ANALISA PENGARUH VARIASI WAKTU DAN TEMPERATUR TERHADAP PENYIMPANGAN KETEBALAN PEMBENTUKAN POLYPROPYLENE (PP) PADA PROSES VACUUM FORMING DENGAN METODE TAGUCHI

A. B. Wicaksono[1], A. D. Pratama[2], M. F. Akbar[3], M. A. Wicaksono[4]
Teknik Mesin S-1, Institut Teknologi Nasional Malang, Kota Malang, Indonesia
Email : anggerdragonoid@gmail.com

ABSTRACK

Pembuatan produk dengan menggunakan Vacuum forming dengan pengaruh variasi waktu dan temperatur serta peyimpangan pembentukan pada polypropylene. Penelitian ini menggunakan vacuum cleaner 1000watt, kekuatan vacuum 3 cmHg / 0.03 bar, elemen pemanas 1000 watt, suhu maksimal 300˚C. menggunakan bahan material polypropylene (variabel tetap) dengan ketebalan 1 mm, 1,5 mm, dan 2 mm. waktu vacuum (variabel bebas) 1 menit, 2 menit, 3 menit. temperatur (variabel terkontrol) 40˚C, 50˚C, 60˚C. Tujuannya Mengetahui pengaruh variasi waktu dan temperatur, penyimpangan pembentukan polypropylene pada proses Vacuum Forming.Pada proses Vacuum Forming metode ini dilakukan dengan memberikan perlakuan panas pada lembaran plastik hingga plastik menjadi lunak (belum mencapai titik leleh), kemudian dibentuk menyesuaikan dengan bentuk cetakan dengan cara memberikan tekanan hisap dalam ruang sampai tekanan ruangan menjadi vacuum. karakteristik dari Polypropylene adalah Ketahanan Terhadap Kimia (Asam dan Basa), Elastisitas dan Ketangguhan,ketehanan lelah, isolasi,Transmisivitas. hasil pengujian pada penelitian didapatkan Semakin kecil ketebalan polypropylene maka akan semakin kecil penyimpangan yang terjadi pada proses vacuum forming. Temperatur pemanasan yang paling berpengaruh terhadap penyimpangan pembentukan polypropylene pada proses vacuum forming terdapat pada 60 ˚C dengan waktu vacuum 2 menit. Perlu dilakukan pengembangan pada pemanas agar bisa bekerja secara optimal, Pada konstruksi vacuum chamber harus rata tengah, menghindari banyaknya udara yang terperangkap di area di area vacuum chamber sehingga dibutuhkan waktu vacuum yang lama. Untuk peneliti selajutnya bisa diperbanyak parameter hasil pengujian.

Keywords Vacuum Forming, Thermoforming, polypropylene.
Paper type Research paper

PENDAHULUAN

Bahan plastik mulai menggantikan kayu, kaca dan logam. Ini dikarenakan keunggulan plastik ringan, mudah dibentuk, anti karat, tahan bahan kimia, memiliki sifat isolasi listrik yang tinggi, dapat diwarnai atau transparan, dan biaya proses lebih murah. Berbagai jenis plastik memberikan banyak pilihan dalam penggunaan dan cara pembuatannya. Hampir di semua sektor atau bidang, barang-barang berbahan plastik selalu kita jumpai, misalnya sebagai berbagai bahan kemasan minuman, makanan, peralatan rumah tangga, elektronik, bahan kimia, bahkan industri otomotif.

Permintaan global untuk bahan plastik pp menghasilkan pasar tahunan sekitar 45 juta metrik ton dan meningkat menjadi 62 juta metrik ton pada tahun 2020. Pengguna utama polipropilen adalah industri pengemasan, yang mengkonsumsi 30%, manufaktur listrik dan peralatan 13%. Dan aplikasi lainnya dalam menggunakan bahan polypropylene. Hal ini mendorong industri kemasan makanan dan minuman skala besar dan rumahan sebagai alternatif dalam penerapan penggunaan polypropylene untuk menghindari kegagalan produk cacat.

Penelitian sebelumnya oleh Suhelmi (2007) melakukan penelitian pengemasan sayur dan buah menggunakan proses vacuum forming menggunakan bahan polypropylene dengan ukuran ketebalan 450 mm x 450 mm x 1 mm pada berbagai suhu pemanasan 30, 40 dan 50˚C dan vakum waktu 20, 30. dan 40 detik, menggunakan pemanas 200 watt dan tekanan vakum maksimum 10 kPa. Hasil yang mendekati bentuk buah apel diperoleh dengan suhu pemanasan 50°C, dan waktu vakum 40 detik.

penulis dan rekan-rekannya memiliki ide untuk berinovasi merancang alat vacuum forming yang diharapkan dapat membantu membuat kemasan makanan dengan harga yang lebih terjangkau dan proses pembuatan yang lebih cepat, oleh karena itu penulis mengambil penelitian yang berjudul : Analisa Pengaruh Variasi Waktu Dan Temperatur Terhadap Penyimpangan ketebalan Pembentukan polypropylene Pada Proses Vacuum Forming Dengan Metode Taguchi.

TEORI

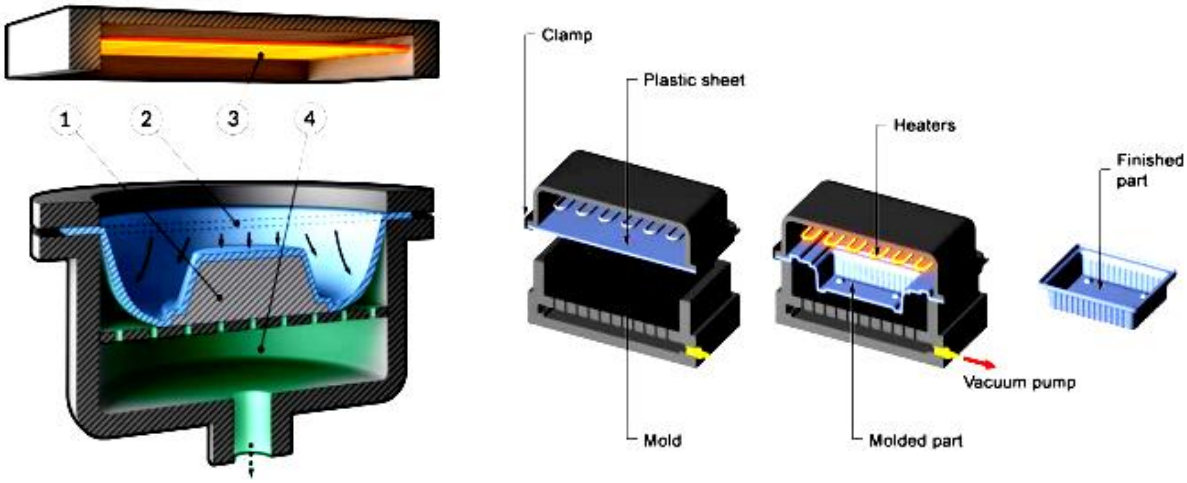
A. Thermoforming

Thermoforming adalah metode tertua dan paling populer untuk membentuk lembar plastic dengan cara memanaskan dan kemudian membentuk lembar plastik sesuai bentuk yang diinginkan dengan vakum atau tekanan pada cetakan. Ini digunakan pada pembentukan kemasan plastik (Irwansyah et al., 2017).

B. Vacuum Forming

Proses bentuk lembar plastik menggunakan vacuum forming banyak digunakan pada prosesnya yang dipengaruhi oleh faktor dalam pengerjaannya, ketebalan, jenis plastik, temperatur pemanasan, dan tekanan yang dipakai (Yohana et al., 2014).

Pembentukan vakum adalah umum dan sederhana untuk membuat produk plastik dengan pemanas dan pengepresan. Selama proses pembuatan, lembaran plastik dipanaskan kemudian dibentuk dengan mengurangi tekanan udara, pemanas didekatkan dengan lembaran plastik sampai lemas kemudian pemanas dijauhkan dan dilakukan penghisapan udara. Untuk lebih detailnya dapat dilihat pada (Gambar 2.4) .



Gambar 2.4 proses *vacuum forming*

Proses pembentukan lembaran plastik menggunakan metode vacuum forming antara lain:
1. Masukkan cetakan ke dalam proses pembentukan
2. Lembaran plastik dijepitkan pada ruangan pembentukan dan melakukan proses pemanas
3. ketika lembaran plastik lemes atur hingga temperatur yang sesuai untuk diproses
4. Udara di hisap pada ruang pemvakum an dan lembaran plastik di cetak agar sesuai dengan bentuknya.

METODE PENELITIAN

Penelitian di kerjakan dengan prosses vacuum forming. cetakan yang di pakai adalah besi holo 4x4. Panas yang diberikan disuplai dari elemen pemanas spiral dengan daya 1000 watt sampai suhu 300°C dan untuk proses vacuum menggunakan vacuum cleaner dengan lama waktu vacuum 1 menit, 2 menit, 3 menit. Tahapan penelitiannya adalah Menggunakan bahan polypropylene panjang 500 mm lebar 500 mm dengan ketebalan 1 mm, 1.5 mm, dan 2 mm. Melakukan pengaturan suhu pemanasan di thermostat pada 40°C, 50°C, dan 60°C Menentukan lama waktu vacuum pada 1 menit, 2 menit, 3 menit. dilakukan analisa hasil dari kualitas produk yang jadi, seperti hasil bentuk cetakan, penyimpangan dimensi hasil cetakan dibandingkan cetakannya. Pada pengujian polypropylene (PP) dengan mold/cetakan besi holo persegi empat berdimensi panjang x lebar x tinggi, 250mm x 40mm x 40mm. pengambilan data pengujian dibagi dalam beberapa tahap, yaitu : Penyimpangan dimensi hasil cetakan dengan cetakannya, hasil cetakan ini diukur lebarnya saja pada 3 titik dan diambil rata-ratanya. Setelah semua pengukuran pada masing-masing hasil cetakan selesai dilakukan dan diambil rata-rata akan di dapatkan data, dari data tersebut akan dilakukan analisis dengan metode taguchi.

PENGOLAHAN DATA DAN PEMBAHASAN HASIL PENGUJIAN

A. Pengolahan Data

No UJI	Index Variabel			Uji (1) (mm^3)	Uji (2) (mm^3)	Uji (3) (mm^3)	Rata- Rata (mm^3)
	Variabel Tetap (PP)	Variable Terkontrol (˚C)	Variable Bebas (Menit)				
1	1mm	40	1	41,21	41,16	41,26	41,21
2	1mm	40	2	41,14	41,09	41,19	41,14
3	1mm	40	3	40,73	40,68	40,78	40,73
4	1mm	50	1	40,59	40,54	40,64	40,59
5	1mm	50	2	41,05	41,00	41,1	41,05
6	1mm	50	3	40,92	40,87	40,97	40,92
7	1mm	60	1	40,72	40,67	40,77	40,72
8	1mm	60	2	41,12	41,07	41,17	41,12
9	1mm	60	3	40,48	40,43	40,53	40,48
10	1.5mm	40	1	41,15	41,10	41,2	41,15
11	1.5mm	40	2	41,22	41,17	41,27	41,22
12	1.5mm	40	3	41,04	40,99	41,09	41,04
13	1.5mm	50	1	41,46	41,41	41,51	41,46
14	1.5mm	50	2	41,21	41,16	41,26	41,21
15	1.5mm	50	3	40,76	40,71	40,81	40,76
16	1.5mm	60	1	40,62	40,57	40,67	40,62
17	1.5mm	60	2	40,14	40,09	40,19	40,14
18	1.5mm	60	3	40,44	40,39	40,49	40,44
19	2mm	40	1	41,25	41,20	41,3	41,25
20	2mm	40	2	41,31	41,26	41,36	41,31
21	2mm	40	3	41,09	41,04	41,14	41,09
22	2mm	50	1	41,25	41,20	41,3	41,25
23	2mm	50	2	40,64	40,59	40,69	40,64
24	2mm	50	3	40,82	40,77	40,87	40,82
25	2mm	60	1	40,51	40,46	40,56	40,51
26	2mm	60	2	40,45	40,40	40,5	40,45
27	2mm	60	3	40,53	40,48	40,58	40,53

B. Data uji taguchi

Minitab - Minitab2.MPJ - [Worksheet 1 ***]

File Edit Data Calc Stat Graph Editor Tools Window Help Assistant

↓	C1-T bahan	C2 temperatur	C3-T waktu	C4 uji 1	C5 uji 2	C6 uji 3	C7 rata-rata
1	pp1mm	40	1mnt	41,21	41,16	41,26	41,21
2	pp1mm	40	1mnt	41,14	41,09	41,19	41,14
3	pp1mm	40	1mnt	40,73	40,68	40,78	40,73
4	pp1mm	50	2mnt	40,59	40,54	40,64	40,59
5	pp1mm	50	2mnt	41,05	41,00	41,10	41,05
6	pp1mm	50	2mnt	40,92	40,87	40,97	40,92
7	pp1mm	60	3mnt	40,72	40,67	40,77	40,72
8	pp1mm	60	3mnt	41,12	41,07	41,17	41,12
9	pp1mm	60	3mnt	40,48	40,43	40,53	40,48
10	pp1,5mm	40	2mnt	41,15	41,10	41,20	41,15
11	pp1,5mm	40	2mnt	41,22	41,17	41,27	41,22
12	pp1,5mm	40	2mnt	41,04	40,99	41,09	41,04
13	pp1,5mm	50	3mnt	41,46	41,41	41,51	41,46
14	pp1,5mm	50	3mnt	41,21	41,16	41,26	41,21
15	pp1,5mm	50	3mnt	40,76	40,71	40,81	40,76
16	pp1,5mm	60	1mnt	40,62	40,57	40,67	40,62
17	pp1,5mm	60	1mnt	40,14	40,09	40,19	40,14
18	pp1,5mm	60	1mnt	40,44	40,39	40,49	40,44
19	pp2mm	40	3mnt	41,25	41,20	41,30	41,25
20	pp2mm	40	3mnt	41,31	41,26	41,36	41,31
21	pp2mm	40	3mnt	41,09	41,04	41,14	41,09
22	pp2mm	50	1mnt	41,25	41,20	41,30	41,25
23	pp2mm	50	1mnt	40,64	40,59	40,69	40,64
24	pp2mm	50	1mnt	40,82	40,77	40,87	40,82
25	pp2mm	60	2mnt	40,51	40,46	40,56	40,51
26	pp2mm	60	2mnt	40,45	40,40	40,50	40,45
27	pp2mm	60	2mnt	40,53	40,48	40,58	40,53

C. Hasil Analisa Taguchi

——— 22/11/2021 10:23:49 ———————————————

Welcome to Minitab, press F1 for help.

Taguchi Design

Taguchi Orthogonal Array Design

L27(3**3)

Factors: 3
Runs: 27

Columns of L27(3**13) Array

1 2 3

Taguchi Analysis: rata rata versus bahan; temperatur; waktu

Response Table for Signal to Noise Ratios
Smaller is better

Level	bahan	temperatur	waktu
1	-32,23	-32,28	-32,21
2	-32,23	-32,25	-32,22
3	-32,23	-32,16	-32,27
Delta	0,00	0,12	0,06
Rank	3	1	2

Response Table for Means

Level	bahan	temperatur	waktu
1	40,88	41,13	40,78
2	40,89	40,97	40,83
3	40,87	40,56	41,04
Delta	0,02	0,57	0,27
Rank	3	1	2

Response Table for Standard Deviations

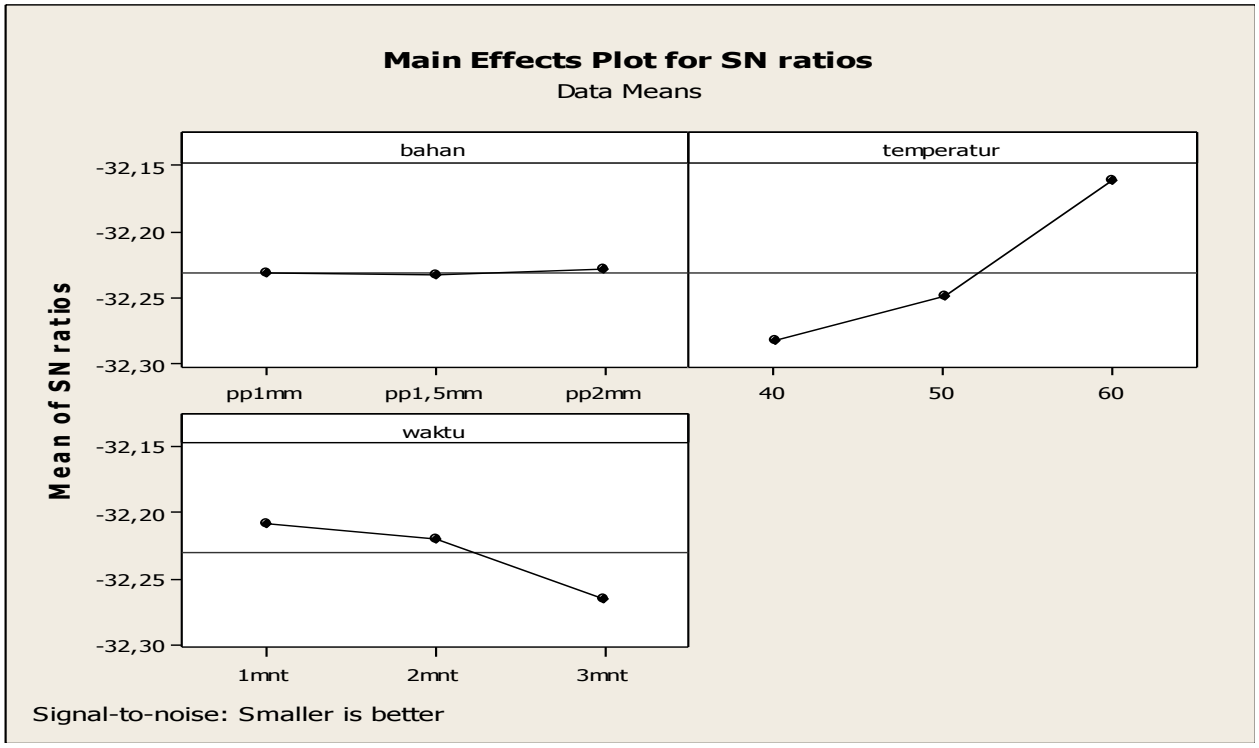
Level	bahan	temperatur	waktu
1	0,2732	0,1546	0,2717
2	0,2293	0,3018	0,1232
3	0,1563	0,2025	0,2639
Delta	0,1170	0,1472	0,1486
Rank	3	2	1

Main Effects Plot for Means

Main Effects Plot for StDevs

Main Effects Plot for SN ratios

D. Grafik Analisa Taguchi



E. Pembahasan Hasil Pengujian

Variasi temperatur pemanasan polypropylene pada proses vacuum forming yang diantaranya 40˚C, 50˚C, dan 60˚C. Dari analisa pengaruh temperatur pemanasan polypropylene berdasarkan grafik pada gambar diatas, didapat nilai penyimpangan terkecil dengan Smaller is better terdapat pada temperatur 60 ˚C yaitu 40,14 mm. Hal ini terjadi karena " penentuan suhu optimal proses pembentukan polypropylene dengan proses vacuum forming pada set point 60˚C, profil terbentuk secara sempurna tidak ada muncul gelembung / koyak akibat pemanasan berlebih". Variasi waktu vacuum pada proses vacuum forming yang diantaranya 1 menit, 2 menit, 3 menit. Dari analisa pengaruh waktu vacuum berdasarkan grafik diatas, dapat dilihat bahwa nilai penyimpangan terkecil dengan Smaller is better terdapat pada waktu vacuum 2 menit yaitu 40,14 mm. Hal ini terjadi karena polypropylene yang sudah mencapai suhu elastisitas akan mengikuti bentuk moulding dengan baik jika semakin lama dilakukan proses pemvacuuman. Variasi ketebalan polypropylene pada proses vacuum forming yang diantaranya 1 mm, 1,5 mm, dan 2 mm. Dari analisa pengaruh ketebalan bahan polypropylene berdasarkan grafik pada gambar diatas, dapat dilihat bahwa nilai penyimpangan terkecil dengan Smaller is better terdapat pada ketebalan polypropylene 1,5 mm yaitu 40,14 mm. Hal ini terjadi karena "ketebalan bahan merupakan parameter dari hasil cetak dari plastik prosses vacuum forming".

KESIMPULAN

Setelah dilakukan beberapa serangkaian pengujian, analisa dan observasi terhadap hasil pengujian, maka pada penelitian ini dapat disimpulkan beberapa hal yaitu : Variabel terikat yang paling berpengaruh terhadap penyimpangan pembentukan polypropylene pada proses vacuum forming terdapat pada ketebalan 1,5 mm. Semakin kecil ketebalan polypropylene maka akan semakin kecil penyimpangan yang terjadi pada proses vacuum forming. Temperatur pemanasan yang paling berpengaruh terhadap penyimpangan pembentukan polypropylene pada proses vacuum forming terdapat pada 60 ˚C. Holding / waktu vacuum yang paling berpengaruh terhadap penyimpangan pembentukan polypropylene pada proses vacuum forming terdapat pada 2 menit.

REFERENCES

[1] Harasta, L. P., Landis, N. C., & Reafler, G. G. (1989). *"Thermoforming Method".* US07430756.

[2] irwan. (2007). vacuum thermoforming machine. Poly Scientific Journal 2.

[3] Julianti, Sri. (2014). The Art of Packaging. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.

[4] Yohana, E., Wibowo, DB, Department, M., Machinery, T., Engineering, F., Diponegoro, U., Department, D., Machinery, T., Engineering, F., & Diponegoro, U. (2014). Capable of Forming Plastic In Vacuum Forming Process With Pressure 0.979 Bar, 0.959 Bar, 0.929 Bar, 0.909 Bar At Temperature 200 Âoc. Journal of Mechanical Engineering, 2(2), 120–128.

[5] Cahyadi, (2016) *"Inovasi Vacuum Morfer".* Makasar : Seminar Nasional Lemlit.

[6] Irwansyah, D., Budiyantoro, C., & Sunardi. (2017). Design of Vacuum Forming Machine For Polystyrene (Ps) Plastic Material With Maximum Mold Size. Materials And Manufacturing Processes, 1(2), 87–95.

[7] Cahyadi, D., & Lanta L., L. L. (2018). Technical Engineering Study of Molding Vacuum Forming Methods For Applications In Design Of Packaging Makers. TANRA: Journal of Visual Communication Design, Faculty of Art and Design, Makassar State University, 5(2), 9. https://doi.org/10.26858/tanra.v5i2.7136

[8] Man, H. S., & Prasetya, S. (2018). Design and Build Automation Systems on Vacuum Forming Machines. National Seminar on Mechanical Engineering 2018, 1, 103–110.

[9] Baliram, S. B. et al. (2018). Pabrik Dan Pengembangan Mesin Vacuum Forming Dan Die. Maharashtra: SND college, Babulgoan, Yeola, Maharashtra.

[10] Marthen kambarak manujawa (2019) Pengemasan dengan Plastik Polipropilen dan Lama Penyimpanan terhadap Susut Berat dan Vitamin A Wortel volume 24, nomor 02, april 2019, halaman 84-89**.** Http://ejournal.warmadewa.ac.id/index.php/gema-agro

[11] Zhang, dkk. (2019). Eksperimen dan Pemodelan untuk Aplikasi Aeronautika dan Dirgantara Seri Editor Piotr Breitkopf. Inggris: ISTE Press Ltd.

[12] Kopeliovich, D. (2021, September Thursday). http://www.substech.com. Dipetik 10 16, 2021, dari http://www.substech.com/dokuwiki/doku.php?id=thermoforming