



Optimalisasi *Cycle Time* Proses *Vacuum Forming* Pada Kemasan Plastik

Almadora Anwar Sani^{*1}, Dicky Seprianto², Didi Suryana³, Iskandar⁴, M Khaira Fajri⁵

^{1,2,3,4,5} Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Sriwijaya, Jl. Sriwijaya Negara Bukit Besar, Palembang

*Email Penulis Korespondensi: almadora@polsri.ac.id

Abstrak

Alat vacuum forming otomatis untuk pengemasan produk, dilakukan pengembangan sehingga dapat lebih efisien dari sebelumnya. Permasalahan yang dihadapi adalah proses naik turunnya plastic clamp dari meja vacuum ke bagian kotak heater, yang masih manual menggunakan tenaga dari operator, sehingga mengakibatkan kurang efisien dalam pengerjannya. Maka dilakukan pengembangan terhadap alat vacuum forming yang telah ada dan melakukan peningkatan di beberapa bagian dengan tujuan meningkatkan efisiensi alat, meningkatkan performa alat dan mengurangi beban kerja dari operator. Dalam proses pengembangan ini beberapa komponen dibuat menggunakan teknologi additive manufacturing yaitu menggunakan mesin 3D Printing. Bahan yang digunakan dalam proses pengujian alat ini adalah plastik jenis PET (Polyethylene Terephthalate) ukuran 400mm x 400mm, dengan ketebalan 0,35 mm. Hasil yang diperoleh adalah kemasan produk sesuai dengan permodelan yang digunakan. Hasil bentuk dipengaruhi dari proses vacuum forming pada saat waktu pemanasan, apabila bendanya memiliki bentuk yang lebih rumit maka diperlukan waktu pemanasan plastik yang lebih lama.

Kata kunci— *Cycle Time, Pengemasan, Vacuum Forming, Kemasan Plastik*

Abstract

An automatic vacuum forming machine for product packaging was developed to be more efficient than before. The problem faced is the process of going up and down the plastic clamp from the vacuum table to the heater box, which is still manual using the power of the operator, resulting in less efficient work. So the development of the existing vacuum forming tool was carried out and made improvements in several parts with the aim of increasing the efficiency of the tool, increasing the performance of the tool and reducing the workload of the operator. In this development process, some components are made using additive manufacturing technology using a 3D printing machine. The material used in the process of testing this tool is PET (Polyethylene Terephthalate) type plastic measuring 400mm x 400mm, with a thickness of 0.35 mm. The results obtained are product packaging in accordance with the

modeling used. The shape results are influenced by the vacuum forming process at the time of heating, if the object has a more complicated shape, a longer plastic heating time is needed.

Keywords— *Cycle Time, Packaging, Vacuum Forming, Plastic Packaging*

1. PENDAHULUAN

Dunia Industri terus menunjukkan perkembangan yang positif dan memberikan kontribusi yang lebih besar bagi pertumbuhan ekonomi nasional. Plastik merupakan bahan yang tidak dapat dipisahkan dengan kehidupan manusia saat ini. Penggunaan Plastik sebagai pengemas suatu produk terutama karena keunggulannya dalam hal bentuknya yang fleksibel sehingga mudah mengikuti bentuk produk yang dikemas berbobot ringan, tidak mudah pecah, bersifat transparan/tembus pandang, mudah diberi label dan dibuat dalam aneka warna, dapat diproduksi secara massal, harga relatif murah dan terdapat berbagai jenis pilihan bahan dasar plastik. Berbagai kelebihan itu yang menyebabkan plastik saat ini telah berhasil menggeser penggunaan kemasan logam dan kaca didunia industri besar maupun industri-industri kecil dan industri rumah tangga yang biasa disebut dengan Usaha Kecil Menengah (UKM), yang umumnya produk-produk tersebut dikemas dengan menggunakan kertas, daun kering atau wadah plastik yang tersedia dipasar dengan ukuran dan bentuk standar.

Dengan kondisi kemasan produk yang demikian, dengan kertas yang tidak tahan terhadap zat cair atau plastik yang terlihat sangat sederhana dan terkesan dengan harga yang murah, sehingga sulit untuk meningkatkan harga jual produk. Salah satu usaha yang dapat diterapkan untuk meningkatkan nilai jual produk adalah dengan membuat kemasan yang menarik dan spesifik serta praktis. Terutama untuk industri-industri kecil dan industri rumah tangga yang memerlukan kemasan yang lebih spesifik untuk mengemas produk yang dihasilkan. Untuk itu diperlukan alat pembentuk atau pembuat kemasan yang mampu mencetak kemasan dengan baik, agar produk yang dikemas dapat dilihat lebih menarik serta akan menaikkan harga jual produk tersebut, maka dirancang alat *vacuum forming* otomatis yang dapat digunakan untuk membuat kemasan yang sesuai dengan kebutuhan, bentuk, dan desain kemasan yang diinginkan.

Vacuufforming atau *vacuum forming* merupakan sebuah tehnik sederhana yang menggunakan selembur plastik yang dipanaskan pada temperatur tertentu, dan kemudian diregangkan ke dalam sebuah mould atau cetakan. Bentuk dari mould ini bisa beragam sesuai dengan kebutuhan dan permintaan. Setelah *mould* yang akan digunakan siap, maka alat *vacuum* untuk membentuk plastik tersebut kemudian diproses yaitu dengan metode *vacuum forming* seperti di atas sesuai dengan bentuk yang di harapkan [1].

Kesalahan proses produksi yang sering ditemui yakni *air-trapped* atau hasil cetakan memiliki gelembung-gelembung udara. Sehingga dari hal tersebut pula disimpulkan bahwa yang menjadi penyebabnya adalah ketidak sesuaian panas yang berlebihan pun menjadi penyebab [2]. 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 moldnya [3].

Mesin dapat dioperasikan oleh satu operator saja. Spesifikasi dari mesin *vacuum forming* yang telah dirancang memiliki dimensi rangka yaitu 550 x 350 x 955 mm, dimensi area forming 350 x 250 mm mengikuti dimensi maksimum plastik yang ada sebesar 400 x 300 mm, membutuhkan daya 2000 watt, tekanan vakum sebesar 3 bar [4]. Hasil cetakan dengan tekanan 10 kPA diperoleh cetakan yang sangat baik. Hal ini sesuai dengan hasil perancangan alat dimana hasil cetakan terbaik untuk plastik pada ketebalan 0,25 mm pada tekanan adalah 0,909 bar [5].

Lamanya waktu yang dibutuhkan untuk membuat satu produk (*cycle time process*)

menggunakan mesin *vacuum forming* ini untuk bahan lembaran plastik *polystyrene* (PS) dengan ketebalan 0,5 mm adalah 93,034 detik (1,55 menit) dan untuk ketebalan 2 mm adalah 344,79 dt (5,75 menit). *Cycle time process* adalah lamanya waktu yang dibutuhkan dalam menyelesaikan satu siklus untuk memproduksi sebuah produk. Perhitungan *Cycle time process* dari mesin *vacuum forming* ini dalam satu siklus untuk memproduksi sebuah produk dapat ditentukan dengan menjumlahkan hasil dari perhitungan waktu pemanasan, waktu pendinginan dan waktu vakum [6].

Adapun kebutuhan pemanas disesuaikan dengan kerangka mesin yang didesain agar distribusi panasnya dapat merata sesuai dengan kebutuhan dalam memanaskan *sheet polysterene*. Jika jumlahnya lebih dari 1, maka tentunya kebutuhan dayanya lebih besar. Untuk penghematan penggunaan daya maka dilakukan metode *power switching* atau mengkondisikan pengaktifan elemen pemanas secara bergantian [7]. Tujuan dari perancangan industri adalah untuk menghasilkan produk bermanfaat yang memenuhi keinginan konsumen dengan pembuatannya yang cukup aman, efisien, andal, ekonomis dan praktis [8].

Shrink packaging adalah salah satu metode yang dapat digunakan untuk membuat kemasan produk kerajinan tangan. Telah berhasil dibuat alat pengemas kerajinan tangan dengan spesifikasi konsumsi listrik yang dibutuhkan sebesar 1500 watt, dimensi alat 875mm x 465mm x 344 mm, luas ruang kemasan 365mm x 315 mm, dan tinggi maksimal 110 mm. Hasil dari pengujian yang telah dilakukan terhadap alat tersebut adalah waktu pengemasan kurang dari 60 detik. Pengujian menggunakan plastik ukuran 100 – 250 mm. Alat ini masih dikerjakan secara manual [9].

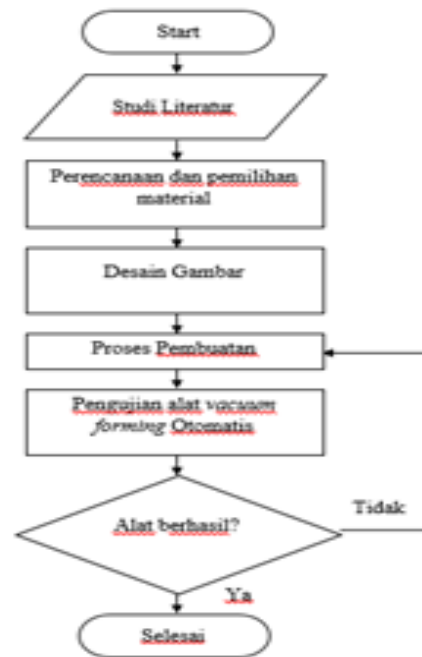
Waktu pemanasan dan waktu vakum sangat mempengaruhi kualitas bentuk dari kemasan yang dihasilkan. Hasil terbaik diperoleh dengan variasi waktu pemanasan 25 detik, waktu vakum 15 detik dan suhu pemanas 1050 [10]. *Another characteristic of this system is that users can reuse molded objects and change their design; by applying tension and heat to a molded object, the object becomes flat and can be molded again* [11].

Vacuum forming is the simplest, least expensive, and most commonly used of these techniques. A sheet of plastic is heated and then pulled around a single mold using suction-typical vacuum draws are around 0.9 bar (14 PSI). It is ideal for parts that only need to be precisely formed on one side, such as contoured packaging for food or electronics [12]. *Vacuum forming is a popular, cost effective method amongst large and small scale applications. The method is used to mold a material to the surface of a mold/pattern in order to create a negative copy for reproduction or an object in positive form.* [13].

Permasalahan yang dihadapi adalah proses naik turunnya *plastic clamp* dari meja *vacuum* ke bagian kotak *heater*, yang masih manual menggunakan tenaga dari operator, sehingga mengakibatkan kurang efisien dalam pengerjannya. Maka dilakukan pengembangan terhadap alat *vacuum forming* yang telah ada dan melakukan modifikasi di beberapa bagian untuk meningkatkan performa dari mesin tersebut.

2. METODE PENELITIAN

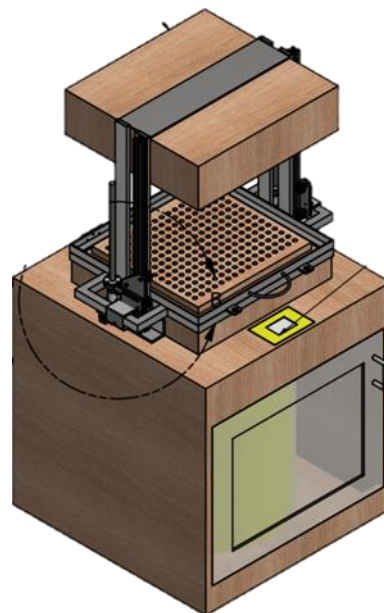
Proses perancangan alat *vacuum forming* otomatis untuk pengemasan produk dimulai dari mencari permasalahan dengan berdasarkan *study literature*. Setelah mendapat ide, kemudian merancang dan menggambar produk dengan CAD. Kemudian bahan dan material dipersiapkan untuk proses pembuatan. Langkah berikutnya membuat alat *vacuum forming* dan dilakukan pengujian. Jika terjadi kendala pada alat dilakukan analisa dan evaluasi, bagaimana mengatasinya dan bagaimana solusinya. Jika alat *vacuum forming* otomatis sudah bekerja secara optimal, dilakukan pengambilan data untuk diuji kinerjanya. Gambaran proses perancangan alat *vacuum forming* otomatis dapat dilihat pada Gambar 1 Diagram Alir.



Gambar 1 Diagram Alir

2. 1 Prinsip Kerja

Pada dasarnya prinsi kerja alat ini yaitu dengan meletakkan lembaran plastik pada penjepit kemudian penjepit akan bergerak dari meja *vacuum* ke kotak *heater* yang berada diatas untuk melakukan proses pemanasan. Plastik dipanaskan pada heater. Setelah itu penjepit akan turun lagi ke meja *vacuum* lalu *vacuum* akan hidup dan melakukan penyedotan sehingga plastik akan terbentuk sesuai dengan produk yang diinginkan. Bentuk alat *Vacuum Forming* Otomatis dapat dilihat pada Gambar 2.

Gambar 2 Alat *Vacuum Forming* Otomatis

2. 2 Komponen yang dikembangkan

Dalam mengembangkan alat *Vacuum Forming* Otomatis terdapat beberapa komponen yang dikembangkan bahkan ditambah maupun dihilangkan yang berfungsi untuk memaksimalkan fungsi dari alat tersebut. Berikut komponen-komponen yang dikembangkan:

2. 2.1 Plastic clamp

Plastic clamp merupakan komponen yang berfungsi menjepit plastik yang akan dipanaskan dan membawa plastik dari meja *vacuum* ke kotak *heater* lalu kembali ke meja *vacuum* setelah dipanaskan. Pada komponen ini, dilakukan pengembangan dengan menjadikan gerakan naik turun yang awalnya menggunakan tenaga operator menjadi otomatis. Pada gerakan otomatis, menggunakan motor *stepper nema 17* sebagai penggerak dan *lead screw* sebagai perantaranya. Adapun spesifikasi *plastic clamp* yang digunakan yaitu dengan ukuran 410 mm x 400 mm, dengan bahan terbuat dari baja medium.

2. 2.2 Landasan

Landasan merupakan komponen yang berfungsi sebagai penyangga dari kotak *heater*. Pada komponen ini, dilakukan pengurangan ketinggian landasan, sehingga jarak antara meja *vacuum* dan kotak *heater* tidak terlalu tinggi dan plastik yang dipanaskan tidak cepat dingin. Selain itu, pada komponen landasan ditambah aluminium *extrusion* sebagai landasan serta menunjang fungsi untuk naik dan turunnya *plastic clamp*. Adapun spesifikasi landasan yang digunakan yaitu dengan ukuran 32 mm x 12 mm x 500 mm, dengan bahan terbuat dari baja *hollow* dan aluminium *extrusion*. Agar proses naik dan turunnya *plastic clamp* baik, perlu mengatur poros berulir sebagai sebuah *beam* yang di *restrain* pada kedua *joint* di ujung-ujungnya, dengan material baja tahan karat yang memiliki kekuatan tarik, luluh dan modulus geser [14].

2. 2.3 Kotak LCD

Kotak LCD merupakan komponen yang berfungsi sebagai *cover* untuk LCD. Pada komponen ini, dilakukan penyesuaian kembali ukuran kotak LCD yang tidak terpasang dengan baik ke meja *vacuum*. Adapun spesifikasi kotak LCD yang digunakan yaitu dengan ukuran 152 mm x 81 mm x 122 mm, dengan bahan terbuat dari akrilik ketebalan 2mm.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian yang dilakukan meliputi pengambilan data hasil pengujian keadaan alat yang sebenarnya dengan metode langsung dimana pada saat menguji alat yang diujikan, melihat apakah fungsi dari alat tersebut sudah bekerja dengan baik atau ada kekurangan. Pada pengujian kali ini untuk memperoleh hasil produk ditentukan suhu konstan dalam memanaskan plastik yaitu 200°C. Bahan yang digunakan pada proses pengujian ini yaitu plastik PET (*Polyethylene Terephthalate*), berukuran 400 x 400 mm. Penyusutan *solidifikasi* dan *porositas* adalah cacat-cacat yang paling umum dalam cetakan [15]. Untuk mengetahui toleransi ideal penyusutan dilakukan dengan pengujian, agar mendapatkan hasil yang baik dan dapat digunakan.

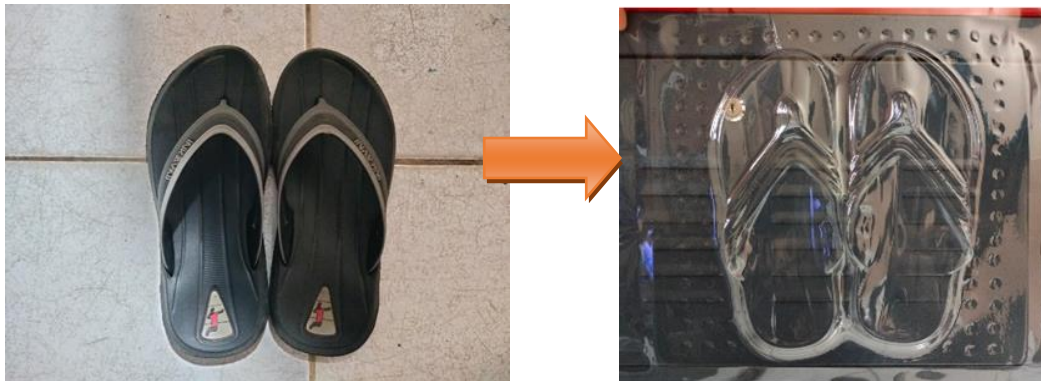
3. 1 Hasil Pengujian

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, pada komponen *plastic clamp* didapatkan hasil bahwa *clamp* bisa menjepit plastik dengan kuat setelah diberi engsel dan pengunci. Lalu operator lebih mudah membuka tutup *clamp* karena telah diberikan gagang pada *upper clamp*. Untuk gerak naik dan turun *clamp* secara otomatis dalam hal ini kami menggunakan *lead screw* T12 dan motor *stepper nema 17*, pada awal proses pengujian gerak otomatis *plastic clamp* terjadi masalah yaitu gerak naik turun yang tidak lancar dan menghasilkan getaran dan bunyi nyaring.

Setelah dievaluasi ternyata antara poros motor dan *lead screw* tidak center atau tidak lurus dan juga kekurangan pelumas, Tindakan ini diambil untuk mengatasi masalah tersebut, dengan memasang kembali *lead screw* ke motor stepper dengan hati-hati dan dibantu *waterpass* agar lurus, serta memberikan pelumas. Berikutnya dilakukan pengujian kembali, dan gerak naik turun *plastic clamp* lancar tanpa disertai getaran berlebih dan bunyi nyaring.

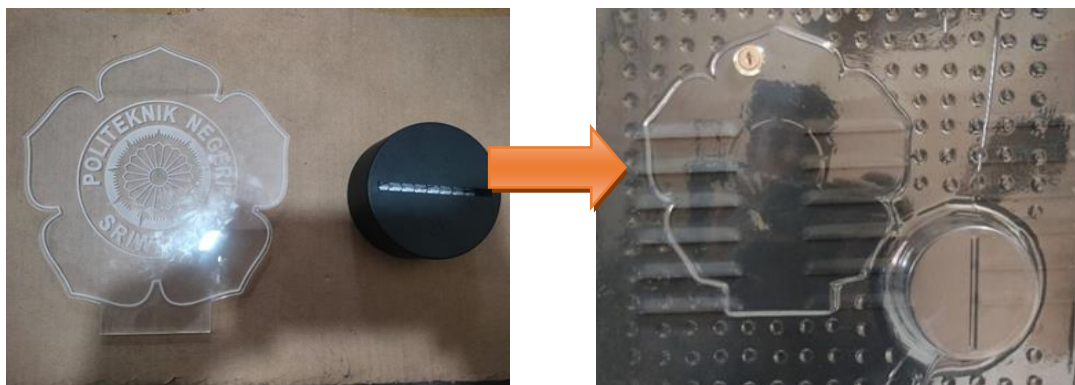
3.1.1 Hasil produk yang diperoleh pada proses pengujian

Spesimen pertama yang dilakukan pengujian adalah sandal. Dengan ukuran 250 x 100 x 40 mm. Gambar 3 menunjukkan sandal dengan hasil *vucuum forming*.



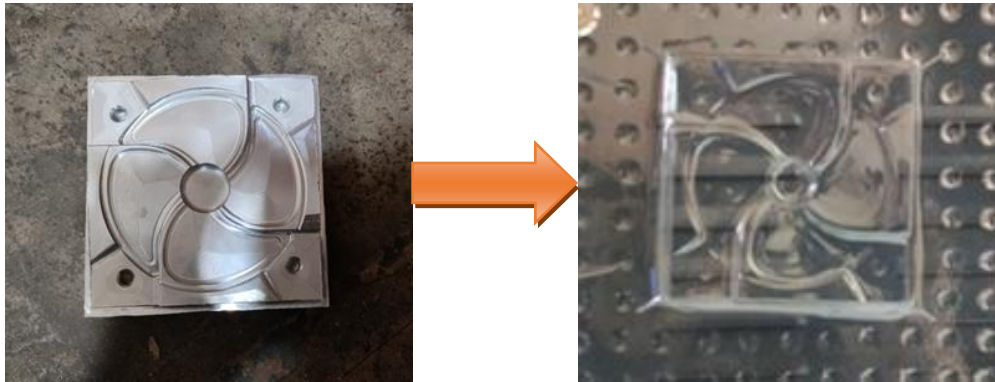
Gambar 3 Sandal

Spesimen kedua yang dilakukan pengujian adalah plakat, terdapat 2 benda yang diuji yaitu plakat yang terbuat dari akrilik dan lamp *base* plakat. Gambar 4 menunjukkan plakat dengan hasil *vucuum forming*.



Gambar 4 Plakat

Spesimen ketiga yang dilakukan pengujian adalah cetakan berbentuk *propeller* dengan 100 x 100 x 50 mm. Gambar 5 menunjukkan *propeller* dengan hasil *vucuum forming*.

Gambar 5 Cetakan *Propeller*

Variasi waktu untuk pengambilan data spesimen yaitu: 15 detik, 20 detik, dan 25 detik. Dengan suhu konstan 200⁰ C. Untuk pembandingan hasil kualitas kemasan plastik, ditentukan dengan pengamatan sebagai berikut :

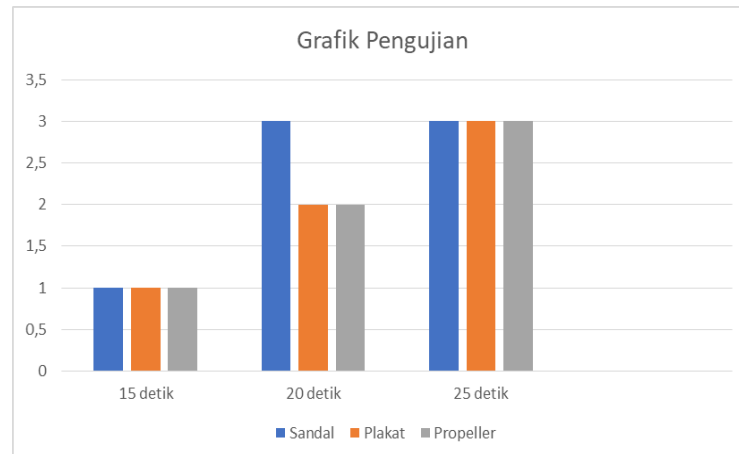
Kurang = 1

Cukup = 2

Bagus = 3

Tabel 1 Data Hasil Pengujian

Waktu	Produk		
	Sandal	Plakat	<i>Propeller</i>
15 detik	1	1	1
20 detik	3	2	2
25 detik	3	3	3



Gambar 6 Grafik Pengujian

Data hasil pengujian pada tabel 1, untuk mengetahui waktu yang ideal dan untuk mendapatkan hasil *vacuum forming* yang optimal. Pada waktu 15 detik didapatkan hasil spesimen belum terbentuk sesuai dengan benda uji. Pada waktu 20 detik didapatkan hasil spesimen sudah terbentuk sesuai dengan benda uji tetapi masih belum didapatkan hasil yang sempurna. Pada waktu 25 detik didapatkan hasil spesimen terbentuk sesuai dengan benda uji. Hasil yang didapatkan lebih baik dibandingkan dengan waktu pemanasan lainnya.

Dari Gambar 6 Grafik Pengujian didapatkan bahwa waktu yang terbaik untuk memanaskan plastik adalah diatas waktu 20 detik agar didapatkan hasil yang lebih baik. Karena Ketika proses pengujian pada waktu 15 detik, belum didapatkan hasil yang baik.

4. KESIMPULAN

Pengembangan yang dilakukan pada alat *vacuum forming* otomatis yaitu:

- Pada gerakan naik turun *plastic clamp* bekerja secara otomatis yang sebelumnya menggunakan tenaga manual.
- Pengurangan tinggi landasan agar gerakan naik turun pada landasan lebih efisien dan posisi kotak LCD yang sebelumnya belum terpasang dengan benar.
- Setelah dilakukan modifikasi untuk pengembangan mesin *vacuum forming*, pengoperasian mesin cukup hanya satu operator dan proses *vacuum forming* dapat berjalan sesuai dengan fungsinya secara otomatis.
- Waktu pemanasan atau *cycle time* mempengaruhi hasil bentuk produk, apabila bendanya memiliki bentuk yang lebih rumit maka diperlukan waktu pemanasan plastik yang lebih lama.

5. SARAN

Untuk merencanakan suatu rancang bangun, haruslah merencanakan jenis komponen yang digunakan, pemilihan bahan, maupun perhitungan biaya. Lakukan beberapa kali pengamatan atau pengujian untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat. Perlu dikembangkan menggunakan menggunakan system digital.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Tim Redaksi Jurnal Teknik Politeknik Negeri Sriwijaya yang telah memberi kesempatan, sehingga artikel ilmiah ini dapat diterbitkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Formindo, 2022. Vacuum Forming. <http://www.formindo.com/vacuum-forming>, diakses pada 14 Maret 2022.
- [2] Dian, C. and Lanta L, L.L., 2018. Studi Rekayasa Teknis Molding Metode Vacuum Forming Untuk Aplikasi Pada Perancangan Alat Pembuat Kemasan. *Jurnal Tanra*, 5(2), pp.9-19.
- [3] Ghani, A., Yohana, E. and Wibowo, D.B., 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. *Jurnal Teknik Mesin*, 2(2), pp.120-128.
- [4] Handoko, T.B. and Bintoro, A.G., 2018. Pengembangan Mesin Vacuum Forming Untuk Industri Kecil Makanan. *Penelitian Internal Monodisiplin*. Universitas Atma Jaya, Yogyakarta.
- [5] Zamheri, A., Seprianto, D., Wilza, R., Shiddiq, M.H., Pasa, D.A. and Bagaskara, K.M.R., 2022. Rancang Bangun Alat Vacuum Forming Untuk Pengemasan Produk. *Austenit*, 14(1), pp.32-36.
- [6] Irwansyah, D., Budiyanoro, C. and Sunardi, S., 2017. Perancangan Mesin Vacuum Forming Untuk Material Plastik Polystyrene (Ps) Dengan Ukuran Maksimal Cetakan 400x300x150 (mm3). *JMPM (Jurnal Material dan Proses Manufaktur)*, 1(2), pp.87-95.

-
- [7] Manembah, H.S. and Prasetya, S., 2018, Rancang Bangun Sistem Otomatisasi pada Mesin Vacuum Forming. *In Seminar Nasional Teknik Mesin* (Vol. 2018).
- [8] Nur, R. and Suyuti, M.A., 2018. Perancangan Mesin-Mesin Industri. Deepublish.
- [9] Rachmad, F.B., 2017. Modifikasi Alat Vacuum Forming Untuk Proses Shrink Packaging. *Tugas Akhir*, Universitas Islam Indonesia.
- [10] Permana, C.R., Budiyantoro, C. and Prabandono, B., 2019. Manufaktur dan Uji Kinerja Proses Vacuum Forming Untuk Bahan Polymethyl Methacrylate (PMMA). *JMPM (Jurnal Material dan Proses Manufaktur)*, 3(1), pp.1-9.
- [11] Yamaoka, J. and Kakehi, Y., 2017, May. ProtoMold: An interactive vacuum forming system for rapid prototyping. *In Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 2106-2115).
- [12] Formlabs, 2022. Low-Volume Rapid Thermoforming With 3D Printed Molds. <https://3d.formlabs.com/>, diakses pada 12 April 2023.
- [13] Smith, A.G., 2017. The Development of a Vacuum Forming System for KYDEX® and Other Thermoplastic Sheet. *Thesis*, Presented to the faculty of the Department of Engineering, Engineering Technology, & Surveying East Tennessee State University.
- [14] Malik, I., Effendi, S. and Witjahjo, S., 2019. Rancang Bangun Mesin CNC Engraver Mini Sebagai Alat Bantu Pembelajaran. *TEKNIKA (Jurnal Ilmiah Bidang Ilmu Rekayasa)*, 13(1), 69–74. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3461339>.
- [15] Malik, I., Effendi, S. and Yunus, M., 2021. Identifikasi Penyusutan Hasil Coran Aluminium Paduan. *TEKNIKA (Jurnal Ilmiah Bidang Ilmu Rekayasa)*, 15(1), pp.1-4.