berfungsi sebagai pengatur suhu yang akan disetting sesuai kebutuhan yang diperlukan. *Thermostat* ini dapat disetting dari mulai suhu 50 derajat sampai 300 derajat dengan variasi kenaikan setiap 10 derajat.

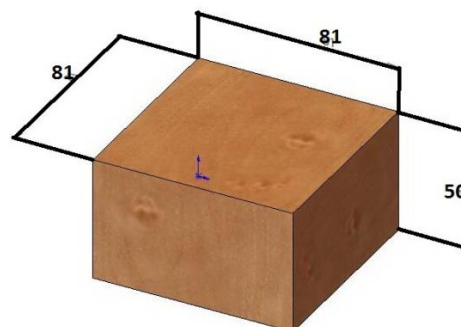
f. Penjepit Plastik

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

2.2 Mold (cetakan) Yang Digunakan

2.2.1 Cetakan Berbentuk Kotak Persegi

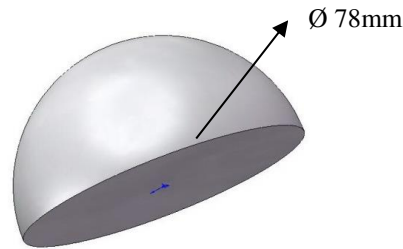
Mold atau cetakan ini berukuran panjang 81 mm, lebar 81 mm, dan tinggi 50 mm seperti pada Gambar 4. *Mold* ini sengaja dibuat seperti ini untuk mengetahui apakah plastik dapat mampu terbentuk terhadap *mold* (cetakan) yang memiliki sudut-sudut yang tajam dan tinggi.



Gambar 4. Cetakan Berbentuk Persegi

2.2.2 Cetakan Berbentuk Setengah Bola

Mold atau cetakan ini berukuran diameter 78 mm seperti pada Gambar 5. *Mold* ini sengaja dibuat seperti ini untuk mengetahui apakah plastik dapat mampu bentuk terhadap *mold* yang berbentuk membulat seperti bola.



Gambar 5. Cetakan Berbentuk Setengah Bola

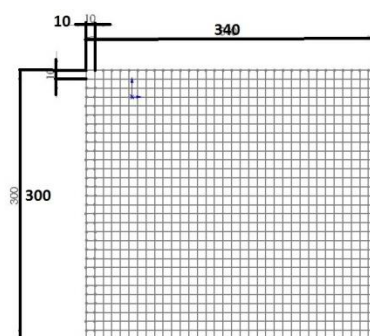
2.3 Tahapan Pengujian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan proses *vacuum forming*. *Mold*/cetakan yang digunakan ada dua terbuat dari kayu dengan bentuk persegi dan setengah bola. Panas yang diberikan disuplai dari elemen pemanas dengan daya 900 watt dan untuk proses vakum digunakan *vaccum cleaner* dengan empat variasi tekanan. Tahapan pengujiannya adalah sebagai berikut.

- Menentukan jenis plastik yang akan digunakan yaitu PET (*polyethylene terephthalate*) berbentuk lembaran dengan ketebalan 0,25 mm dan 0,35 mm.
- Menentukan ukuran lembaran plastik dengan ukuran 340 mm x 300 mm.
- Membuat *grid* dengan ukuran 10 mm x 10 mm pada permukaan plastik.
- Melakukan setting suhu pengujian pada 200°C (berdasarkan hasil pengujian sebelumnya).
- Melakukan setting tekanan dengan 4 variasi tekanan yang berbeda yaitu; 0,979 bar, 0,959 bar, 0,929 bar dan 0,909 bar.
- Melakukan percobaan sebanyak 4 kali untuk setiap ketebalan plastik dengan tekanan vakum yang berbeda. Percobaan dilakukan dengan meletakkan plastik lembaran pada penjepit plastik, kemudian dipanaskan dengan temperatur sesuai ketebalan plastik dan melakukan pemvakuman menggunakan beberapa variasi tekanan vakum.
- Melakukan analisa hasil berdasarkan kualitas produk yang dihasilkan, seperti: bentuk *grid* yang mengalami *stretching* dan mengalami deformasi.

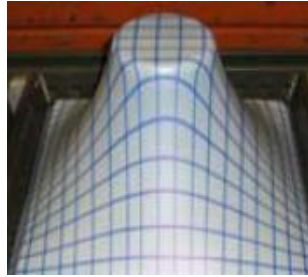
2.4 Metode Pengukuran Kualitas Produk Cetakan

Penentuan kualitas produk disini didasarkan kepada ketepatan bentuk dan dimensi plastik yang tercetak dengan bentuk dan dimensi *mould*. Untuk mengetahui perbedaan bentuk dan dimensi tersebut sebelum dicetak diberi *grid*/garis dengan ukuran 10mm x 10mm seperti pada Gambar 6 berikut.



Gambar 6. Ukuran *Grade* Plastik

Pemberian *grid*/garis ini bertujuan agar setelah dilakukan proses pencetakan deformasi atau perubahan bentuk pada plastik dapat diketahui bagian yang terjadi perubahan/deformasi yang paling besar yang terjadi pada plastik tersebut. Dapat dilihat pada plastik setelah dilakukan proses *vaccum forming* dari perubahan bentuk *grade* terhadap cetakan seperti pada Gambar 7 berikut.



Gambar 7. Perubahan/Deformasi [4]

Metode pengukuran kualitas pada plastik yang tercetak dilakukan dengan metode perbandingan luasan, pengukuran luas (panjang x lebar) dihitung di setiap perpotongan (*perslice*) dari permukaan atas cetakan sampai kebawah dengan jarak *perslice* yaitu 5 mm, kemudian hasil perhitungan luasan pada plastik cetakan dibandingkan dengan luasan pada *mold* dan dijadikan persentase. Presentase ini sebagai acuan pengukuran kualitas pada plastik yang dicetak, semakin besar *presentase* maka semakin tinggi kepresisiannya atau bentuk dan dimensi plastik sama dengan bentuk cetaknya. Di sini persentase ideal untuk pembentukan plastik adalah sebesar 95%, karena pada presentase ini dimensi plastik cetakan hampir sama dengan dimensi cetaknya.

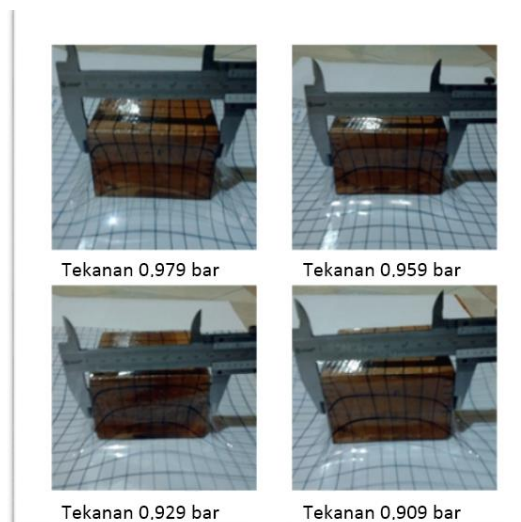
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengujian Plastik Bentuk Persegi

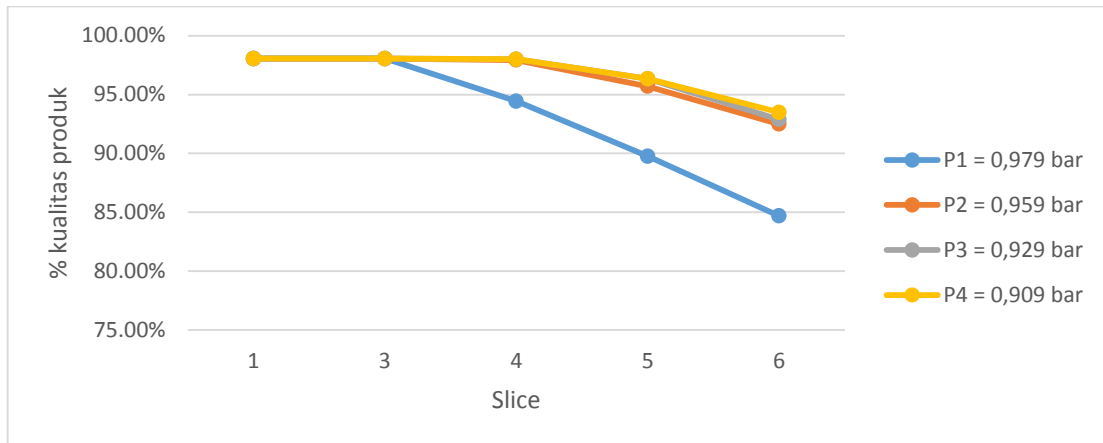
Pada pengujian plastik dengan bentuk persegi, *mold*/cetakan yang digunakan terbuat dari kayu dengan dimensi panjang x lebar x tinggi sebesar 81 mm x 81 mm x 50 mm. Penentuan kualitas produk berdasarkan pada perbandingan hasil pengukuran antara luasan *mold*/cetakan dengan luasan produk hasil cetakan. Untuk luasan *mold*/cetakan mulai dari slice pertama hingga slice ke-enam mempunyai besar yang sama yaitu 81 mm x 81 mm = 6561 mm².

3.1.1 Hasil Pengujian Plastik Bentuk Persegi Tebal 0,25 mm

Dapat dilihat Pada Gambar 8 Pada pengujian plastik dengan tebal 0,25 mm ketika tekanan diset pada tekanan 0,979 bar plastik dapat terbentuk hingga *slice* ke-3, setelah itu plastik mulai mengalami pelebaran. Pada tekanan 0,959 bar plastik sudah mulai dapat dibentuk mencapai *slice* ke-4 dan memasuki *slice* ke-5 plastik semakin melebar. Hasil yang hampir sama juga ditunjukkan pada pengujian plastik dengan tekanan 0,929 bar dan 0,909 bar, plastik dapat terbentuk hingga *slice* ke-5.



Gambar 8. Plastik 0,25 mm berbentuk persegi pada masing-masing suhu

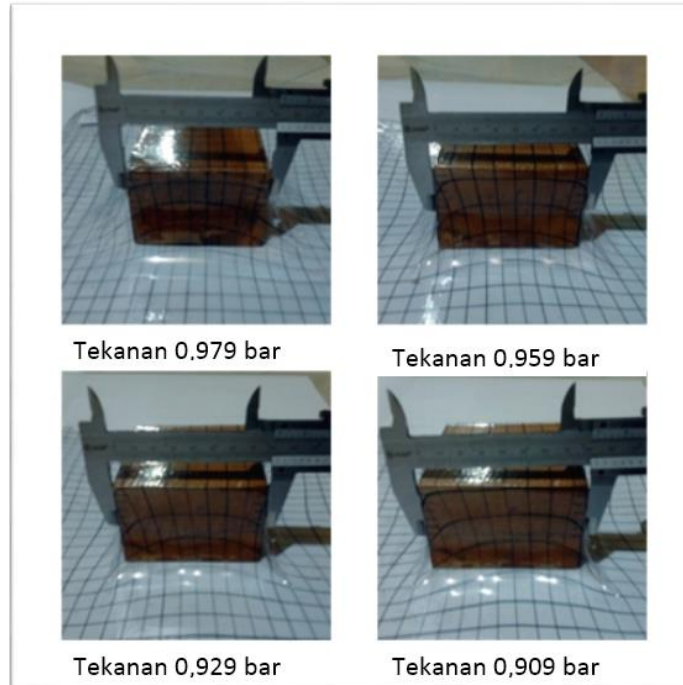


Gambar 9. Grafik kualitas plastik tebal 0,25 mm berbentuk persegi

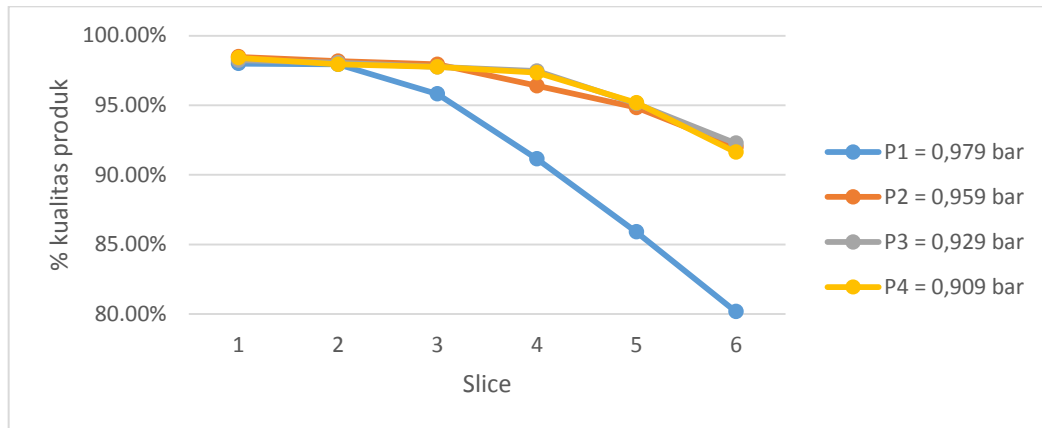
Terlihat pada Gambar 9 Grafik kualitas plastik dengan tebal 0,25 mm, untuk tekanan 0,979 bar hasil cetakan plastik mempunyai bentuk yang ideal hingga slice ke-3 dan memasuki slice ke-4 grafik kualitas plastik mengalami penurunan hingga slice ke-6. Selanjutnya dapat dilihat untuk grafik kualitas plastik dengan tekanan 0,959 bar, 0,929 bar dan 0,909 bar mempunyai bentuk grafik yang hampir sama yaitu, plastik mempunyai bentuk yang ideal hingga slice ke-5 dan setelah itu plastik mengalami pelebaran atau mengalami penurunan kualitas plastik pada slice ke-6. Pelebaran ini terjadi karena pada slice ke-6 merupakan jarak terjauh dari permukaan *mold* (30mm) sehingga tekanan yang dibutuhkan untuk mencetak kurang besar atau relatif kecil.

3.1.2 Hasil Pengujian Plastik Bentuk Persegi Tebal 0,35 mm

Hasil dari pengujian plastik dengan tebal 0,35 mm dapat dilihat pada Gambar 10 plastik dengan tekanan 0,979 bar plastik dapat terbentuk hingga slice ke-2 saja. Pada tekanan 0,959 bar hasil cetakan mampu terbentuk hingga slice ke-4 dan memasuki slice ke-5 plastik mulai melebar. Hasil cetakan plastik dengan tekanan 0,929 bar dan 0,909 bar hampir sama dengan kemampuan plastik terbentuk hingga slice ke-5. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Plastik 0,35 mm berbentuk persegi pada masing-masing suhu



Gambar 11. Grafik kualitas plastik tebal 0,35 mm berbentuk persegi

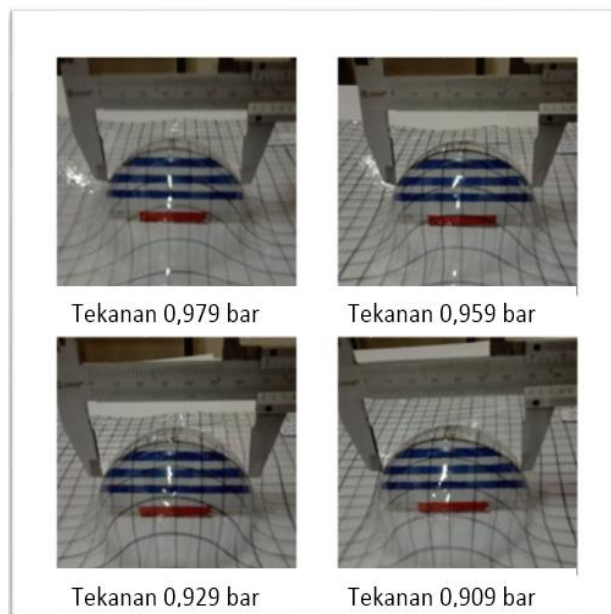
Dapat dilihat pada Gambar 11 Grafik kualitas plastik tebal 0,35 mm berbentuk persegi, pada tekanan 0,979 bar grafik kualitas plastik menunjukkan plastik dapat terbentuk dengan baik atau mempunyai persentase kualitas hasil cetakan yang bagus (di atas 95%) hingga slice ke-3. Pada slice berikutnya grafik kualitas plastik mengalami penurunan. Pada variasi tekanan 0,959 bar, 0,929 bar dan 0,909 bar mempunyai bentuk grafik yang hampir sama. Perbedaan sedikit terlihat pada tekanan 0,959 bar. Mulai dari slice pertama hingga slice ke-4 plastik mempunyai persentase kualitas produk yang bagus, ketika memasuki slice ke-5 grafik kualitas produk mengalami penurunan kualitas hingga slice ke-6.

3.2 Hasil Pengujian Plastik dengan Bentuk Setengah Bola

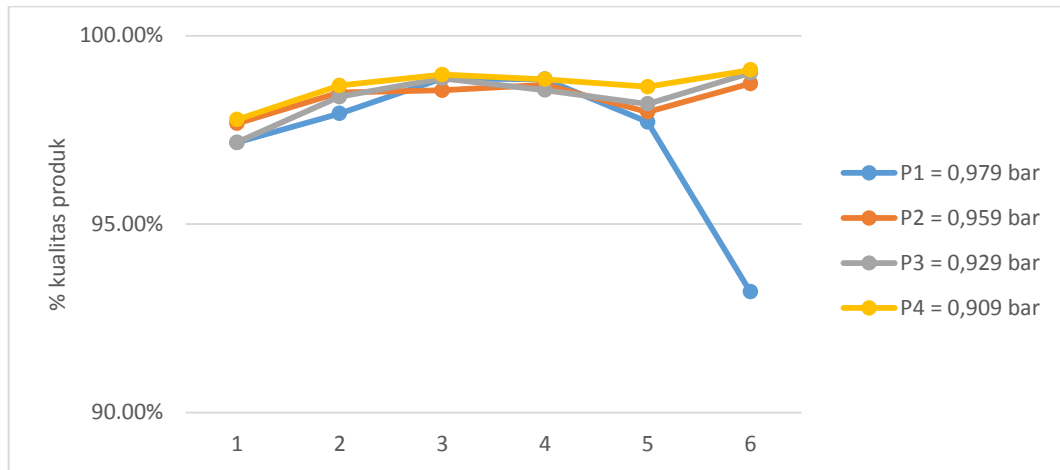
Pada pengujian plastik dengan bentuk setengah bola, *mold*/cetakan yang digunakan terbuat dari aluminium dengan diameter pada pangkal sebesar 78 mm dan tinggi 39 mm. Penentuan kualitas produk berdasarkan pada perbandingan hasil pengukuran antara luasan *mold*/cetakan tiap slice dengan luasan produk hasil cetakan tiap slice.

3.2.1 Hasil Pengujian Plastik Bentuk Setengah Bola Tebal 0,25 mm

Dapat dilihat pada Gambar 12 hasil pengujian plastik dengan tebal 0,25 mm pada tekanan terendah 0,979 bar plastik dapat langsung terbentuk dengan baik hingga slice ke-5, setelah itu plastik mengalami pelebaran. Hasil serupa juga ditunjukkan pada hasil cetakan dengan tekanan 0,959 bar, 0,929 bar dan 0,909 bar yang dapat terbentuk dengan baik hingga slice ke-6.



Gambar 12. Plastik 0,25 mm berbentuk setengah bola pada masing-masing suhu



Gambar 13. Grafik kualitas plastik tebal 0,25 mm berbentuk setengah bola

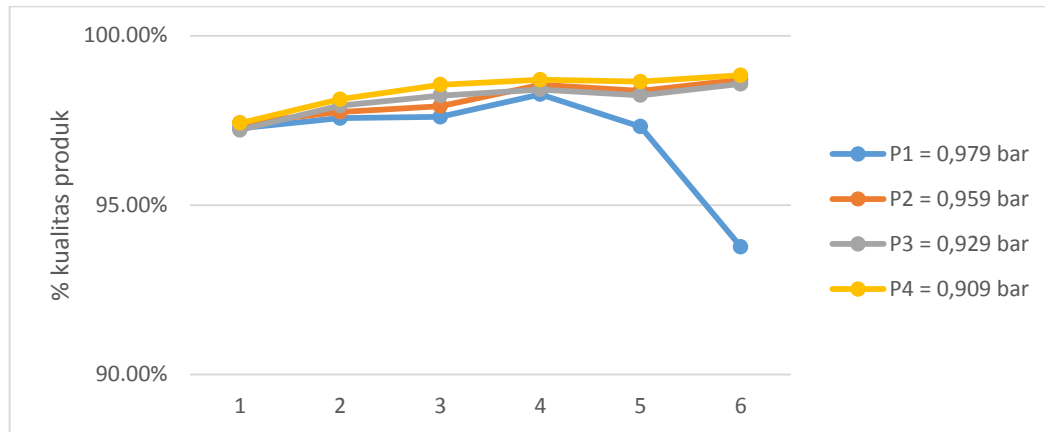
Pada Gambar 13 Grafik kualitas plastik dengan tebal 0,25 mm, dapat dilihat bahwa pada tekanan 0,979 bar, 0,959 bar, 0,939 bar dan 0,909 bar mempunyai bentuk grafik yang hampir sama. Secara keseluruhan hasil cetakan plastik mempunyai kualitas produk yang baik atau berada pada persentase diatas 95%. Selanjutnya untuk tekanan 0,979 bar, hasil cetakan plastik belum dapat dibentuk dengan baik. Berbeda dengan plastik hasil cetakan dengan tekanan vakum 0,959 bar, 0,939 bar dan 0,909 bar yang dapat membentuk plastik dengan baik hingga slice ke-6, hasil cetakan plastik dengan tekanan 0,979 bar hanya mampu terbentuk dengan baik hingga slice ke-5 saja, selanjutnya pada slice ke-6 plastik mulai melebar atau mengalami penurunan persentase kualitas produk.

3.2.2 Hasil Pengujian Plastik Bentuk Setengah Bola Tebal 0,35 mm

Pada Gambar 14 terlihat bahwa pada pengujian plastik dengan tebal 0,35 mm pada tekanan terendah 0,979 bar, plastik langsung terbentuk dengan baik hingga slice ke-5, setelah itu plastik mengalami pelebaran. Hasil yang sama juga ditunjukkan pada hasil cetakan dengan tekanan 0,959 bar, 0,939 bar dan 0,909 bar, plastik dapat langsung terbentuk dengan baik mulai dari slice pertama hingga slice ke-6.



Gambar 14. Plastik 0,35 mm berbentuk setengah bola pada masing-masing suhu.



Gambar 15. Grafik kualitas plastik tebal 0,35 mm berbentuk setengah bola.

Hampir sama dengan grafik hasil cetakan plastik sebelumnya, pada Gambar 15 Grafik kualitas memperlihatkan pada tekanan 0,979 bar, plastik belum bisa membentuk plastik dengan baik. Plastik mempunyai hasil cetakan yang ideal hanya pada slice pertama hingga slice ke-5 saja. Pada tekanan 0,959 bar, 0,939 bar dan 0,909 bar grafik kualitas pembentukan plastik menunjukkan hasil cetakan yang ideal (di atas 95%). Penurunan kualitas produk pada tekanan 0,979 bar karena pada slice ke-6 merupakan jarak terjauh dari permukaan *mold* (30mm) sehingga tekanan yang dibutuhkan untuk mencetak kurang besar atau relatif kecil.

4. KESIMPULAN

Dari penelitian pengaruh variasi tekanan dan ketebalan lembaran plastik terhadap mampu bentuk plastik pada proses vacuum forming yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- Pada pengujian plastik dengan berbagai variasi ketebalan plastik dan tekanan, diperoleh mampu bentuk plastik yang berbeda-beda untuk setiap variasinya.
- Pada pembentukan plastik, profil cetakan juga mempengaruhi mampu bentuk yang terjadi pada plastik. Pada profil yang membulat (tidak ekstrem) plastik lebih mudah dibentuk dibandingkan dengan bentuk profil yang memiliki lekukan-lekukan yang tajam (betuknya ekstrem). Pada tekanan yang rendah pun apabila cetakan memiliki bentuk yang tidak ekstem plastik dapat mampu terbentuk terhadap cetakan.
- Pada pengujian plastik dengan bentuk cetakan persegi dan setengah bola dengan variasi tekanan dan variasi ketebalan plastik diperoleh kesimpulan bahwa tekanan berpengaruh besar terhadap kualitas hasil cetakan. Semakin besar tekanan vakum yang digunakan, kemampuan bentuknya akan meningkat pula atau bentuk dan luasan hasil cetakan plastik semakin mendekati bentuk *molde*nya.
- Berdasarkan hasil pengujian diperoleh hasil cetakan terbaik untuk plastik dengan ketebalan 0,25 mm, tekanan terbaiknya adalah 0,909 bar. Sama dengan plastik dengan tebal 0,25 mm, untuk plastik dengan tebal 0,35 mm tekanan terbaik yang digunakan untuk mencetak adalah 0,909 bar.

5. REFERENSI

- Formindo, 2011, "Plastic forming: Apa dan Mengapa?", diunduh pada 6 September 2013 dari <http://www.formindo.com/vacuum-forming>
- Cohen, A., 2008, "Vacuum Forming Applications Using Rapid rototyping", Technology, Objet Geometries Ltd.
- Adriyanto, A., 2013, "Pengaruh Variasi Temperatur Dan Ketebalan Lembaran Plastik Terhadap Mampu Bentuk Plastik Pada Proses Vacuum Forming", Tugas Akhir S1, Semarang : Universitas Diponegoro.
- Klein, P. W., 2006, "Plastics Thermoforming Tool Design Plug Vs Cavity Molds", Department of Industrial Technology : Ohio University.