

Analisa Pengaruh Variasi Temperatur Holding Waktu Vacuum Dan Ketebalan Akrilik Terhadap Penyimpangan Volume Hasil Cetakan Pada Proses Vacuum Forming Dengan Metode Taguchi

M. A. Wicaksono¹, M. F. Akbar², A. D. Pratama³, A. B. Wicaksono⁴
¹Teknik Mesin S-1, Institut Teknologi Nasional Malang, Kota Malang, Indonesia
Email: tikoaji47@gmail.com

ABSTRAK

Pada saat ini proses pembuatan letter timbul akrilik masih menggunakan metode manual mulai dari pengemalan huruf, memotong akrilik, sampai perakitan yang dilakukan dengan cara di lem, cara manual ini dinilai tidak efektif jika ditinjau dari segi produksinya dikarenakan memakan waktu yang lama. Pada kesempatan kali ini saya bersama rekan – rekan melakukan penelitian dengan membuat mesin vacuum forming yang diharapkan dapat membantu dalam proses pembuatan letter timbul akrilik dengan waktu produksi yang lebih cepat dan mudah. Pada penelitian ini hanya di fokuskan pada penyimpangan bentuk hasil cetakan dan di analisa menggunakan metode Taguchi. Ada beberapa parameter yang digunakan yaitu ; ketebalan akrilik pada 1mm, 1.5mm, 2mm, temperatur pemanasan pada 150°C, 165°C, 175°C, dan holding waktu pemvacuuman pada 45 detik, 60 detik, 75 detik. Dari hasil penelitian yang dilakukan dengan menggunakan ketebalan akrilik 1mm, temperatur pemanasan 175°C, dan holding waktu pemvacuuman pada 75 detik, kekuatan vacuum pada tiap pengujian menggunakan tekanan yang seragam yaitu 3cmHg/0,03bar. Didapatkan hasil penyimpangan terkecil yaitu pada volume hasil cetakan sebesar 49695.77 mm³.

Keywords Letter Timbul Akrilik, Vacuum Forming, Temperatur
Paper type Research paper

PENDAHULUAN

Pembuatan letter timbul akrilik dan juga papan nama neon box pada saat ini masih menggunakan metode manual mulai dari proses pengemalan, memotong, sampai perakitan yang dilakukan dengan cara di lem hingga menjadi sebuah kesatuan profil timbul yang terbuat dari akrilik. Cara manual ini dinilai kurang efektif jika ditinjau dari segi waktu produksinya. Tentunya para pelaku usaha letter timbul akrilik atau papan nama ini juga harus memikirkan juga dari segi ketangguhan produknya, perakitan menggunakan lem ini tidak baik mengingat negara kita yang mengalami musim penghujan dan kemarau. Hal ini bisa menyebabkan berkurangnya kekuatan rekat dari lem jika terus menerus terkena paparan sinar matahari dan hujan.

Ada pula bahan-bahan lain yang bisanya digunakan sebagai pembuatan letter timbul / papan nama yaitu seperti : galvanis, stainless steel, dan kayu. Bahan-bahan tersebut dinilai kurang menarik seperti galvanis, dan stainless steel, alasan ialah daya tahan dan butuh perawatan yang cukup intensif. Dikarenakan bahan stainless steel memiliki sifat anti karat, tahan lama dan tidak membutuhkan proses pengecatan namun memiliki kekurangan pada sisi berat material. Bahan yang paling banyak dan populer digunakan pada pembentukan profil timbul ini adalah akrilik, hal ini didasarkan pada kemudahan pembentukan, daya tahan, serta tampilan yang menarik. Pada tahapan berikutnya profil huruf timbul akrilik ini dikombinasikan dengan cahaya lampu sehingga makin menarik.

Ada beberapa parameter yang dapat, mempengaruhi kualitas hasil cetakan dari plastik pada proses vacuum forming diantaranya ialah ; jenis plastik dan ketebalan plastik, temperatur pemanasan dan tekanan vacuum yang digunakan. Akrilik merupakan salah satu jenis plastik yang mempunyai variasi ketebalan dan banyak tersedia di pasaran. Akrilik telah digunakan secara luas karena mempunyai karakter, seperti ringan, transparansi tinggi dan tahan terhadap cuaca luar area.

Berdasarkan kondisi dan tantangan saat ini, penulis bersama dengan rekan memiliki ide untuk berinovasi untuk merancang suatu alat vacuum forming yang diharapkan dapat membantu membuat profil timbul dengan harga yang lebih terjangkau dan proses pembuatan yang lebih cepat, oleh karena itu penulis mengambil sebuah penelitian yang berjudul : **Analisa Pengaruh Variasi Temperatur Holding Waktu Vacuum Dan Ketebalan Akrilik Terhadap Penyimpangan Volume Hasil Cetakan Pada Proses Vacuum Forming Dengan Metode Taguchi.**

TEORI

A. Thermoforming

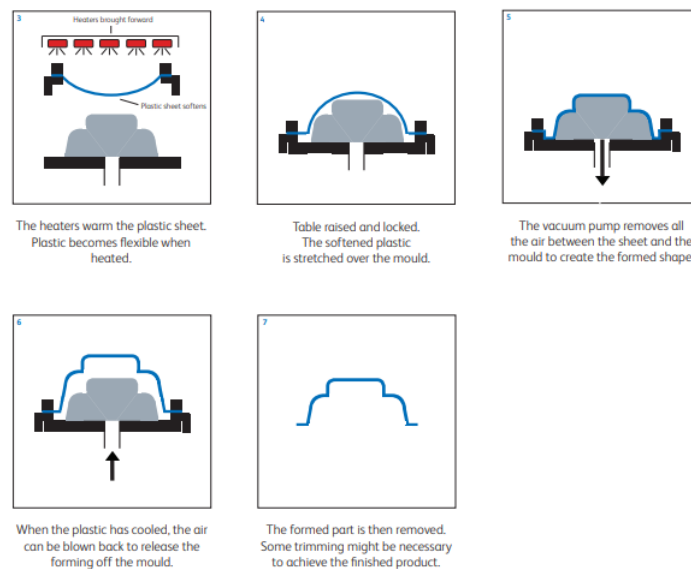
Thermoforming merupakan suatu metode pembentukan lembaran plastik yang paling tua dan yang paling populer digunakan, dimulai dengan memanaskan dan kemudian membentuk lembaran plastik untuk mendapatkan hasil dari bentuk yang di inginkan dengan cara *vacuum* (penghisap) atau *pressure* (penekan) ke cetakan (*mold*), proses ini banyak digunakan dalam pembentukan kemasan produk plastik (Irwansyah et al., 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.

B. Vacuum Forming

Proses pembentukan lembaran plastik dengan menggunakan metode vacuum forming yang banyak digunakan dalam prosesnya dipengaruhi beberapa parameter dalam pekerjaannya yaitu: ketebalan dan jenis plastik, temperatur pemanas dan pressure yang digunakan (Yohana et al., 2014).

Vacuum forming adalah proses pembuatan produk plastik yang umum dan sederhana melalui proses pemanasan dan tekanan. Selama proses pembuatan, lembaran plastik dipanaskan selanjutnya di bentuk dengan mengurangi tekanan udara, pemanas di dekatkan ke lembaran plastik sampai melunak kemudian pemanas di jauhkan dan melakukan pengisapan udara Nusyirwan (2007). Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada (Gambar 2.4) di bawah ini:



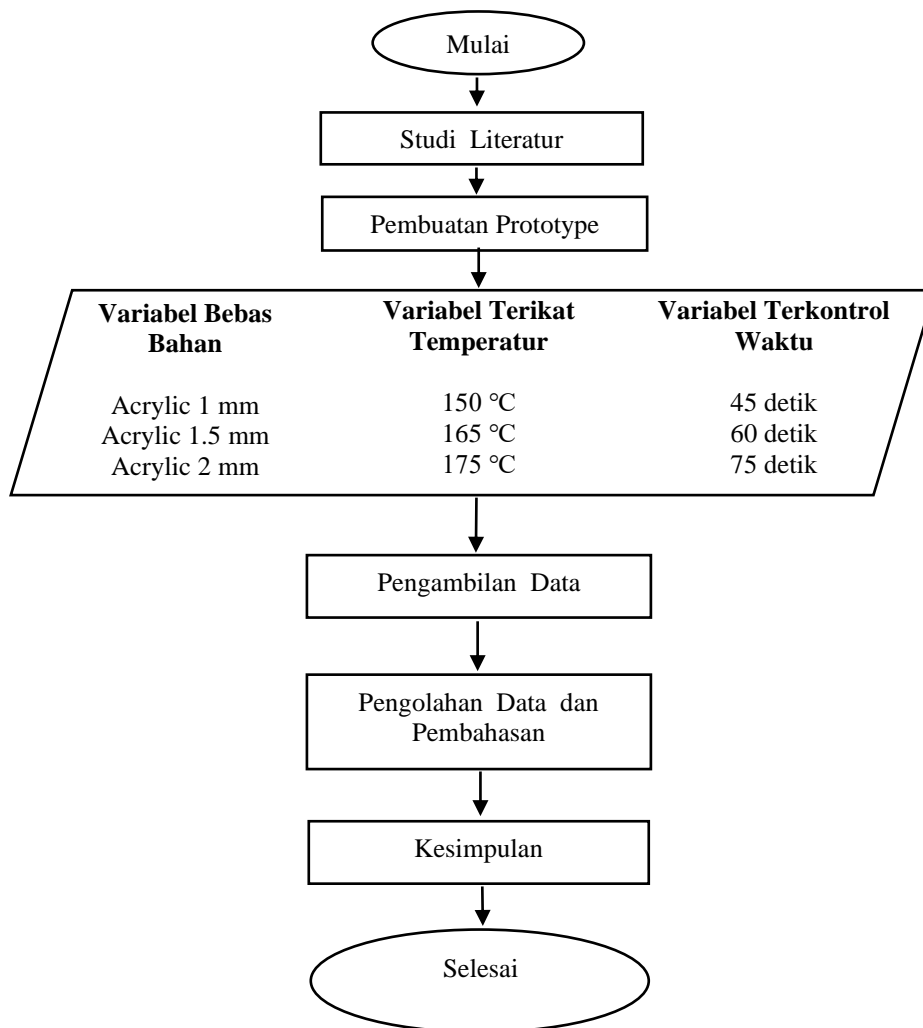
Gambar 2.4 Langkah-langkah proses *vacuum forming*
(Sumber : Formech, 2012)

Langkah-langkah dalam proses pembentukan lembaran plastik dengan metode vacuum forming antara lain:

- (1) meletakkan moulding di atas vacuum chamber & sekaligus meletakkan lembaran plastik pada area pembentukan dan melakukan proses pemanasan.
- (2) setelah lembaran plastik lunak atau mencapai titik plastis, lalu di press ke arah moulding.
- (3) pengisapan udara untuk membuat ruangan dan cetakan hampa udara dan lembaran plastik menyesuaikan bentuk.
- (4) pelepasan lembaran plastik yang sudah mengikuti bentuk dari moulding.

METODE PENELITIAN

A. Diagram alir



B. Penjelasan Diagram Alir

1. Studi Literatur
Studi literatur adalah mencari referensi teori yang relevan dengan kasus atau permasalahan yang ditemukan. Tujuannya adalah untuk memperkuat permasalahan serta sebagai dasar teori dalam melakukan studi dan juga menjadi dasar untuk melakukan penelitian.
2. Pembuatan Prototype
Proses pembelian segala jenis kebutuhan material dan komponen komponen untuk merancang mesin. Kemudian di lanjutkan dengan proses pemasangan komponen – komponen menjadi prototype mesin vacuum forming.
3. Pengambilan data
Proses pengambilan data dengan beberapa percobaan dan melakukan perubahan temperatur pada thermostart serta mentimer waktu vacuum, yang mana pengujian ini dilakukan secara bergantian antara satu ketebalan material dengan ketebalan yang lain.
4. Pengolahan Data dan Pembahasan
Proses pengolahan data dilakukan dengan cara mengkomparasikan dimensi moulding dan hasil dari pengujian material yang selanjutnya akan dianalisis. Pembahasan adalah proses menganalisis data hasil pengujian berdasarkan teori – teori yang berhubungan dengan topik penelitian.
5. Kesimpulan
Proses penarikan kesimpulan adalah proses akhir dari penelitian yang berisi kesimpulan hasil komparasi pengaruh variasi waktu vacuum terhadap penyimpangan pembentukan acrylic pada proses vacuum forming.

C. Langkah – langkah Pengujian

1. Langkah pertama ialah memotong lembaran akrilik menjadi 50 cm x 50 cm, menyesuaikan dengan ukuran tempat penjepit bahan.



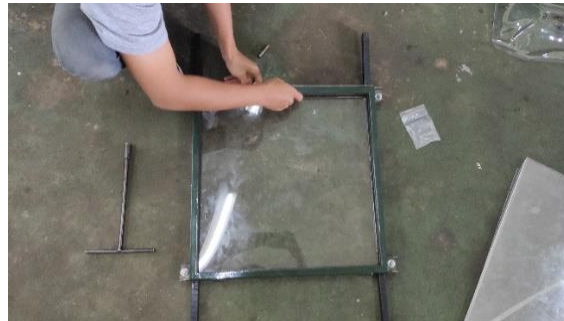
*Gambar 3.36 Akrilik yang sudah dipotong 50x50 cm
(Sumber : Dokumen pribadi)*

2. Berikutnya meletakkan moulding besi holo dengan ukuran 250mm x 40mm x 40mm diatas vacuum chamber.



*Gambar 3.37 Peletakan moulding di atas vacuum chamber
(Sumber : Dokumen pribadi)*

3. Setelah moulding balok besi diletakkan di atas vacuum chamber, sekarang memasukkan akrilik yang telah dipotong di tempat penjepit bahan.



*Gambar 3.38 Peletakan akrilik di penjepit bahan
(Sumber : Dokumen pribadi)*

4. Lalu meletakkan akrilik yang telah dijepit diatas heater / elemen pemanas yang telah disusun.



*Gambar 3.39 Peletakan akrilik diatas heater
(Sumber : Dokumen pribadi)*

5. Selanjutnya melakukan penyetelan temperatur pada thermostart digital dengan pemanasan yang telah ditentukan yaitu 150°C, 165°C, 175°C. Dan menunggu sampai bahan akrilik lunak.



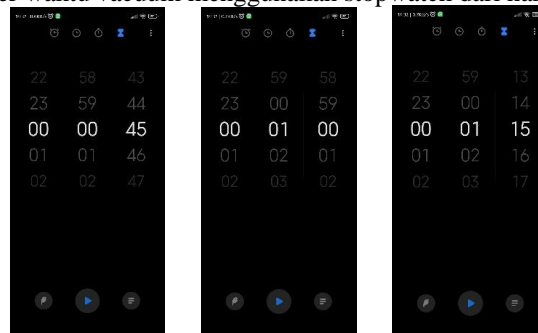
Gambar 3.40 Pengaturan temperatur pada thermostart digital
(Sumber : Dokumen pribadi)

6. Setelah bahan akrilik lunak, langsung menyalakan switch vacuum dan mengikat penjepit akrilik ke atas vacuum chamber.



Gambar 3.41 Mengangkat penjepit akrilik ke vacuum chamber
(Sumber : Dokumen pribadi)

7. Kemudian melakukan timer waktu vacuum menggunakan stopwatch dari handphone.



Gambar 3.42 Timer waktu vacuum
(Sumber : Dokumen pribadi)

8. Vacuum yang bertenaga 1000watt melakukan pemvakuman di dalam akrilik yang lunak, dan hal ini menyebabkan hilangnya udara di dalam ruang vacuum diantara akrilik yang lunak dan di sekitar moulding.



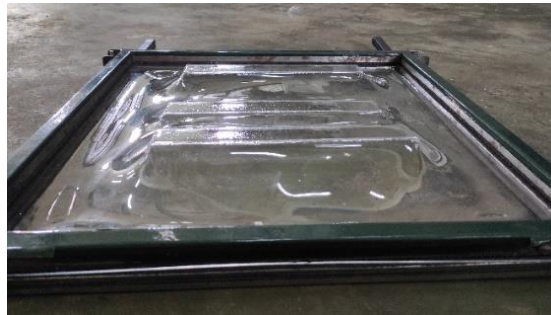
Gambar 3.43 Proses pemvakuman akrilik
(Sumber : Dokumen pribadi)

9. Setelah terjadinya pemvakuman di dalam akrilik yang lunak, akrilik menyusut menyesuaikan dengan bentuk dari moulding yang sudah di press. Hal ini menyebabkan akrilik yang lunak menjadi keras dengan bentuk sesuai moulding yang di sediakan.



Gambar 3.44 Akrilik yang sudah mengikuti bentuk moulding
(Sumber : Dokumen pribadi)

10. Kemudian setelah akrilik menyusut dan menyesuaikan bentuk dari moulding, akrilik melalui proses cooling yang mana mengubah sifatnya yang dari elastis menjadi keras (stiff) dan kuat (strong).



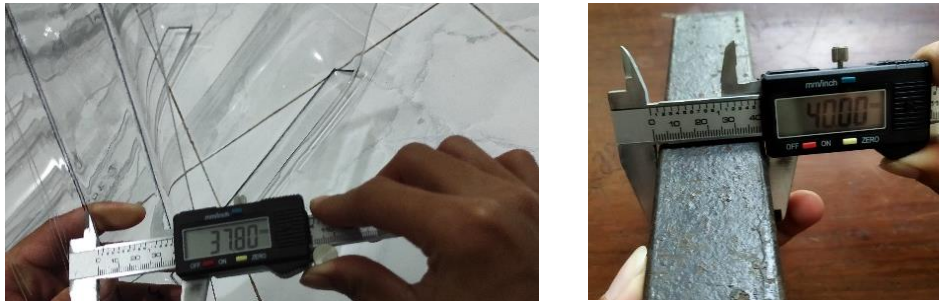
Gambar 3.45 Cooling bahan akrilik
(Sumber : Dokumen pribadi)

11. Pada tahap akhir, moulding dan akrilik yang sudah melalui proses cooling dan kemudian menyesuaikan dengan suhu temperatur ruangan ($\pm 27^{\circ}\text{C}$) dapat di lepas dari penjepit.



Gambar 3.46 Akrilik yang sudah dilepas dari penjepit
(Sumber : Dokumen pribadi)

12. Jika semua bahan akrilik sudah dilakukan pembentukan dengan proses vacuum forming yang menggunakan variasi waktu vacuum dan temperatur, maka dapat dilakukan pengukuran pada moulding dan hasil cetakan untuk mendapatkan data, yang nanti akan di analisis dengan metode taguchi guna mengetahui variasi waktu vacuum dan temperatur yang bisa menghasilkan produk dengan penyimpangan paling kecil



*Gambar 3.47 Pengukuran lebar moulding dan hasil cetakan
(Sumber : Dokumen pribadi)*

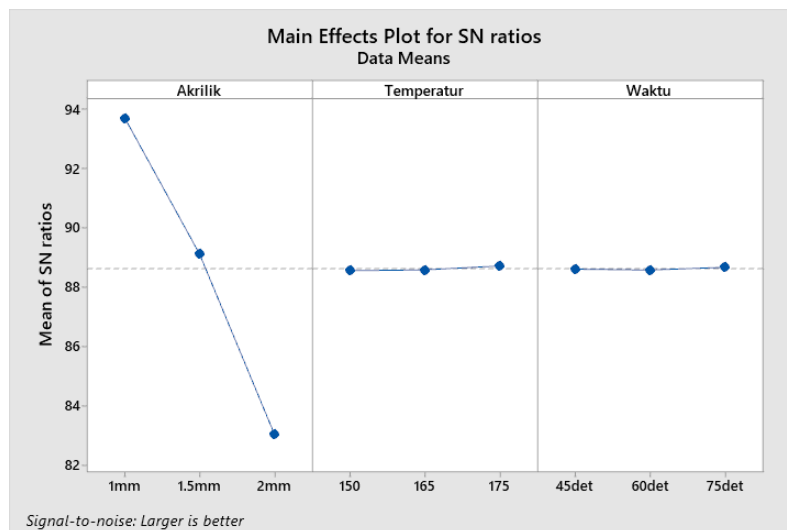
Setelah seluruh hasil pengujian dengan variasi waktu vacuum, temperatur pemanasan akrilik, dan ketebalan akrilik selesai akan diperoleh data berupa rata-rata lebar dari hasil cetakan dan di bandingkan dengan lebar mouldingnya. Selanjutnya hasil pengujian mesin prototype vacuum forming tersebut dapat menghasilkan 27 sampel. Dimana 27 sampel tersebut akan di analisa menggunakan metode taguchi dengan “Larger is better”, dari hasil analisa tersebut nantinya akan diketahui kombinasi dari variasi holding waktu pemvacuuman, temperatur pemansan, dan ketebalan akrilik yang harus digunakan jika kita menginginkan penyimpangan dimensi paling kecil / mempunyai nilai hasil rata-rata paling besar yang mendekati volume dari moulding yaitu $400,000 \text{ mm}^3$.

PENGOLAHAN DATA DAN PEMBAHASAN

A. Pengolahan Data

No uji	Index Variabel			Uji 1 (mm ³)	Uji 2 (mm ³)	Uji 3 (mm ³)	Rata-rata (mm ³)
	Var Bebas	Var Terikat	Var Terkontrol				
1	1mm	150	45det	47821.90	47821.95	47821.85	47821.90
2	1mm	150	45det	47764.51	47764.56	47764.46	47764.51
3	1mm	150	45det	47793.20	47793.25	47793.15	47793.20
4	1mm	165	60det	48094.71	48094.76	48094.66	48094.71
5	1mm	165	60det	48051.61	48051.66	48051.56	48051.61
6	1mm	165	60det	48008.52	48008.57	48008.47	48008.52
7	1mm	175	75det	49637.81	49637.86	49637.76	49637.81
8	1mm	175	75det	49579.92	49579.97	49579.87	49579.92
9	1mm	175	75det	49695.72	49695.77	49695.67	49695.72
10	1.5mm	150	60det	28435.13	28435.18	28435.08	28435.13
11	1.5mm	150	60det	28366.42	28366.47	28366.37	28366.42
12	1.5mm	150	60det	28409.36	28409.41	28409.31	28409.36
13	1.5mm	165	75det	28503.88	28503.93	28503.83	28503.88
14	1.5mm	165	75det	28452.31	28452.36	28452.26	28452.31
15	1.5mm	165	75det	28443.72	28443.77	28443.67	28443.72
16	1.5mm	175	45det	28796.50	28796.55	28796.45	28796.50
17	1.5mm	175	45det	28865.45	28865.50	28865.40	28865.45
18	1.5mm	175	45det	28874.07	28874.12	28874.02	28874.07
19	2mm	150	75det	14178.92	14178.97	14178.87	14178.92
20	2mm	150	75det	14157.45	14157.50	14157.40	14157.45
21	2mm	150	75det	14166.04	14166.09	14165.99	14166.04
22	2mm	165	45det	14191.80	14191.85	14191.75	14191.80
23	2mm	165	45det	14208.97	14209.02	14208.92	14208.97
24	2mm	165	45det	14204.68	14204.73	14204.63	14204.68
25	2mm	175	60det	14200.38	14200.43	14200.33	14200.38
26	2mm	175	60det	14196.09	14196.14	14196.04	14196.09
27	2mm	175	60det	14213.27	14213.32	14213.22	14213.27

B. Grafik Analisa Taguchi



C. Pembahasan Hasil Pengujian

Variasi ketebalan akrilik pada proses vacuum forming yang diantaranya 1mm, 1.5mm, dan 2mm. Dari analisa pengaruh ketebalan bahan akrilik berdasarkan response table for means dan plot grafik pada gambar diatas, dapat dilihat bahwa nilai penyimpangan terbesar dengan Larger is better terdapat pada ketebalan akrilik 1mm yaitu 49695.77 mm³. Hal ini terjadi karena semakin tebal jenis plastik yang digunakan akan mempengaruhi mampu bentuk pada proses vacuum forming “ketebalan bahan merupakan parameter dari kualitas hasil cetakan dari plastik pada proses vacuum forming” (Zhang dkk., 2019).

Variasi temperatur pemanasan akrilik pada proses vacuum forming yang diantaranya 150°C, 165°C, dan 175°C. Dari analisa pengaruh temperatur pemanasan akrilik berdasarkan response table for means dan plot grafik pada gambar diatas, dapat dilihat bahwa nilai penyimpangan terkecil dengan Larger is better terdapat pada temperatur 175°C yaitu 49695.77 mm³. Hal ini terjadi karena setiap jenis plastik memiliki titik temperatur plastisitas yang berbeda-beda “Temperatur sangat mempengaruhi mampu bentuk material pada proses pembentukan dengan vacuum forming” (Edilla, 2017).

Variasi waktu vacuum pada proses vacuum forming yang diantaranya 45 detik, 60 detik, dan 75 detik. Dari analisa pengaruh waktu vacuum berdasarkan response table for means dan plot grafik pada gambar diatas, dapat dilihat bahwa nilai penyimpangan terbesar dengan Larger is better terdapat pada waktu vacuum 75 detik yaitu 49695.77 mm³. Hal ini terjadi karena akrilik yang sudah mencapai suhu pemanasan plastisitas akan mengikuti bentuk moulding dengan baik jika semakin lama dilakukan proses pemvacuuman “Holding waktu pemvacuuman yang tepat akan menghasilkan produk dari proses vacuum forming yang bagus” (Cahyadi & Lanta L., 2018)

KESIMPULAN

Setelah dilakukan beberapa serangkaian pengujian, analisa dan observasi terhadap hasil pengujian, maka pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa :

1. Proses pembuatan profil timbul akrilik dengan proses vacuum forming dilakukan dengan cara memanaskan akrilik sampai titik plastis lalu divacuum sampai mengikuti bentuk dari molding.
2. Pada proses pembuatan profil timbul akrilik dengan proses vacuum forming diketahui bahwa temperatur pemanasan, kekuatan vacuum, dan holding waktu pemvacuuman sangat berpengaruh pada kualitas produk yang yang dihasilkan.
3. Penyimpangan volume pembentukan akrilik pada proses vacuum forming dipengaruhi oleh temperatur pemanasan, kekuatan vacuum, dan holding waktu pemvacuuman.
4. Pada penelitian yang sudah dilakukan untuk membuat profil timbul akrilik dapat diketahui bahwa kekuatan vacuum yang digunakan kurang besar hal ini terbukti pada volume hasil cetakan dengan penyimpangan terkecil 49695.77 mm³ sedangkan volume moulding sebesar 400,000 mm³.
5. Pada pengujian yang sudah dilakukan dengan variasi akrilik 1mm, temperatur pemanasan akrilik pada 175°C dan holding waktu pemvacuuman pada 75 detik, dapat menghasilkan penyimpangan terkecil yaitu 49695.77 mm³, serta penyimpangan terbesar terjadi pada akrilik 2mm, temperatur pemanasan 150°C dan holding waktu vacuum 75 detik 14157.40 mm³.

REFERENCES

- [1] Cahyadi, D., & Lanta L., L. L. (2018). Studi Rekayasa Teknis Molding Metode Vacuum Forming Untuk Aplikasi Pada Perancangan Alat Pembuat Kemasan. *TANRA: Jurnal Desain Komunikasi Visual Fakultas Seni Dan Desain Universitas Negeri Makassar*, 5(2), 9. <https://doi.org/10.26858/tanra.v5i2.7136>
- [2] Edilla, E. (2017). Penentuan Suhu Optimal Proses Pembentukan Profil pada Mesin Vakum Akrilik. *Jurnal Elektro Dan Mesin Terapan*, 3(2), 1–10. <https://doi.org/10.35143/elementer.v3i2.1523>
- [3] Formech. (2012). Vacuum Forming Guide. 44(0), 51. <http://www.advancedtek.com/wp-content/uploads/2018/12/Vacuum-Forming-Guide.pdf>
- [4] Irwansyah, D., Budiyanoro, C., & Sunardi. (2017). Perancangan Mesin Vacuum Forming Untuk Material Plastik Polystyrene (Ps) Dengan Ukuran Maksimal Cetakan. *Material Dan Proses Manufaktur*, 1(2), 87–95.
- [5] Manembah, H. S., & Prasetya, S. (2018). Rancang Bangun Sistem Otomatisasi pada Mesin Vacuum Forming. *Seminar Nasional Teknik Mesin 2018*, 1, 103–110.
- [6] Nusyirwan. (2007). Rekayasa mesin thermoforming vaccum. *Jurnal Ilmiah Poli Rekayasa*, 2.
- [7] Wusko, R. U. (2013). Acrylic Bending Machine Dengan Sudut Yang Dapat Ditentukan. *Jurnal Mahasiswa TEUB*, 1(4).
- [8] Yohana, E., Wibowo, D. B., Jurusan, M., Mesin, T., Teknik, F., Diponegoro, U., Jurusan, D., Mesin, T., Teknik, F., & Diponegoro, U. (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 Âoc. *Jurnal Teknik Mesin*, 2(2), 120–128.
- [9] Zhang W., dkk. (2019). *Esxperiment and Modeling for Aeronautical and Aerospace Applications Series Editor Piotr Breitkopf*. UK: ISTE Press Ltd.