

**ANALISA KUALITAS HASIL PEMBENTUKAN LEMBARAN  
*POLYCARBONATE* TERHADAP PENGARUH VARIASI TEKANAN,  
VARIASI TEMPERATUR, DAN VARIASI WAKTU PEMANASAN PADA  
PROSES *VACUUM FORMING* DENGAN METODE TAGUCHI**

**SKRIPSI**



**DISUSUN OLEH :**

**NAMA : CHARIS SETIAWAN TELAUMBANUA**

**NIM : 18.11.008**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN S-1  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

**2022**

**ANALISA KUALITAS HASIL PEMBENTUKAN LEMBARAN  
*POLYCARBONATE* TERHADAP PENGARUH VARIASI TEKANAN,  
VARIASI TEMPERATUR, DAN VARIASI WAKTU PEMANASAN PADA  
PROSES *VACUUM FORMING* DENGAN METODE TAGUCHI**

**SKRIPSI**

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST)  
Program Studi Teknik Mesin

**DISUSUN OLEH:**

**NAMA : CHARIS SETIAWAN TELAUMBANUA**

**NIM : 18.11.008**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN S-1  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

**2022**

LEMBAR PERSETUJUAN

Skripsi

ANALISA KUALITAS HASIL PEMBENTUKAN LEMBARAN  
*POLYCARBONATE* TERHADAP PENGARUH VARIASI TEKANAN,  
VARIASI TEMPERATUR, DAN VARIASI WAKTU PEMANASAN PADA  
PROSES *VACUUM FORMING* DENGAN METODE TAGUCHI



DISUSUN OLEH:

NAMA : CHARIS SETIAWAN TELAUMBANUA  
NIM : 18.11.008

Malang, Agustus 2022

Diperiksa Dan Disetujui,  
Dosen Pembimbing

Mengetahui,  
**Ketua Program Studi Teknik Mesin S-1**



**Dr. I Komang Astana Widi, ST. MT.**  
NIP. Y. 1030400405



**Febi Rahmadiano, ST. MT.**  
NIP. P. 1031500490



**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI**  
**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

Nama : Charis Setiawan Telaumbanua  
NIM : 1811008  
Jurusan / Bidang : Teknik Mesin / Manufaktur Produksi  
Program Studi : Teknik Mesin S-1  
Judul Skripsi : **ANALISA KUALITAS HASIL PEMBENTUKAN  
LEMBARAN *POLYCARBONATE* TERHADAP  
PENGARUH VARIASI TEKANAN, VARIASI  
TEMPERATUR, DAN VARIASI WAKTU  
PEMANASAN PADA PROSES *VACUUM FORMING*  
DENGAN METODE TAGUCHI**

Dipertahankan Dihadapan Tim Penguji Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1) Pada :  
Hari : Jumat  
Tanggal : 15 Juli 2022  
Telah Dievaluasi Dengan Nilai : 84,75 (A)

Panitia Ujian Skripsi

Ketua Program Studi Teknik Mesin S-1

Dr. I Komang Astana Widi, ST., MT.  
NIP. Y. 1030400405

Sekretaris Teknik Mesin S-1

Febi Ramadianto, ST., MT.  
NIP. P. 1031500490

Anggota Penguji

Dosen Penguji 1

Dr. I Komang Astana Widi, ST, MT.  
NIP. Y. 1030400405

Dosen Penguji 2

Rosadila Febritasari, ST., MT.  
NIP. P. 1032200602

## PERNYATAAN KEASLIAN ISI TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

**Nama : CHARIS SETIAWAN TELAUMBANUA**

**NIM : 1811008**

Mahasiswa Program Studi Teknik Mesin S-1, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang.

### Menyatakan

Bahwa skripsi yang saya buat ini adalah hasil karya saya sendiri dan bukan hasil dari karya orang lain, kecuali kutipan yang telah disebutkan sumbernya.

Demikian surat pernyataan keaslian ini saya buat dengan data yang sebenarnya.

Malang, 3 Agustus 2022



Charis Setiawan Telaumbanua  
18.11.146

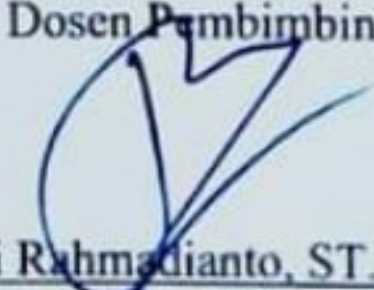
v

### LEMBAR ASISTENSI LAPORAN SKRIPSI

Nama : Charis Setiawan Telaumbanua  
NIM : 1811008  
Program Studi : Teknik Mesin S-1  
Judul Skripsi : Analisa Kualitas Hasil Pembentukan Lembaran  
*Polycarbonate* Terhadap Pengaruh Variasi Tekanan,  
Variasi Temperature, Dan Variasi Waktu Pemanasan  
Pada Proses *Vacuum forming* dengan Metode Taguchi

No	Materi Bimbingan	Waktu	Paraf
1	Pengajuan Judul Skripsi	1 Maret 2022	
2	Konsultasi Bab I	7 Maret 2022	
3	Konsultasi Bab II	15 Maret 2022	
4	Konsultasi Bab III	21 Maret 2022	
5	Daftar Seminar Proposal	1 April 2022	
6	Seminar Proposal	5 April 2022	
7	Rekonstruksi <i>Prototype</i>	7 April 2022	
8	Persiapan Bahan Penelitian	20 April 2022	
9	Proses Pengambilan Data	26 April 2022	
10	Konsultasi Bab IV	17 Mei 2022	
11	Konsultasi Bab V	25 Mei 2022	
12	Daftar Seminar Hasil	2 Juni 2022	
13	Seminar Hasil	7 Juni 2022	
14	Daftar Ujian Skripsi	13 Juli 2022	
15	Ujian Skripsi	15 Juli 2022	

Diperiksa dan Disetujui  
Dosen Pembimbing

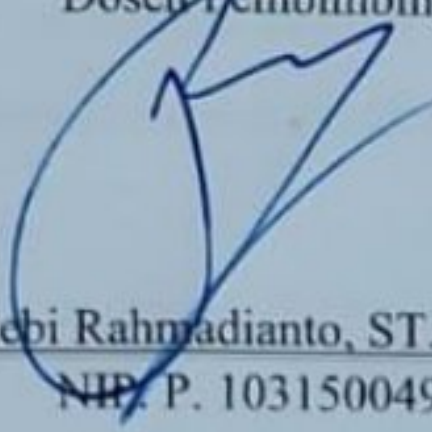
  
Febi Rahmadianto, ST., MT.  
NIP. P. 1031500490

### LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : Charis Setiawan Telaumbanua  
NIM : 1811008  
Program Studi : Teknik Mesin S-1  
Judul Skripsi : Analisa Kualitas Hasil Pembentukan Lembaran  
*Polycarbonate* Terhadap Pengaruh Variasi  
Tekanan, Variasi Temperature, Dan Variasi Waktu  
Pemanasan Pada Proses *Vacuum Forming* Dengan  
Metode Taguchi  
Dosen Pembimbing : Febi Rahmadianto, ST., MT.

Tanggal Mengajukan Skripsi : 1 Maret 2022  
Tanggal Menyelesaikan Skripsi : 15 Juli 2022  
Dosen Pembimbing : Febi Rahmadianto, ST., MT.  
Telah Dievaluasi Dengan Nilai : 84,75

Diperiksa dan Disetujui  
Dosen Pembimbing

  
Febi Rahmadianto, ST., MT.  
NIP. P. 1031500490

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan yang maha Esa yang telah melimpahkan berkat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Penelitian dan Laporan Skripsi ini dengan tepat waktu. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu prasyarat untuk menyelesaikan studi dan memperoleh gelar Sarjana Strata-1 pada Program Studi Teknik Mesin S-1, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang.

Penyelesaian skripsi ini tidak akan berhasil tanpa bimbingan, motivasi, dan keinginan beserta doa dari berbagai pihak yang telah membantu penulis baik secara langsung maupun tidak langsung, sehubungan dengan itu, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Prof. Dr. Eng. Ir. Abraham Lomi, MSEE., selaku Rektor ITN Malang.
2. Dr. Ellysa Nuranti, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri ITN Malang.
3. Dr. I Komang Astana Widi, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin S-1 ITN Malang.
4. Bapak Febi Rahmadianto, ST., MT., selaku dosen pembimbing skripsi.
5. Bapak Ir. Drs. Eko Edy Susanto, MT., selaku dosen wali.
6. Orang tua beserta keluarga, terimakasih atas doa, dukungan, dan motivasi demi terselesaikannya skripsi ini.
7. Rekan sekelompok dan teman-teman Teknik Mesin S-1 yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan dapat dikembangkan lagi dikemudian hari untuk penelitian selanjutnya.

Malang, 3 Agustus 2022

Penulis



ANALISA KUALITAS HASIL PEMBENTUKAN LEMBARAN *POLYCARBONATE*  
TERHADAP PENGARUH VARIASI TEKANAN, VARIASI TEMPERATUR, DAN VARIASI  
WAKTU PEMANASAN PADA PROSES *VACUUM FORMING* DENGAN METODE  
TAGUCHI

**ABSTRAK**

Penelitian ini merupakan proses pembentukan lembaran plastik dengan metode *vacuum forming*, yang bertujuan untuk menganalisa kualitas hasil dari lembaran plastik yang dibentuk dengan metode *vacuum forming*. Data hasil pembentukan selanjutnya dianalisa dengan metode taguchi. Penelitian yang akan dilaksanakan dibatasi hanya sebatas untuk menganalisa lembaran plastik setelah dibentuk. Penelitian menggunakan lembaran plastik berjenis *polycarbonate* dengan ketebalan 1mm, material plastik jenis ini saya pilih karena *polycarbonate* merupakan salah satu material plastik yang memiliki daya tahan panas yang cukup tinggi. 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 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. Hasil perhitungan taguchi menggunakan ketentuan *large is better* dan data perhitungan taguchi berdasarkan perhitungan *SN Ratio*. Metode analisa taguchi digunakan untuk menemukan penyebab utama yang mempengaruhi karakteristik kualitas dari proses pembentukan, hal ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas hasil dari proses pembentukan.

**ABSTRACT**

*This study is a process of forming plastic sheets using the vacuum forming method, with the goal of analyzing the quality of the results of the vacuum forming method. The taguchi method was used to analyze the resulting data. The investigation will be limited to analyzing the plastic sheet after it has been formed. I chose a polycarbonate type plastic sheet with a thickness of 1mm for the study because polycarbonate is a plastic material with a relatively high heat resistance. This study will employ several variables, including heating temperatures of 60°C, 65°C, and 70°C; warm-up times of 20 seconds, 25 seconds, and 30 seconds; and vacuum Pressures of 2cmHg, 4.5cmHg, and 6cmHg. Based on the data obtained after the formation process, the best formation results were obtained at the following parameters: heating temperature: 60C; heating time: 25seconds; and vacuum Pressure in numbers: 4.5cmHg. The taguchi calculation data is based on the calculation of the SN Ratio, and the result of the taguchi calculation uses the provision of large is better. The Taguchi analysis method is used to identify the primary causes that affect the quality characteristics of the forming process, with the goal of improving the quality of the forming process's results.*

**Kata Kunci:** *Vacuum forming, Polycarbonate, PC, Metode Taguchi*

## DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN.....	iii
BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI.....	iv
PERNYATAAN KEASLIAN ISI TULISAN.....	v
LEMBAR ASISTENSI LAPORAN SKRIPSI .....	vi
LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI.....	vii
KATA PENGANTAR .....	viii
ABSTRAK .....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II DASAR TEORI .....	6
2.1 Penelitian Terkait .....	6
2.2 <i>Thermoforming</i> .....	7
2.2.1 Cacat Pada Proses <i>Thermoforming</i> .....	10
2.3 <i>Vacuum forming</i> .....	10
2.3.1 Metode <i>Vacuum forming</i> .....	12
2.3.2 Terminologi <i>Vacuum</i> .....	13
2.4 <i>Polycarbonate</i> .....	14
2.5 Uji Visual .....	15
2.6 Metode Taguchi.....	16
2.6.1 Langkah Penelitian Taguchi. ....	17
BAB III METODE PENELITIAN.....	22
3.1 Diagram Alir.....	22
3.2 Perencanaan Penelitian.....	23

3.3 Waktu dan Tempat Penelitian .....	24
3.4 Komponen Perancangan.....	25
3.4.1 Alat.....	26
3.5 Konsep Rekonstruksi.....	40
3.6 Tahapan Rekonstruksi .....	41
3.7 Analisa Penentuan Karakteristik Kualitas .....	45
3.8 Langkah Penelitian .....	46
3.9 Pengujian .....	46
3.10 Langkah Pengambilan Data.....	48
<b>BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>57</b>
4.1 Pengolahan Data Hasil Pengujian .....	57
4.2 Data Uji Taguchi .....	58
4.2.1 Input Data Taguchi .....	58
4.2.2 Hasil Analisa Taguchi.....	59
4.2.3 Grafik Analisa Taguchi.....	59
4.3 Hasil Pengujian.....	60
<b>BAB V KESIMPULAN.....</b>	<b>62</b>
5.1 Kesimpulan.....	62
5.2 Saran .....	62
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>63</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>66</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Pressure Thermoforming</i> .....	8
Gambar 2.2 <i>Vacuum Thermoforming</i> .....	9
Gambar 2.3 <i>Mechanical Thermoforming</i> .....	9
Gambar 2.4 <i>Vacuum Forming</i> .....	11
Gambar 2.5 Tahapan Pembentukan <i>Vacuum Forming</i> .....	12
Gambar 3.1. Diagram Alir .....	22
Gambar 3.2 <i>Prototype Vacuum Forming</i> .....	26
Gambar 3.3 Penggaris .....	26
Gambar 3.4 Mesin Gerinda .....	27
Gambar 3.5 Mesin Bor .....	27
Gambar 3.6 Palu .....	27
Gambar 3.7 Gunting .....	28
Gambar 3.8 Tang .....	28
Gambar 3.9 Obeng .....	28
Gambar 3.10 Kunci T .....	29
Gambar 3.11 Kunci Kombinasi .....	29
Gambar 3.12 <i>Cutter</i> .....	29
Gambar 3.13 Mesin Las .....	30
Gambar 3.14 Rol Meter .....	30
Gambar 3.15 Jangka Sorong .....	30
Gambar 3.16 Gergaji .....	31
Gambar 3.17 <i>Vacuum Cleaner</i> .....	31
Gambar 3.18 Mata Gerinda .....	32
Gambar 3.19 Elemen Pemanas Spiral .....	32
Gambar 3.20 <i>Aluminium Foil Tape</i> .....	33
Gambar 3.21 Lem <i>Sealant</i> .....	33
Gambar 3.22 <i>Polycarbonate</i> .....	34
Gambar 3.23 Mata Bor .....	34
Gambar 3.24 Lem Rajawali .....	35
Gambar 3.25 <i>Plywood Triplek</i> .....	35
Gambar 3.26 <i>Double Tape Foam</i> .....	36
Gambar 3.27 Kabel .....	36

Gambar 3.28 Terminal Kabel.....	37
Gambar 3.29 <i>Cable Tie</i> .....	37
Gambar 3.30 Sekrup.....	38
Gambar 3.31 Lem Besi .....	38
Gambar 3.32 Lakban Hitam.....	39
Gambar 3.33 Mur Baut .....	39
Gambar 3.34 Elektroda .....	40
Gambar 3.35 <i>Prototype Vacuum Forming</i> Yang Telah Direkonstruksi .....	41
Gambar 3.36 Pembongkaran Mesin <i>Vacuum Forming</i> .....	41
Gambar 3.37 Menghitung Ukuran Awal <i>Vacuum Chamber</i> .....	42
Gambar 3.38 Pemotongan <i>Plywood</i> Triplek Yang Lama .....	42
Gambar 3.39 Ukuran Dimensi <i>Vacuum Cleaner</i> Pada <i>Plywood</i> Triplek .....	43
Gambar 3.40 Pemotongan <i>Plywood</i> Triplek Untuk <i>Vacuum Cleaner</i> .....	43
Gambar 3.41 Proses Pemasangan Dan Pemberian Lem Pada <i>Plywood</i> Triplek... 43	
Gambar 3.42 Pemasangan <i>Double Vacuum</i> .....	44
Gambar 3.43 Proses Penggantian Elemen Pemanas .....	44
Gambar 3.44 <i>Heater</i> Setelah Direkonstruksi .....	45
Gambar 3.45 Uji Coba Terhadap <i>Prototype</i> .....	45
Gambar 3.46 Pengukuran Lembaran <i>Polycarbonate</i> .....	49
Gambar 3.47 Pemotongan Lembaran <i>Polycarbonate</i> .....	49
Gambar 3.48 Peletakan Cetakan Di Atas <i>Vacuum Chamber</i> .....	50
Gambar 3.49 Menjepit Lembaran <i>Polycarbonate</i> .....	50
Gambar 3.50 <i>Setting</i> Temperatur .....	51
Gambar 3.51 <i>Setting</i> Waktu Pemanasan .....	51
Gambar 3.52 Proses Pemanasan Lembaran <i>Polycarbonate</i> .....	52
Gambar 3.53 Peletakan Penjepit Ke <i>Vacuum Chamber</i> .....	52
Gambar 3.54 <i>Setting</i> Tekanan Pevakuman .....	53
Gambar 3.55 Proses Pevakuman Lembaran <i>Polycarbonate</i> .....	53
Gambar 3.56 Proses Pendinginan Lembaran <i>Polycarbonate</i> .....	54
Gambar 3.57 Pelepasan Lembaran <i>Polycarbonate</i> .....	54
Gambar 3.58 Proses Pengukuran Dimensi Hasil .....	55
Gambar 3.59 Analisa Cacat Dan Detail Kontur.....	55
Gambar 4.1 Grafik <i>Main Effect Plot For Means</i> .....	59
Gambar 4.2 Grafik <i>Main Effect Plot For SN ratios</i> .....	60

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Alat dan Bahan.....	25
Tabel 3.2 Pengujian.....	48
Tabel 4.1 Data Hasil Uji.....	57
Tabel 4.2 Hasil Input Data Taguchi .....	58