

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan pada bab 5 maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Spesifikasi mesin *thermoforming* dapat dilihat pada tabel 6.1 berikut ini.

Tabel 6.1. Spesifikasi Mesin *Thermoforming*

SPESIFIKASI FISIK	
Dimensi	535mm x 450mm x 920mm
Berat	98 kg
Tekanan Vakum	10 bar
Dimensi Maksimum Plastik	40mm x 30mm
POWER SUPPLY	
<i>Input voltage</i>	220V AC, 50/60Hz
Konsumsi Daya	2232 Watt
Temperatur Operasi	30°C – 400°C max
HARGA	
Mesin <i>Thermoforming</i>	Rp 12,000,000

Gambar konstruksi mesin *thermoforming* dapat dilihat pada lampiran.

2. Sampel produk jadi cokelat yang didapatkan dapat dilihat pada tabel 6.2 berikut ini.

Tabel 6.2. Sampel Produk Jadi

Sampel Produk Jadi	Kriteria
	Cokelat mengkilap, tidak ada bubbles pada permukaan.
	
	

3. Biaya permesinan *thermoforming* adalah Rp 5.482,40/jam ≈ Rp 5.500,00/jam
Berikut waktu produksi cetakan cokelat dan harga cetakan per lembar berdasarkan jumlah pemesanan dapat dilihat pada tabel 6.3.

Tabel 6.3. Waktu Produksi dan Harga Cetakan Per Lembar
Berdasarkan Jumlah Pemesanan

Pesanan (lembar)	Waktu Produksi (hari)	Harga/lembar
1	2	Rp462.403,52
10	3	Rp50.478,28
20	3	Rp27.593,55
30	3	Rp19.965,30
40	3	Rp16.151,18
50	4	Rp13.862,71
60	4	Rp12.337,06
70	4	Rp11.247,31
80	5	Rp10.430,00
90	5	Rp9.794,31
100	5	Rp9.285,76
200	8	Rp6.997,29

6.2. Saran

Penelitian ini melakukan uji performansi hanya terbatas pada ketebalan plastik 0,1 mm sampai 0,5 mm saja. Penelitian selanjutnya dapat dilakukan uji performansi terhadap ketebalan plastik diatas 0,5 mm untuk mengetahui performansi optimal mesin *thermoforming*.

DAFTAR PUSTAKA

_____, 2003, *Elemen Dasar Sistem Refrigerasi*, Departemen Pendidikan Nasional, Jakarta

_____, 2007, *Spesifikasi Tabung Baja*, Departemen Perindustrian Indonesia, Jakarta

Cross, Nigel., 2008, *Engineering Design Method 4th Revised Edition*, John Wiley and Son, USA

Degussa, 2001, *Extrusion and Thermoforming Of Polymer and Cyrolite*, Cyro Industries, USA

Groover, M.P., 2002, *Fundamental Of Modern Manufacturing*, New York: John Wiley and Sons

Gruenwald, G., 1998, *Thermoforming; A Plastics Processing Guide*, Second Edition, New Holand: Technomic Publishing Company

Incropera, Frank P., 2007, *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*, John Wiley and Son, USA

Mujiarto, Iman, 2005, *Sifat dan Karakteristik Material Plastik dan Bahan Aditif*, Semarang: AMNI

Nayatani, Y., Eiga, T., Futami, R., Miyagawa, H., 1984, *The Seven New QC Tools Practical Applications of Managers*, Japan: 3A Corporation

Siswantoro, A.T., 2003, *Perencanaan dan Perancangan Produk*, Program Studi Teknik Industri Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Sularso, Ir., Suga, Kiyokatsu, 1997, *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*, Jakarta: Pradnya Paramita

Triharsono, B. Aruno, 2008, *Analisis Perencanaan Proses Produksi Gantungan Kunci Berbahan Karet Emblem Dengan Cetakan Silicone Rubber*, Skripsi Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik Industri Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Wibisono, Sigit, 2007, *Perencanaan dan Pembuatan Cetakan Symbolic Shorthand Souvenir Menggunakan Silicone Rubber*, Skripsi Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik Industri Universitas Atma Jaya Yogyakarta

<http://en.wikipedia.org/wiki/Thermoforming>, diakses tanggal 25 Juni 2009, pukul 08.27

<http://support.knowlton.ohiostate.edu/files/FormechVacuumGuide.pdf>, diakses tanggal 25 Juni 2009, pukul 09.05

<http://chocolateschool.livejournal.com/tag/dapurbunda>, diakses tanggal 26 Juni 2009, pukul 17.20

<http://en.wikipedia.org/wiki/Thermocouple>, diakses tanggal 10 Juli 2009, pukul 12.15

<http://en.wikipedia.org/wiki/Thermostat>, diakses tanggal 10 Juli 2009, pukul 12.20

<http://en.wikipedia.org/wiki/Contactor>, diakses tanggal 10 Juli 2009, pukul 12.44

<http://pom.go.id>, diakses tanggal 16 Juli 2009, pukul 19.10

<http://id.wikipedia.org/wiki/Asbestos>, diakses tanggal 7 Agustus 2009, pukul 21.54

<http://archipeddy.com/khas/mcb.html>, diakses tanggal 7 Agustus 2009, pukul 22.45

<http://en.wikipedia.org/wiki/Iron>, diakses tanggal 25 Agustus 2009, pukul 23.30

<http://en.wikipedia.org/wiki/Wood>, diakses tanggal 12 September 2009, pukul 02.05

http://en.wikipedia.org/wiki/Vacuum_Gauges, diakses tanggal 12 September 2009, pukul 02.20

http://en.wikipedia.org/wiki/Shear_stress, diakses tanggal 12 September 2009, pukul 03.30

<http://www.sanesugypsum.co.jp/english/enejp.html>, diakses tanggal 14 September, pukul 09.40

http://en.wikipedia.org/wiki/Silicone_rubber, diakses tanggal 14 September, pukul 10.10

<http://www.pypc.com/epr-pvc-002.htm>, diakses tanggal 14 September, pukul 11.00

Lampiran 1: Instruksi Manual

Instruksi manual ini menjelaskan komponen unit mesin *thermoforming*, data spesifikasi mesin *thermoforming* dan langkah-langkah cara mengoperasikan mesin *thermoforming*.

a. Komponen Unit Mesin *Thermoforming*





Komponen unit dari mesin *thermoforming* adalah:

1. *Box Heater*

Elemen pemanas untuk memanaskan plastik lembaran yang dapat digerakkan maju mundur.

2. *Handle Heater*

Untuk menggerakkan *Box Heater* untuk maju dan mundur.

3. *Handle Klem Penjepit*

Untuk membuka dan menutup klem penjepit.

4. *Klem Penjepit*

Untuk menjepit plastik lembaran.

- 
5. Meja *Mold*
Sebagai penampang master model sekaligus tempat menyedot plastik yang dapat digerakkan turun naik.
 6. Kunci Klem Penjepit Samping
Mengunci klem penjepit agar dapat menjepit plastik dengan kencang.
 7. *Thermocontrol*
Mengatur stabilitas temperatur dari elemen pemanas.
 8. Saklar *Heater*
Mengalirkan listrik ke elemen pemanas.
 9. Lampu *Heater*
Sebagai tanda untuk menunjukkan heater dalam keadaan hidup (*on*) atau mati (*off*).
 10. Lampu Pompa Vakum
Sebagai tanda untuk menunjukkan pompa vakum dalam keadaan hidup (*on*) atau mati (*off*).
 11. Saklar Pompa Vakum
Untuk menghidupkan dan mematikan pompa vakum.
 12. MCB
Untuk mengalirkan energi listrik ke mesin *thermoforming*.
 13. Tuas (Penggerak Meja)
Untuk mengerakkan landasan meja *mold* agar dapat naik turun.
 14. Kunci Tuas
Mengunci meja *mold* ketika berada dalam posisi naik.
 15. Vacuum Gauge
Sebagai indikator untuk mengetahui tekanan yang dihasilkan pompa vakum.

16. Kunci Klem Penjepit Depan
Mengunci klem penjepit agar dapat menjepit plastik dengan kencang.
17. Keran vakum (*Vacuum Tap*)
Untuk membuka dan menutup aliran sedotan pompa vakum.
18. Steker Listrik
Menghubungkan aliran listrik mesin *thermoforming*.
19. Kunci Klem Penjepit Belakang
Mengunci klem penjepit agar dapat menjepit plastik dengan kencang.

b. Langkah-Langkah Cara Pengoperasian

Langkah 1: Mempersiapkan peralatan dan material

1. Master model
2. Plastik lembaran PVC *Food Grade*

Langkah 2: Memasang steker mesin pada stop kontak listrik



Langkah 3: Menyalakan MCB mesin ke posisi "ON"



Langkah 4: Mendorong heater ke belakang



Langkah 5: Menyalakan saklar heater



Serviens in
veritatis

**Langkah 6: Mengatur temperatur thermocouple menjadi
150 °C**



Langkah 7: Menutup keran vakum



Langkah 8: Menyalakan saklar vakum



Langkah 9: Menunggu hingga tekanan pompa vakum mencapai -1 bar



Langkah 10: Meletakkan master model di atas meja mold



Langkah 11: Menurunkan meja mold



Langkah 12: Membuka klem penjepit



Langkah 13: Memasang plastik di klem penjepit



Langkah 14: Memasang kunci klem penjepit samping



Langkah 15: Memasang kunci klem penjepit depan



Langkah 16: Memasang kunci klem penjepit belakang



Langkah 17: Menarik heater ke depan, memanaskan plastik selama 1,5 menit



Langkah 18: Mendorong heater ke belakang



Serviens in
veritatis

**Langkah 19: Menaikkan meja mold ke arah plastik yang
sudah lembek**



Langkah 20: Membuka keran vakum untuk menyedot plastik lembek selama 1-2 menit



Serviens in
veritatis

Langkah 21: Menutup keran vakum dan membiarkan plastik dingin selama 1 menit



Serviens in
veritatis

Langkah 22: Membuka kunci klem penjepit depan



Langkah 23: Membuka kunci klem penjepit Belakang



Langkah 24: Membuka kunci klem penjepit Samping



Langkah 25: Membuka klem penjepit



Langkah 26: Melepaskan plastik dari klem penjepit



Langkah 27: Memperoleh hasil thermoforming



Lampiran 2: Tabel Ukuran Standar Ulin Kasar

Ulin ⁽¹⁾			Jarak bagi p	Tinggi kaitan H_1	Ulin dalam			(Satuan : mm)		
1	2	3			Diameter luar D	Diameter efektif D_2	Diameter dalam D_1			
					Diameter luar d	Diameter efektif d_2	Diameter inti d_1			
M 0,25	M 0,35		0,075 0,08 0,09	0,041 0,043 0,049	0,250	0,201	0,169			
M 0,3					0,300	0,248	0,213			
					0,350	0,292	0,253			
M 0,4	M 0,45		0,1 0,1 0,125	0,054 0,054 0,068	0,400	0,335	0,292			
M 0,5					0,450	0,385	0,342			
M 0,6	M 0,55 M 0,7				0,500	0,419	0,365			
M 0,8			0,125 0,15 0,175	0,068 0,081 0,095	0,550	0,469	0,415			
M 1					0,600	0,503	0,438			
M 1,2					0,700	0,586	0,511			
M 1,4			0,2 0,225 0,25	0,108 0,122 0,135	0,800	0,670	0,583			
M 1,7					0,900	0,754	0,656			
M 2			0,4 0,4 0,45	0,217 0,217 0,244	1,000	0,838	0,729			
M 2,3					1,200	1,038	0,929			
M 2,6					1,400	1,205	1,075			
M 3 × 0,5	M 3,5		0,5 0,6 0,6	0,271 0,325 0,325	1,700	1,473	1,321			
					2,000	1,740	1,567			
					2,300	2,040	1,867			
M 4 × 0,7	M 4,5		0,7 0,75 0,75	0,379 0,406 0,406	2,600	2,308	2,113			
					3,000	2,675	2,459			
					3,000	2,610	2,350			
					3,500	3,110	2,850			
M 5 × 0,8			0,8 0,9 0,9	0,433 0,487 0,487	4,000	3,515	3,242			
					4,000	3,513	3,188			
					4,500	4,013	3,688			
					5,000	4,480	4,134			
					5,000	4,415	4,026			
					5,500	4,915	4,526			

Lampiran 3: Ukuran Standar Ular Kasar

Ular			Jarak bagi p	Tinggi kaitan H_1	Ular dalam			
1	2	3			Diameter luar D	Diameter efektif D_2	Diameter dalam D_1	
					Ular luar			
				Diameter luar d		Diameter efektif d_2	Diameter inti d_1	
M 6		M 7	1	0,541	6,000	5,350	4,917	
M 8			1	0,541	7,000	6,350	5,917	
			1,25	0,677	8,000	7,188	6,647	
M 10		M 9	1,25	0,677	9,000	8,188	7,647	
		M 11	1,5	0,812	10,000	9,026	8,376	
			1,5	0,812	11,000	10,026	9,376	
M 12		M 14	1,75	0,947	12,000	10,863	10,106	
			2	1,083	14,000	12,701	11,835	
			2	1,083	16,000	14,701	13,835	
M 20		M 18	2,5	1,353	18,000	16,376	15,294	
		M 22	2,5	1,353	20,000	18,376	17,294	
			2,5	1,353	22,000	20,376	19,294	
M 24		M 27	3	1,624	24,000	22,051	20,752	
			3	1,624	27,000	25,051	23,752	
			3,5	1,894	30,000	27,727	26,211	
M 36		M 33	3,5	1,894	33,000	30,727	29,211	
		M 39	4	2,165	36,000	34,402	31,670	
			4	2,165	39,000	36,402	34,670	
M 42		M 45	4,5	2,436	42,000	39,077	37,129	
			4,5	2,436	45,000	42,077	40,129	
			5	2,706	48,000	44,752	42,587	
M 56		M 52	5	2,706	52,000	48,752	46,587	
		M 60	5,5	2,977	56,000	52,428	50,046	
			5,5	2,977	60,000	56,428	54,046	
M 64		M 68	6	3,248	64,000	60,103	57,505	
			6	3,248	68,000	64,103	61,505	

Catatan: (1) Kolom 1 merupakan pilihan utama. Kolom 2 atau kolom 3 hanya dipilih jika terpaksa.

Lampiran 4: Tabel Tekanan Permukaan Yang Dijinkan Pada Ular

Bahan		Tekanan permukaan yang diizinkan q_a (kg/mm ²)	
Ular luar	Ular dalam	Untuk pengikat	Untuk penggerak
Baja liat	Baja liat atau perunggu	3	1
Baja keras	Baja liat atau perunggu	4	1,3
Baja keras	Besi cor	1,5	0,5

Bahan		Kecepatan luncur	Tekanan permukaan yang diizinkan q_a (kg/mm ²)
Baja	Perunggu	Kecepatan rendah	1,8–2,5
	Perunggu	3,0 m/min atau kurang	1,1–1,8
	Besi cor	3,4 m/min atau kurang	1,3–1,8
	Perunggu	6,0–12,0 m/min	0,6–1,0
	Besi cor		0,4–0,7
	Perunggu	15,0 m/min atau lebih	0,1–0,2

Lampiran 5: Tabel Pelepasan Faktor L

		Bahan dinamis												Bahan static							
		Tarikan						Gesekan, atau gabungan antara tarikan, lenturan, puitiran dan gesekan													
10 K 12 K	Lpd	Permukaan kontak halus (2μ) ≤ 3 plat						Permukaan kontak kasar (8μ) ≤ 3 plat													
		10 [μ]	17 [μ]	30 [μ]	50 [μ]	10 [μ]	17 [μ]	30 [μ]	50 [μ]	10 [μ]	17 [μ]	30 [μ]	50 [μ]								
		M4	M10	M4	M10	M18	M4	M10	M18	M4	M10	M18	M4								
		M8	M30	M8	M16	M30	M8	M16	M30	M8	M16	M30	M8								
Baut pendek		1	3	1,5	3	2	1,5	5	2	3	4	2,5	3,5								
		2	2	1,5	3	2	1,5	4	1,8	2,5	2,0	1,6	2,0								
Baut sedang		4	5	1,5	1,3	2	1,4	2,5	1,8	2,5	2,0	1,6	2,0								
		5	6																		
Baut panjang		7	8	1,4	1,3	1,6	1,3	2	1,6	4	3	1,6	2,0								
		9	10																		
Baut sangat panjang		11		1,3	1,4	1,3	1,6	1,3	2,5	1,4											
		10μ						17μ													
		30μ						50μ													
		Bahan dinamis																			
		Tarikan						Gesekan, atau gabungan antara tarikan, lenturan, puitiran dan gesekan.													
		Permukaan kontak halus (2μ) ≤ 3 plat						Permukaan kontak kasar (2μ) ≤ 3 plat													
		Permukaan kontak halus (8μ) ≤ 3 plat						Permukaan kontak kasar (8μ) ≤ 6 plat													
		Permukaan kontak kasar (8μ) ≤ 3 plat						Permukaan kontak kasar (8μ) ≤ 6 plat													
SG																					
SG																					

Catatan: Daerah yang diarsir memerlukan cara khusus untuk mencegah pelepasan

Lampiran 6: Tabel Sifat Mekanis Baja Sekrup

Bilangan kekuatan DIN		4A	4D	4P	4S	5D	5S	6D	6S	6G	8G	10K	12K
Percobaan tarik	Kekuatan tarik σ_s (kg/mm ²)	34–42	34–55	40–55	50–70	60–80		80–100	100–120				
	Batas mulur minimum σ_f (kg/mm ²)	20	21	21	32	28	40	36	48	54	64	90	108
	Perpanjangan (min.) %	30	25	—	14	22	10	18	8	12	12	8	8
Percobaan kekerasan	Kekerasan Brinell	98–120	98–160	115–160	145–205	175–235		235–293	293–350	350–405			

Tabel 7.7 Faktor pengetatan.

Faktor pengetatan a	Alat untuk mengetatkan jepitan	
1,25	Kunci	
1,4	Kunci, kunci dengan pembatas momen	
1,6	Kunci dengan pukulan (Perpanjangan baut diukur)	
1,8	Kunci, kunci dengan pembatas momen	
— 2	Kunci dengan pukulan (Diputar pada murnya)	
— 3	Kunci yang pemegangnya disambung dengan pipa	

Tabel 7.8 Batas kelelahan ulir luar yang dikombinasikan dengan mur yang dipres.

Cara pembuatan	(1)	Bilangan kekuatan (DIN)	Batas kelelahan (kg/mm ²)		
			M4–M8	M4–M16	M18–M30
Ulir dirol		6G	6	5	4
Ulir dirol		6G, 8G	6	5	4
Ulir dibubut/dipotong ditemper		10K, 12K	7	6	5
Ulir dirol	25	6G	13	12	11
Ulir dirol setelah ditemper	25	6G, 8G 10K, 12K	13 15	12 14	11 13
Ulir dirol	70	6G	10	9	8
Ulir dirol setelah ditemper	70	6G, 8G 10K, 12K	10 11	9 10	8 9

(1) Gaya jepit awal (persentase dari batas mulur $\sigma_{0,2}$)

Lampiran 7: Tabel Batas Tekanan Dudukan Dari Bahan

Bahan	Batas tekanan dudukan P_{sa} (kg/mm ²)
Baja St37, S20C	30
Baja St50, S30C	50
Baja C45 (ditemper), S45C	90
Besi cor GG22, FC20	100
Paduan magnesium-aluminium GDMgAl9	20
" " " GKMgA19	20
Paduan silika-aluminium-tembaga GKAlSi6Cu4	30

Tabel 7.10 Pemilihan sementara diameter nominal ulir.

Beban statis searah sumbu ulir P	Beban dinamis searah sumbu ulir P	Beban sta- tis atau dinamis lintang Q	P_0 (kg)	Diameter nominal ulir (mm)			
				6G	8G	10K	12K
160	100	32	250	4	4	-	-
250	160	50	400	5	5	4	4
400	250	80	630	6	6	5	5
630	400	125	1000	7	7	6	5
1000	630	200	1600	9	8	7	7
1600	1000	315	2500	12	10	9	8
2500	1600	500	4000	14	14	12	10
4000	2500	800	6300	18	16	14	12
6300	4000	1250	10000	22	20	16	16
10000	6300	2000	16000	27	24	20	20
16000	10000	3150	25000	-	30	27	24
25000	16000	5000	40000	-	-	30	30

Lampiran 8: Tabel Baja Karbon Untuk Konstruksi Mesin

1 JIS G 4051. Baja karbon untuk konstruksi mesin.

(a) Unsur kimia

Lambang	Unsur kimia (%)				
	C	Si	Mn	P	S
S 30 C	0,27–0,33				
S 35 C	0,32–0,38				
S 40 C	0,37–0,43				
S 45 C	0,42–0,48	0,15–0,35	0,60–0,90	0,030	0,035
S 50 C	0,47–0,53				
S 55 C	0,52–0,58				
S 15 CK	0,13–0,18	0,15–0,35	0,30–0,60	0,025	0,025

(b) Ukuran standar baja batang yang dirol panas (Ukuran dalam kurung sedapat mungkin dihindari pemakaiannya)

9 (10)	11 (12)	13 (14)	(15)	16 (17)	(18)	19 (20)	22 (24)	25 (26)
28	30	32	34	36	38	40	42	44
75	80	90	95	100	(105)	110	(115)	120
200						130	140	150

(c) Sifat-sifat mekanis standar

Lambang	Temperatur transformasi		Perlakuan panas			Sifat mekanis			
	A _s (°C)	A _f (°C)	Penormalan (N)	Celup dingin (H)	Temper (H)	Perilaku panas	Batas mulur (kg/mm ²)	Kekuatantarik (kg/mm ²)	Kekerasan (H _B)
S30C	720–815	780–720	850–900 Pendinginan udara	850–900 Pendinginan air	550–650 Pendinginan cepat	N	29	48	137–197
S35C	720–800	770–710	840–890 Pendinginan udara	850–900 Pendinginan air	550–650 Pendinginan cepat	N	31	52	149–207
S40C	720–790	760–700	830–880 Pendinginan udara	830–880 Pendinginan air	550–650 Pendinginan cepat	H	40	58	167–235
S45C	720–780	750–680	820–870 Pendinginan udara	820–870 Pendinginan air	550–650 Pendinginan cepat	N	35	58	167–229
S50C	720–770	740–680	810–860 Pendinginan udara	810–860 Pendinginan air	550–650 Pendinginan cepat	H	50	70	201–269
S55C	720–765	740–680	800–850 Pendinginan udara	800–850 Pendinginan air	550–650 Pendinginan cepat	N	37	62	179–235
S15CK	720–880	845–770	880–930 Pendinginan udara	*	150–200 Pendinginan udara	H	55	75	212–277
						N	40	66	185–255
						H	60	80	229–285
						H	35	50	143–235

* Primer 880–920 pendinginan minyak/air
Sekunder 750–800 pendinginan air