

**PERANCANGAN MESIN *VACUUM FORMING* UNTUK  
MATERIAL PLASTIK *POLYSTYRENE* (PS) DENGAN  
UKURAN MAKSIMAL CETAKAN 400x300x150 (mm)**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Guna Memenuhi Persyaratan Untuk Mencapai Derajat  
Strata-1 Pada Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas  
Muhammadiyah Yogyakarta**



**Disusun Oleh :  
DIKI IRWANSYAH  
20130130330**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA  
YOGYAKARTA  
2017**

## **PERNYATAAN**

**Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi ini adalah asli hasil karya saya dan tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di Perguruan Tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau dipublikasikan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis disebutkan sumbernya dalam naskah dan dalam daftar pustaka.**

**Yogyakarta, September 2017**

**Diki Irwansyah**

## LEMBARAN PERSEMBAHAN

*Alhamdulillah Rabbil'Alamin.*

Sujud serta Puji syukur ke hadirat Allah SWT, karena dengan limpahan rahmat, nikmat serta hidayah-Nya telah memberikan kekuatan sehingga Akhirnya tugas akhir yang sederhana ini dapat terselesaikan. Tak lupa pula Shalawat serta salam senantiasa tetap tercurahkan kepada Nabi Besar Muhammad SAW.

Saya persembahkan karya yang sederhana ini kepada orang yang sangat saya cintai, kasihi dan sayangi.

### **Ibunda dan Ayahanda Tercinta**

Rasa terimakasih yang tiada terhingga kepada ibu dan ayah yang telah memberikan kasih sayang, segala dukungan dan cinta kasih tanpa batas yang tidak mungkin dapat kubalas. Semoga ini dapat menjadi langkah awal untuk membuat ibu dan ayah bahagia. Karena, kusadar selama ini belum melakukan banyak hal untuk ibu dan ayah. Terimakasih untuk ibu dan ayah yang sudah menjadi pahlawan dihidupku, yang selalu membuatku termotivasi, memberiku kasih sayang, selalu mendoakanku, selalu mengingatkanku untuk menjadi lebih baik.

Terimakasih untuk semuanya ibu dan ayah.. semoga ibu dan ayah sehat selalu.

### **My Brother's and Sister**

Untuk abangku terimakasih untuk doa, dukungan, motivasi, nasehat dan menjadi panutan bagiku selama ini. Untuk adik-adikku terimakasih sudah memberikan banyak doa dan dukungan dalam segala hal. Meskipun kita tidak tinggal bersama tapi kita tetap saling menjaga. Aku akan selalu melakukan yang terbaik untuk kalian semua..

## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum wa rahmatullahi wa barakatu.*

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, karena dengan limpahan rahmat, nikmat serta hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan tugas akhir dengan judul “Perancangan Mesin *Vacuum Forming* Untuk Material Plastik *Polystyrene* (PS) Dengan Ukuran Maksimal Cetakan 400x300x150 (mm)”. Tak lupa shalawat beserta salam senantiasa tetap tercurahkan kepada Nabi Besar Muhammad SAW, yang telah menyampaikan ajaran Islam sehingga kita semua dapat hidup di jaman yang terang benderang seperti sekarang.

Penulisan tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Dalam penulisan tugas akhir ini tidak lepas dari hambatan dan kesulitan, namun berkat bimbingan, bantuan, nasehat dan saran serta kerjasama dari berbagai pihak, khususnya pembimbing, segala hambatan tersebut akhirnya dapat diatasi dengan baik.

Dalam penyusunan dan penulisan tugas akhir ini tentunya tidak lepas dari kekurangan, baik aspek kualitas maupun aspek kuantitas dari materi perancangan yang disajikan. Semua ini didasarkan dari keterbatasan yang dimiliki penulis.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini jauh dari sempurna sehingga penulis membutuhkan kritik dan saran yang bersifat membangun untuk kemajuan pendidikan dimasa yang akan datang. Selanjutnya dalam penulisan skripsi ini penulis banyak diberi bantuan oleh berbagai pihak. Sehingga, pada kesempatan ini penulis dengan tulus hati mengucapkan terimakasih kepada :

1. Allah SWT.
2. Kedua orang tua, Abang dan Adik-adik saya yang sangat saya cintai yang telah memberikan dukungan moral, materi, motivasi, semangat dan kasih sayang.

3. Bapak Berli Paripurna Kamiel, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
4. Bapak Cahyo Budiyanoro, S.T., M.Sc. dan Bapak Sunardi, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir, terimakasih banyak atas bimbingan, arahan, dan nasehat yang telah diberikan.
5. Bapak Totok Suwanda, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji Tugas Akhir.
6. Semua dosen Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta yang telah memberikan segenap ilmu pengetahuan dan moral yang sangat berguna bagi saya dalam mengerjakan dan menyelesaikan Tugas Akhir.
7. Mbak Widi, Pak Joko, Pak Muji dan semua staf gedung G6. Laboratorium Teknik Mesin yang telah banyak memberikan bantuan selama ini.
8. Crew Rumah Guild “Qodri, Kemal, Eric, Gusman, Fiqih, Budin, Budianto, Budi Angga dan Iqbal” terimakasih untuk dukungan, bantuan, dan doanya.
9. Teman-teman angkatan 2013 yang selalu memberi dukungan dan semangat. Terimakasih kenangannya selama 4 tahun ini. Semoga tetap menjaga keakraban diantara teman-teman semua.
10. Semua pihak terkait yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Terimakasih banyak.

Yogyakarta, September 2017

Diki Irwansyah

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xii</b>
<b>INTISARI</b> .....	<b>xv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Perancangan.....	2
1.5 Manfaat Perancangan.....	3
1.6 Metodologi Perancangan.....	3
<b>BAB II LANDASAN TEORI</b>	
2.1 Tinjauan Pustaka.....	4
2.2 Dasar Teori.....	5
2.2.1 Plastik.....	5
2.2.2 <i>Polystyrene</i> (PS).....	6
2.2.3 Proses Pembentukan Plastik.....	6
2.2.4 <i>Thermoforming</i> .....	7
2.3 Termodinamika.....	9
2.3.1 Hukum I Termodinamika.....	9
2.3.2 Sistem Tertutup dan Sistem Terbuka.....	9
2.4 Perpindahan Kalor.....	10
2.4.1 Konduksi.....	10
2.4.2 Konveksi.....	11
2.5 Tekanan.....	13
2.5.1 Satuan Tekanan.....	14
2.6 <i>Software</i> Perancangan.....	16
2.6.1 <i>Software Autodesk Inventor Professional 2016</i> .....	17

### **BAB III METODE PERANCANGAN**

3.1	Diagram Alir Perancangan.....	18
3.2	Penjelasan Metode Perancangan.....	19
3.2.1	Studi Literatur.....	19
3.2.2	Identifikasi Masalah.....	19
3.2.3	Pengolahan Data.....	19
3.2.4	Pembuatan Sketsa.....	19
3.2.5	Pembuatan Disain 2D dan 3D Model.....	19
3.2.6	Simulasi Mekanisme Disain.....	20
3.2.7	Hasil dan Pembahasan.....	20
3.3	Bahan Plastik dan Komponen Mesin.....	20
3.3.1	Bahan Plastik.....	20
3.3.2	Komponen Mesin.....	20

### **BAB IV PEMBAHASAN**

4.1	Perhitungan Waktu Pemanasan Lembaran Plastik.....	21
4.1.1	Menghitung Jumlah kalor Pada Udara ( $Q_{udara}$ ).....	23
4.1.2	Menghitung Jumlah Kalor Pada Plastik ( $Q_{plastik}$ ).....	24
4.1.3	Menghitung Waktu Pemanasan Lembaran Plastik ( $\Delta t$ ).....	25
4.2	Perhitungan Waktu Pendinginan Lembaran Plastik.....	26
4.2.1	Mencari Bilangan Grashof ( $Gr$ ).....	26
4.2.2	Mencari Bilangan Rayleigh ( $Ra=Gr.Pr$ ).....	27
4.2.3	Mencari Bilangan Nusselt ( $Nu$ ).....	27
4.2.4	Menghitung Waktu Pendinginan Lembaran Plastik ( $\Delta t$ ).....	27
4.3	Perhitungan Waktu Vakum.....	28
4.3.1	Menghitung Waktu Vakum.....	29
4.4	<i>Cycle Time Process</i> .....	31
4.5	Disain Mesin <i>Vacuum Forming</i> .....	31
4.6	Mekanisme Mesin <i>Vacuum Forming</i> .....	42
4.7	Analisa Biaya.....	46
4.7.1	Biaya Bahan atau Material.....	46
4.7.2	Biaya Komponen atau Alat.....	47
4.7.3	Biaya Jasa Pembuatan.....	47
4.8	Spesifikasi Mesin <i>Vacuum Forming</i> .....	49
4.9	Perbandingan Mesin <i>Vacuum Forming</i> dengan Formech 686.....	50

### **BAB V PENUTUP**

5.1	Kesimpulan.....	51
5.2	Saran.....	52

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Proses <i>Vacuum Farming</i> .....	8
Gambar 2.2	Sistem Tertutup.....	10
Gambar 2.3	Laju perpindahan kalor konduksi.....	11
Gambar 2.4	Laju perpindahan kalor konveksi.....	12
Gambar 2.5	(a) Konveksi paksa dan (b) Konveksi alami.....	13
Gambar 2.6	Hubungan antara tekanan Absolut, tekanan Atmosfer, tekanan <i>Gauge</i> dan tekanan Vakum.....	15
Gambar 2.7	Desain <i>Software Autodesk Inventor</i> (a) 3D dan (b) 2D.....	17
Gambar 3.1	Diagram alir metode perancangan.....	18
Gambar 4.1	Proses pemanasan plat aluminium oleh <i>heater</i> .....	22
Gambar 4.2	Proses pemanasan lembaran plastik.....	23
Gambar 4.3	Perpindahan kalor pada udara.....	23
Gambar 4.4	Perpindahan kalor pada lembaran plastik.....	24
Gambar 4.5	Proses pendinginan lembaran plastik.....	25
Gambar 4.6	Proses penghisapan udara (vakum).....	29
Gambar 4.7	Volume udara vakum.....	30
Gambar 4.8	Desain 3D <i>vacuum chamber</i> .....	32
Gambar 4.9	Gambar 2D <i>vacuum chamber</i> .....	32
Gambar 4.10	Desain 3D kotak pemanas.....	33
Gambar 4.11	Gambar 2D kotak pemanas.....	33
Gambar 4.12	Desain 3D tuas.....	34
Gambar 4.13	Gambar 2D tuas.....	34
Gambar 4.14	Desain 3D <i>clamp</i> .....	35
Gambar 4.15	Gambar 2D <i>clamp</i> .....	35
Gambar 4.16	Desain 3D <i>heater</i> .....	36
Gambar 4.17	Gambar 2D <i>heater</i> .....	36
Gambar 4.18	Desain 3D <i>bearing</i> .....	37
Gambar 4.19	Gambar 2D <i>bearing</i> .....	37
Gambar 4.20	Desain 3D <i>stopwatch</i> .....	37
Gambar 4.21	Gambar 2D <i>stopwatch</i> .....	38
Gambar 4.22	Gambar <i>thermocontrol</i> .....	38
Gambar 4.23	Gambar 2D <i>thermocontrol</i> .....	38
Gambar 4.24	Gambar <i>thermocouple</i> .....	39
Gambar 4.25	Gambar <i>clamp toggle</i> .....	39
Gambar 4.26	Gambar <i>vacuum cleaner</i> .....	40
Gambar 4.27	Desain 3D <i>frame</i> (rangka).....	41
Gambar 4.28	Gambar 2D <i>frame</i> (rangka).....	41



Gambar 4.29	Mekanisme <i>vacuum chamber</i> dan tuas.....	42
Gambar 4.30	Mekanisme <i>clamp</i> .....	43
Gambar 4.31	<i>Stopwatch</i> dan <i>thermocontrol</i> .....	43
Gambar 4.32	Mekanisme kotak pemanas.....	44
Gambar 4.33	Proses pembentukan dan vakum.....	44
Gambar 4.34	Lembaran plastik setelah proses <i>vacuum forming</i> .....	45
Gambar 4.35	Desain 3 Dimensi Mesin <i>Vacuum Forming</i> .....	49

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	<i>Typical properties for aluminium</i> .....	21
Tabel 4.2	Waktu pemanasan dan pendinginan lembaran plastik <i>polystyrene</i> (PS) dengan ketebalan 0,5 sampai 2 mm.....	28
Tabel 4.3	Waktu vakum untuk lembaran plastik <i>polystyrene</i> (PS) dengan ketebalan 0,5 sampai 2 mm.....	30
Tabel 4.4	<i>Cycle Time Process</i> untuk lembaran plastik <i>Polystyrene</i> (PS) dengan ketebalan 0,5 sampai 2 mm.....	31
Tabel 4.5	Uraian Biaya Material.....	46
Tabel 4.6	Uraian Biaya Komponen.....	47
Tabel 4.7	Uraian Biaya Jasa Pembuatan.....	47
Tabel 4.8	Spesifikasi Mesin <i>Vacuum Forming</i> .....	49
Tabel 4.9	Perbandingan Mesin <i>Vacuum Forming</i> dengan Formech 686.....	50

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Properties of Polystyrene (PS).....	55
Lampiran 2.	Thermophysical Properties of Gases at Atmospheric Pressure.....	56
Lampiran 3.	Ideal-Gas Specific Heats of Various Common Gases.....	57
Lampiran 4.	Examples of Thermal Properties of TPs.....	58
Lampiran 5.	Coefficients For Equation.....	59
Lampiran 6.	Formech 686.....	60
Lampiran 7.	Strip Heater-One Terminal At Each END.....	61
Lampiran 8.	Vacuum Cleaner Philips CompactGo With Bag FC8291/01.....	62
Lampiran 9.	Ball Bearing 6000 Series.....	63
Lampiran 10.	Digital Temperature Controllers E5CZ.....	64
Lampiran 11.	Thermocouple Type.....	65
Lampiran 12.	Steel Plate Material Comparison.....	67
Lampiran 13.	JIS G3101 SS400 Steel Plate/Sheet.....	69
Lampiran 14.	Miniature Circuit Breakers.....	70
Lampiran 15.	Gambar Mesin Vacuum Forming.....	71
Lampiran 16.	Gambar Sub-Assembly Frame.....	72
Lampiran 17.	Gambar Kaki Belakang.....	73
Lampiran 18.	Gambar Kaki Depan.....	74
Lampiran 19.	Gambar Dudukan Cover 1.....	75
Lampiran 20.	Gambar Dudukan Cover 2.....	76
Lampiran 21.	Gambar Dudukan Cover 3.....	77
Lampiran 22.	Gambar Dudukan Cover 4.....	78
Lampiran 23.	Gambar Dudukan Cover 5.....	79
Lampiran 24.	Gambar Penahan Kaki-kaki.....	80
Lampiran 25.	Gambar Penahan Tengah.....	81
Lampiran 26.	Gambar Dudukan VC 1.....	82
Lampiran 27.	Gambar Dudukan VC 2.....	83
Lampiran 28.	Gambar Dudukan Bearing1.....	84
Lampiran 29.	Gambar Dudukan Bearing2.....	85
Lampiran 30.	Gambar Penahan Bearing.....	86
Lampiran 31.	Gambar Penahan Tuas.....	87
Lampiran 32.	Gambar Penahan Jalur VC.....	88
Lampiran 33.	Gambar Ukuran Frame.....	89
Lampiran 34.	Gambar Proses Pengerjaan Frame.....	90
Lampiran 35.	Gambar Plat Jalur Vacuum Chamber.....	91
Lampiran 36.	Gambar Sub-Assembly Vacuum Chamber.....	92
Lampiran 37.	Gambar Plat Atas.....	93

Lampiran 38. Gambar Plat Samping 1.....	94
Lampiran 39. Gambar Plat Samping 2.....	95
Lampiran 40. Gambar Plat Jalur 1.....	96
Lampiran 41. Gambar Plat Jalur 2.....	97
Lampiran 42. Gambar Plat Bawah.....	98
Lampiran 43. Gambar Plat Penghubung.....	99
Lampiran 44. Gambar Ukuran dan Proses Pengerjaan Vacuum Chamber.....	100
Lampiran 45. Gambar Plat Pengangkat Vacuum Chamber.....	101
Lampiran 46. Gambar Sub-Assembly Tuas.....	102
Lampiran 47. Gambar Tuas.....	103
Lampiran 48. Gambar Poros.....	104
Lampiran 49. Gambar Plat Pengangkat.....	105
Lampiran 50. Gambar Plat Penyambung.....	106
Lampiran 51. Gambar Penahan Tuas.....	107
Lampiran 52. Gambar Ukuran dan Proses Pengerjaan Tuas.....	108
Lampiran 53. Gambar Sub-Assembly Clamp.....	109
Lampiran 54. Gambar Plat Pegangan.....	110
Lampiran 55. Gambar Plat Penyanggah.....	111
Lampiran 56. Gambar Plat Penghubung.....	112
Lampiran 57. Gambar Plat Berlubang.....	113
Lampiran 58. Gambar Ukuran dan Proses Pengerjaan Clamp.....	114
Lampiran 59. Gambar Sub-Assembly Kotak Pemanas.....	115
Lampiran 60. Gambar Plat Depan.....	116
Lampiran 61. Gambar Plat Belakang.....	117
Lampiran 62. Gambar Plat Kanan.....	118
Lampiran 63. Gambar Plat Kiri.....	119
Lampiran 64. Gambar Plat Poros Bearing.....	120
Lampiran 65. Gambar Plat Penutup Atas.....	121
Lampiran 66. Gambar Plat Heater.....	122
Lampiran 67. Gambar Poros Bearing.....	123
Lampiran 68. Gambar Ukuran dan Proses Pengerjaan Kotak Pemanas.....	124
Lampiran 69. Gambar Sub-Assembly Pegangan Kotak Pemanas.....	125
Lampiran 70. Gambar Plat Berlubang.....	126
Lampiran 71. Gambar Plat Penghubung.....	127
Lampiran 72. Gambar Plat Pegangan.....	128
Lampiran 73. Gambar Ukuran dan Pengerjaan Pegangan Kotak Pemanas.....	129
Lampiran 74. Gambar Penutup Kotak Pemanas.....	130
Lampiran 75. Gambar Plat Aluminium.....	131
Lampiran 76. Gambar Sub-Assembly Cover Atas 1.....	132
Lampiran 77. Gambar Plat Depan.....	133

Lampiran 78. Gambar Plat Tengah.....	134
Lampiran 79. Gambar Plat Belakang 1.....	135
Lampiran 80. Gambar Dudukan Bearing.....	136
Lampiran 81. Gambar Plat Penahan.....	137
Lampiran 82. Gambar Plat Jalur.....	138
Lampiran 83. Gambar Plat Clamp.....	139
Lampiran 84. Gambar Plat Samping.....	140
Lampiran 85. Gambar Plat Belakang 2.....	141
Lampiran 86. Gambar Plat Belakang 3.....	142
Lampiran 87. Gambar Penahan Plastik 1.....	143
Lampiran 88. Gambar Penahan Plastik 2.....	144
Lampiran 89. Gambar Ukuran dan Proses Pengerjaan Cover Atas 1.....	145
Lampiran 90. Gambar Sub-Assembly Cover Atas 2.....	146
Lampiran 91. Gambar Plat Atas.....	147
Lampiran 92. Gambar Plat Samping.....	148
Lampiran 93. Gambar Ukuran dan Proses Pengerjaan Cover Atas 2.....	149
Lampiran 94. Gambar Sub-Assembly Cover Depan.....	150
Lampiran 95. Gambar Plat Cover Depan.....	151
Lampiran 96. Gambar Dudukan 1.....	152
Lampiran 97. Gambar Dudukan 2.....	153
Lampiran 98. Gambar Penutup.....	154
Lampiran 99. Gambar Dudukan 3.....	155
Lampiran 100. Gambar Dudukan 4.....	156
Lampiran 101. Gambar Ukuran dan Proses Pengerjaan Cover Depan.....	157
Lampiran 102. Gambar Ukuran Cover Kanan 1.....	158
Lampiran 103. Gambar Ukuran Cover Kanan 2.....	159
Lampiran 104. Gambar Ukuran Cover Kiri.....	160