

Analisa Kualitas Hasil Pembentukan Lembaran *Polycarbonate* Terhadap Pengaruh Variasi Tekanan, Variasi *Temperature*, Dan Variasi Waktu Pemanasan Pada Proses *Vacuum Forming* Dengan Metode Taguchi

C. S. Telaumbanua ¹⁾, F. Rahmadiano ²⁾

^{1),2),3)} *Teknik Mesin S-1, Institut Teknologi Nasional Malang
Jl. Raya Karanglo Km. 2 Malang
Email : setiawantel09@gmail.com*

Abstrak. Penelitian ini merupakan proses pembentukan lembaran plastic dengan metode vacuum forming, yang mana penelitian ini bertujuan untuk menganalisa kualitas hasil dari lembaran plastic yang dibentuk dengan metode vacuum forming. Data hasil pembentukan selanjutnya dianalisa dengan metode taguchi. Penelitian yang akan dilaksanakan dibatasi hanya sebatas untuk menganalisa lembaran plastic setelah dibentuk. Penelitian nantinya akan menggunakan lembaran plastic berjenis polycarbonate dengan ketebalan 1mm, material plastic jenis ini saya pilih karena polycarbonate merupakan salah satu material plastic yang memiliki daya tahan panas yang cukup tinggi, sehingga akan aman ketika dilakukan proses pembentukan. Adapun beberapa variable yang nantinya akan digunakan dalam penelitian ini, yaitu : temperature pemanasan 60°C, 65°C, 70°C ; waktu pemanasan : 20detik, 25detik, 30detik ; dan variasi tekanan pemvacuman : 2cmHg, 4.5cmHg, 6cmHg. Berdasarkan hasil data yang diperoleh setelah proses pembentukan, didapatkan hasil pembentukan terbaik di temperature pemanasan : 60°C ; waktu pemanasan : 25detik ; serta tekanan vacuum di angka ; 4.5cmHg.

Katakunci: Vacuum forming, Polycarbonate, PC, Metode Taguchi.

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Plastic merupakan suatu material yang banyak dijumpai dalam kehidupan sehari-hari, plastic juga merupakan material yang ringan, kuat, serta tahan karat. Dari berbagai keunggulan tersebut, material plastic mudah mengungguli penggunaan logam ataupun kaca di bidang industry. Beberapa alasan tersebut juga menyebabkan banyaknya metode untuk menghasilkan suatu produk dari material plastic.

Proses *Thermoforming* merupakan salah satu metode pembentukan material plastik yang sejak dulu sudah banyak digunakan. Pada umumnya, proses *thermoforming* yang menggunakan material plastik memakai mesin injection molding dan blow injection molding yang mampu memproduksi dalam skala besar, namun investasinya cukup tinggi. Oleh sebab itu peneliti memilih metode *vacuum forming* yang dinilai mempunyai biaya produksi yang lebih rendah dan metode yang sederhana dari *thermoforming*. Metode *vacuum forming* adalah versi *thermoforming* yang disederhanakan. Di mana sellembar plastik dipanaskan sampai suhu pembentukan, diregangkan ke cetakan permukaan tunggal, dan dipaksa melawan cetakan oleh ruang hampa.

Material yang nantinya akan digunakan adalah material plastic *polycarbonate*. Material ini dipilih karena *polycarbonate* memiliki sifat tahan panas yang cukup tinggi dibandingkan dengan material plastic lainnya. Material *polycarbonate* ini juga ringan, dan juga kuat. *Polycarbonate* telah banyak digunakan dalam dunia industry, contoh beberapa produk dari *polycarbonate* ini adalah, kaca pelindung anti peluru, botol minuman, atap transparan, dan lain-lain.

Penelitian ini difokuskan terhadap bagaimana pengaruh variasi tekanan, variasi *temperature*, dan variasi waktu pemanasan terhadap kualitas hasil pembentukan *polycarbonate* (PC) pada proses *vacuum forming*. Berdasarkan parameter tersebut, penelitian ini nantinya hanya bertujuan untuk mengetahui kualitas hasil dari produk yang dihasilkan *vacuum forming* dengan material *polycarbonate* (PC). Diharapkan dengan adanya penelitian ini dapat menambah wawasan tentang alat yang digunakan yaitu *vacuum forming* dan material yang digunakan yaitu *polycarbonate* (PC).

1.2 Kajian Pustaka

Penelitian yang dilakukan Widyawati Kusuma Universitas Sumatera Utara tentang Mesin *Thermoforming*. “Mesin *Thermoforming* adalah proses pembentukan dimana lembaran plastik yang sudah mengalami proses pemanasan, plastic ini berubah strukturnya menjadi lunak dan lentur, yang kemudian dikenai proses pressure atau *vacuum*, yang sesuai dengan bentuk cetakannya. *Thermoforming* terdiri dari dua langkah utama, yaitu: pemanasan dan pembentukan. Proses pembentukan dari *thermoforming* ini dapat digolongkan dalam tiga kategori dasar, yaitu: *vacuum thermoforming*, *pressure thermoforming*, dan *mechanical thermoforming*”. [1]

Pada penelitian yang dilakukan Wahid Arief Al Hakim Universitas Muhammadiyah Surakarta tentang Pengaruh Variasi Tekanan *Vacuum* Terhadap Penyimpangan Pembentukan *Polycarbonate* Pada Proses *Vacuum forming*. Penulis melakukan penelitian dengan menggunakan material plastik jenis *polycarbonate* berukuran 500mm x 300mm dengan ketebalan 1,5mm. “Penelitian dilakukan dengan metode *vacuum forming* yang mana berfokus pada tekanan *vacuum* yang divariasikan menjadi tiga variasi tekanan, yaitu: -0,13 Bar, -0,26 Bar dan -0,39 Bar. Dari hasil penelitian, diperoleh hasil cetakan pada lembaran *polycarbonate* dengan tebal 1,5 mm yang mempunyai penyimpangan atau perbedaan dimensi terkecil dengan cetakannya adalah tekanan -0,39 Bar”. [2]

1.3 Landasan Teori

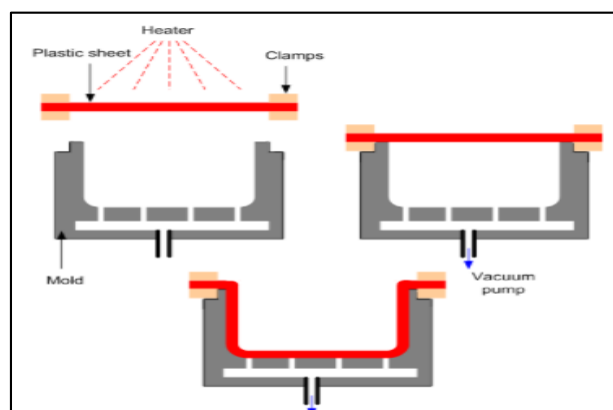
Thermoforming

Thermoforming merupakan “proses pembentukan lembaran plastic yang telah mengalami proses pemanasan, plastic ini berubah strukturnya menjadi lunak dan lentur, yang kemudian diikuti pembentukan dengan cara pengisapan atau penekanan sesuai dengan bentuk cetakannya”. [3] *Thermoforming* merupakan suatu metode memproduksi material plastic yang umum digunakan. Produk-produk yang dihasilkan dari metode ini banyak kita jumpai dalam kehidupan sehari-hari. Contoh produk yang dihasilkan melalui proses *thermoforming* adalah kemasan makanan, gelas, piring, kotak kemasan mainan, dan lain-lain.

Vacuum forming

Vacuum forming adalah salah satu metode untuk mengolah lembaran plastic dengan memanfaatkan suhu dan tekanan. “Prinsip kerja mesin adalah bahwa lembaran plastik yang diregangkan dan ditempatkan pada bawah elemen pemanas di atas ruang vakum, lembaran plastik yang dipanaskan ditempatkan pada cetakan dan tekanan yang akan dikurangi untuk membantu membentuk bahan yang lebih baik”. [4]

Proses ini merupakan proses pembentukan plastik dengan memanaskan dan meregangkan plastik di atas mold, lalu diberi tekanan menggunakan vakum. Setelah lembaran plastik dipanaskan dan ditempatkan di atas mold, tekanan vakum digunakan untuk memanipulasi plastik untuk mencapai bentuk yang diinginkan. “Proses ini biasanya digunakan untuk membuat kemasan produk yang mengikuti kontur atau bentuk geometri produk tersebut. Pembuatan kemasan produk dengan bahan plastik ini bisa dikatakan metode cloning dengan bahan beda. Karena hasil kemasan produk dan produk itu sendiri dimensinya hampir tidak ada bedanya”. [5]



Gambar 1. Proses *vacuum forming*

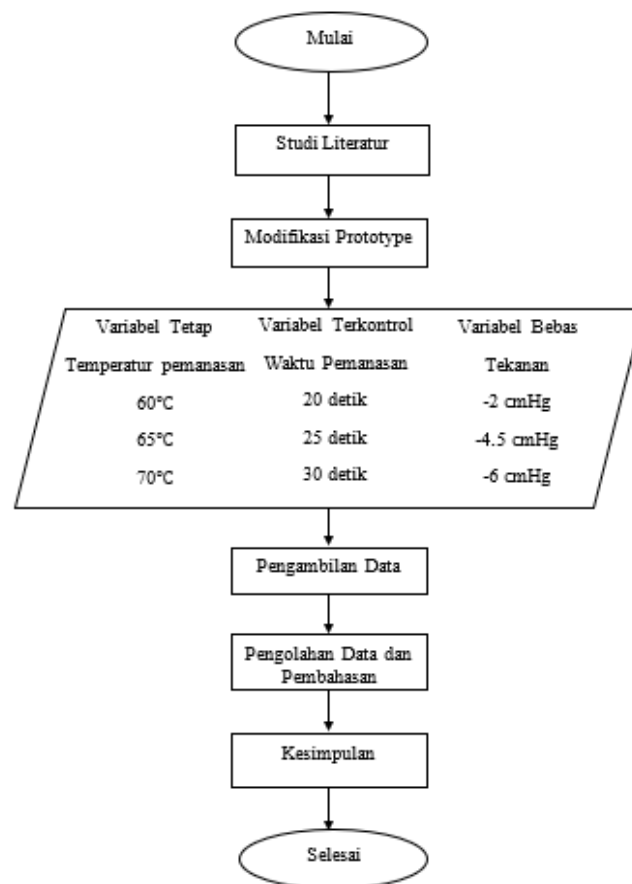
Polycarbonate

Polycarbonate adalah suatu kelompok polimer termoplastik, mudah dibentuk dengan menggunakan panas. Plastik jenis ini digunakan secara luas dalam industri kimia saat ini. Plastik ini memiliki banyak keunggulan, yaitu ketahanan termal dibandingkan dengan plastik jenis lain, tahan terhadap benturan, dan sangat bening. Polikarbonat adalah kelas polimer panas tinggi yang tidak biasa dan sangat berguna yang dikenal karena ketangguhan dan kejernihannya.

Metode Taguchi

Metode taguchi merupakan salah satu metode perbaikan mutu pada tahap desain adalah yang diperkenalkan oleh Genichi Taguchi pada tahun 1949. Dr. Genichi Taguchi merupakan konsultan manajemen mutu Jepang yang mengembangkan dan mempromosikan filosofi dan metodologi untuk melanjutkan pengembangan kualitas pada produk dan proses. “Metode Taguchi merupakan sebuah usaha untuk meningkatkan kualitas atau mutu yang fokus pada peningkatan rancangan produk dan proses yang dilakukan. Metode ini dilakukan untuk perekrayasaan dan peningkatan suatu kualitas dengan desain eksperimen untuk menemukan penyebab utama yang menonjol dalam mempengaruhi karakteristik dari kualitas pada sebuah prosedur sehingga variabel karakteristik kualitas dapat dikendalikan”.[6]

1.4 Diagram Alir



Gambar 2. Diagram alir penelitian

Penjelasan diagram alir :

1) Studi Literatur

Penelitian dimulai dengan studi literatur, peneliti akan mencari terlebih dahulu tentang jurnal-jurnal serta artikel-artikel yang berhubungan dengan penelitian yang akan dilakukan. Hal ini ditujukan sebagai landasan dan juga referensi bagi peneliti dalam melakukan proses penelitian dengan metode *vacuum forming*.

2) Modifikasi Prototype

Modifikasi prototype *vacuum forming* dibagi dalam beberapa tahapan :

- Memodifikasi ruang hampa pada mesin *vacuum* yang sebelumnya berdimensi 450 x 450 x 100 mm menjadi 450 x 450 x 60 mm. Hal ini bertujuan agar ruang hampa udara pada area *vacuum chamber* menjadi lebih pendek sehingga hal ini akan memberikan efek pemvakuman yang lebih cepat.
- Menambahkan 1 buah lagi mesin *vacuum*, total mesin *vacuum* yang akan digunakan berjumlah 2 buah, dengan daya total 1100watt dengan tekanan maksimal mencapai 10 cmHg. Hal ini ditujukan untuk mempercepat proses pemvakuman.
- Melakukan perubahan pada sector pemanas, dengan menambahkan 1 buah elemen pemanas. Maka, total elemen pemanas yang akan digunakan berjumlah 7 buah elemen pemanas, dengan daya total yang dihasilkan adalah 1500watt. Penambahan elemen pemanas ini dilakukan untuk mempercepat proses pemanasan dan juga proses pemanasan lebih optimal.

3) Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan setelah prototype selesai dimodifikasi. Proses pengambilan data dilakukan dengan menggunakan variabel-variabel penelitian yang sudah ditentukan, data tersebut didapatkan dari hasil pengujian menggunakan mesin *vacuum forming*.

4) Pengolahan Data dan Pembahasan

Setelah data hasil pengujian didapatkan, tahap selanjutnya yaitu pendataan serta mengolah data dengan menggunakan Microsoft excel. Setelah itu, data-data tersebut akan diinput ke aplikasi mintab, yang selanjutnya akan dilakukan proses penghitungan menggunakan metode taguchi. Kemudian hasil dari proses penghitungan taguchi akan dilakukan pembahasan untuk mengetahui bagaimana hasil dari penelitian.

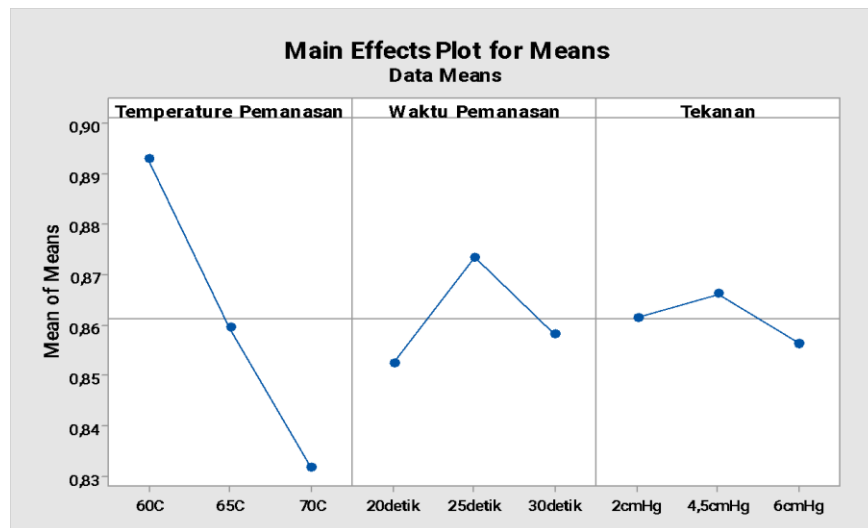
5) Kesimpulan

Berdasarkan dari pembahasan dan juga proses penelitian yang dilakukan, maka akan ditarik kesimpulan.

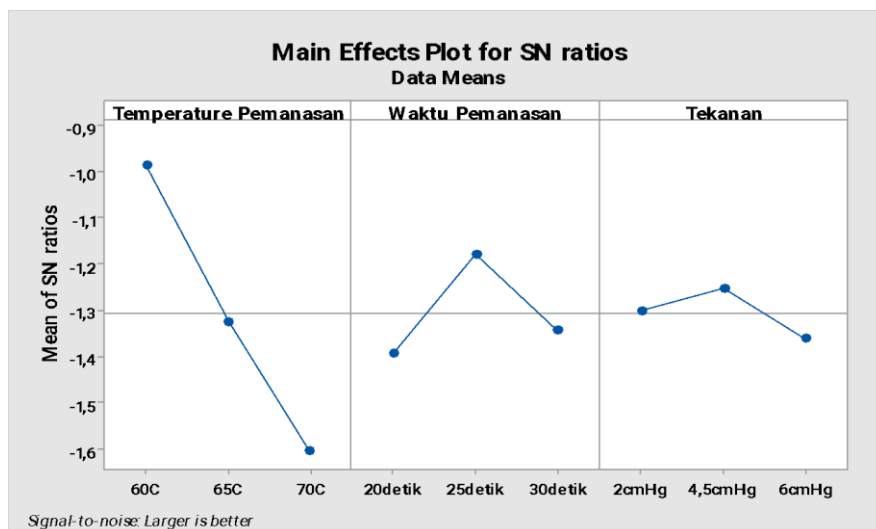
2. Pembahasan

Tabel 1 Hasil Pengujian

NoUji	Indeks Variabel			Uji 1 (%)	Uji 2 (%)	Uji 3 (%)	Rata-rata (%)
	Var. Tetap	Var. Terkontrol	Var. Bebas				
	Temperature Pemanasan	Waktu Pemanasan	Tekanan				
1	60°C	20 detik	2 cmHg	88,90%	86,85%	88,50%	88,08%
2	60°C	20 detik	4.5 cmHg	89,40%	87,20%	88,65%	88,42%
3	60°C	20 detik	6 cmHg	89,75%	87,65%	88,95%	88,78%
4	60°C	25 detik	2 cmHg	90,00%	87,85%	89,05%	88,97%
5	60°C	25 detik	4.5 cmHg	90,40%	88,15%	89,35%	89,30%
6	60°C	25 detik	6 cmHg	90,70%	88,65%	89,70%	89,68%
7	60°C	30 detik	2 cmHg	90,75%	89,05%	89,70%	89,83%
8	60°C	30 detik	4.5 cmHg	90,95%	89,40%	89,95%	90,10%
9	60°C	30 detik	6 cmHg	91,25%	90,00%	90,15%	90,47%
10	65°C	20 detik	2 cmHg	86,35%	85,40%	85,20%	85,65%
11	65°C	20 detik	4.5 cmHg	86,55%	86,20%	85,45%	86,07%
12	65°C	20 detik	6 cmHg	76,90%	76,70%	75,75%	76,45%
13	65°C	25 detik	2 cmHg	87,05%	86,95%	85,80%	86,60%
14	65°C	25 detik	4.5 cmHg	87,55%	87,30%	86,30%	87,05%
15	65°C	25 detik	6 cmHg	87,90%	87,75%	86,75%	87,47%
16	65°C	30 detik	2 cmHg	88,00%	88,15%	86,85%	87,67%
17	65°C	30 detik	4.5 cmHg	88,50%	88,40%	87,20%	88,03%
18	65°C	30 detik	6 cmHg	89,05%	88,50%	87,75%	88,43%
19	70°C	20 detik	2 cmHg	84,05%	83,55%	82,75%	83,45%
20	70°C	20 detik	4.5 cmHg	84,30%	85,70%	85,10%	85,03%
21	70°C	20 detik	6 cmHg	84,55%	86,05%	85,45%	85,35%
22	70°C	25 detik	2 cmHg	84,55%	86,10%	85,45%	85,37%
23	70°C	25 detik	4.5 cmHg	84,80%	86,30%	85,80%	85,63%
24	70°C	25 detik	6 cmHg	85,00%	86,60%	86,20%	85,93%
25	70°C	30 detik	2 cmHg	80,00%	79,60%	79,35%	79,65%
26	70°C	30 detik	4.5 cmHg	80,25%	79,85%	79,75%	79,95%
27	70°C	30 detik	6 cmHg	78,35%	78,00%	78,00%	78,12%



Gambar 3. Grafik main effect plot for means



Gambar 4. Grafik main effect plot for SN ratios

Pembahasan hasil pengujian :

Untuk data hasil dari penelitian ini didapatkan dengan melakukan pengukuran pada dimensi benda uji, menganalisa detail kontur, serta menganalisa bila ada kecacatan pada hasil pengujian. Kualitas hasil yang diperoleh dari proses penelitian ini adalah “*large is better*” dimana nilai rata-rata yang lebih besar dipilih sebagai level optimal. Berdasarkan grafik *Main Effect Plot For SN ratios* pada metode taguchi, hasil penelitian pembentukan lembaran *polycarbonate* yang sesuai dengan karakteristik *large is better* didapatkan hasil terbaik di *temperature* pemanasan 60°C, dengan waktu pemanasan 25 detik, serta pada tekanan *vacuum* sebesar 4.5cmHg. Berdasarkan data uji Taguchi, untuk variable *temperature* pemanasan didapatkan hasil terbaik pada *temperature* pemanasan diangka 60°C dengan nilai rata-rata sebesar -0.9851. Kemudian pada variable waktu pemanasan, hasil terbaik didapat pada waktu pemanasan 25detik dengan nilai rata-rata sebesar -1.1786. Kemudian untuk variable tekanan pemvacuuman, berdasarkan data uji taguchi tekanan *vacuum* terbaik didapat pada tekanan sebesar

4.5cmHg dengan nilai rata-rata sebesar -1,2531. Nilai tersebut didapatkan dari hasil perhitungan metode taguchi.

3. Simpulan

Setelah dilakukannya proses penelitian analisa kualitas hasil pembentukan *polycarbonate* terhadap pengaruh variasi tekanan, variasi *temperature* pemanasan, dan variasi waktu pemanasan dapat disimpulkan bahwa :

- 1) Hasil penelitian yang memenuhi karakteristik kualitas hasil *large is better* berdasarkan data uji taguchi di dapat pada *temperature* pemanasan 60°C, dengan waktu pemanasan 25detik, dan tekanan *vacuum* sebesar 4.5cmHg.
- 2) Melakukan perubahan pada sistem *vacuum* sangat berpengaruh pada proses pembentukan, yaitu mempercepat proses pemvacuuman produk.
- 3) Ketebalan material mempengaruhi kualitas hasil dari proses pembentukan. Hal tersebut diikuti dengan penyesuaian terhadap *temperature* dan waktu pemanasan untuk mendapatkan hasil pembentukan yang optimal.
- 4) Kualitas dari lembaran plastic juga sangat menentukan hasil dari pembentukan produk.

Ucapan Terima Kasih

Peneliti mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Dr. I Komang Astana Widi, ST., MT. selaku Kaprodi Teknik Mesin S-1 Institut Teknologi Nasional Malang atas kesempatan yang telah diberikan.
2. Bapak Febi Rahmadiano, ST., MT. selaku Dosen Pembimbing yang sudah bersedia membantu dan juga memberi masukan selama proses penelitian yang telah dilakukan.
3. Dan kepada teman-teman mahasiswa dari prodi Teknik Mesin S-1 Institut Teknologi Nasional Malang atas dukungan, dan saran yang telah diberikan selama peneliti melakukan proses penelitian hingga selesai.

Daftar Pustaka

- [1]. Kusuma, W. (2018). Mesin *Thermoforming*. *Jurnal Universitas Sumatera Utara* .
- [2]. Hakim, W. A. (2020). PENGARUH VARIASI TEKANAN VACUUM TERHADAP PENYIMPANGAN PEMBENTUKAN *POLYCARBONATE* PADA PROSES *VACUUM FORMING*. *Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta*.
- [3]. Crawford. (1987). Plastic Engineering. *Plastic Engineering, second edition, Amsterdam:Pergamon Press*.
- [4]. Hasvienda M. Ridlwan, S. P. (2020). IMPLEMENTASI PERANCANGAN PERANGKAT LUNAK UNTUK KENDALI DAN MONITORING MESIN *VACUUM FORMING* OTOMATIS. *JTIK (Jurnal Teknik Informatika Kaputama)*, 22.
- [5]. Rachmad, F. B. (2017). MODIFIKASI ALAT VACCUM FORMING UNTUK PROSES SHRINK PACKAGING. *Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia*.
- [6]. Putri Halimah, Y. E. (2020). Penerapan Metode Taguchi untuk Meningkatkan Kualitas Bata Ringan pada UD. XY Malang. *JIEMS (Journal of Industrial Engineering and Management Systems)*, 13-26.