Perencanaan Pembuatan Mesin *Thermoforming* Untuk Produk Tutup Plastik *Cup*

Irfan Arief Nugraha[1], Hasan Hariri[2]
[1,2] Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila
[1,2] Jl. Raya Lenteng Agung No. 56-80, RT.1/RW.3, Srengseng Sawah, Jakarta, Kota Jakarta Selatan, Daerah Khusus Ibukota Jakarta 12640
nugrahaeariefa@gmail.com

Abstrak

Mesin *thermoforming* adalah proses pembentukan lembaran plastik setelah mengalami proses pemanasan. Cara kerja pada mesin *thermoforming* ini dengan mempunyai pengumpan material *roll* plastik yang diputarkan oleh motor servo sehingga material plastik menjadi ulur dan dapat di proses masuk ke dalam *heater*, kemudian masuk kedalam proses pembentukan, kemudian masuk ke dalam proses pemotongan, material plastik ditarik oleh 2 *motor servo* untuk yang ada di antara proses pembentukan dan proses pemotongan, serta di setelah proses pemotongan untuk menarik dan digulung material sisa yang tidak di potong. Mesin *thermoforming* tutup *cup* plastik diharapkan dapat dibuat dengan biaya target dibawah 300 juta rupiah, waktu pembuatan 1 mesin diharapkan PT. X dapat memenuhi dalam waktu 90 hari. Metode yang digunakan dalam proses pembuatan adalah dengan metode DFMA (*Design For Manufacturing and Assembly*) yang dimana dalam metode ini dibagi menjadi dua bagian yaitu DFM (*Design For Manufacturing*) dan DFA *(Design For Assembly)*. Tujuan perencanaan pembuatan mesin *thermoforming* tutup *cup* plastik pada PT X untuk mengetahui proses manufaktur yang dilakukan mengacu pada SOP (*Standard operation Procedure*), waktu serta estimasi biaya. Dalam pembuatan mesin *thermoforming* ini terdapat 18 SOP proses pengerjaan komponen yang dibuat dan proses perakitan komponen yang dijual dan dibeli dikerjakan secara parallel, estimasi waktu pengerjaan berdasarkan *OPC (Operation Procedure Chart)* adalah 5 hari 2 jam. Biaya total mesin *thermoforming* yaitu Rp 118.392.100.

Kata kunci: Mesin *thermoforming*, Metode DFMA, Plastik Polypropylene.

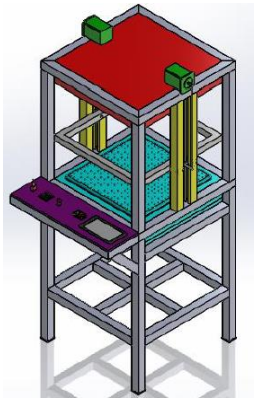
I. PENDAHULUAN

PT. X membutuhkan sebuah mesin yang dapat memproduksi tutup *cup* plastik. Dengan kebutuhan tersebut, penulis berinisiatif untuk merencanakan proses pembuatan sebuah mesin yang dibutuhkan oleh PT. X. Produk tutup cup yang dibutuhkan memiliki spesifikasi material plastik PP, berdiameter 8 cm, tebal lembaran plastik 0,5 mm, dan tinggi tutup cup 2 cm. Dengan spesifikasi dan jenis material tersebut maka proses *Thermoforming* cocok dipakai untuk membentuk produk tersebut. Proses *thermoforming* adalah proses pembentukan material dengan cara memanaskan material kemudian material tersebut dibentuk sesuai dengan kebutuhan. Proses pemanasan menggunakan metode radiasi dengan sumber panas berasal dari alat filamen panas. Proses pembentukan menggunakan pesin press hidrolik/pneumatic dilengkapi dengan cetakan, guna membentuk kontur plastik sesuai kebutuhan.

Mesin thermoforming diharapkan dapat dibuat dengan biaya target dibawah 300 juta rupiah. Waktu pembuatan 1 mesin diharapkan PT. X dapat memenuhi dalam waktu 90 hari.

Dalam perancangan mesin *thermoforming* perlu dilakukan peninjauan dengan mesin *thermoforming* yang telah dibuat sebelumnya. Kemudian dikaji dan dicari apa yang dapat diperbaharui dari mesin *thermoforming* sebelumnya. Pada rancangan mesin *thermoforming* terdahulu dengan contoh pada artikel jurnal [6] digunakan untuk memproduksi mangkuk plastik berbahan PVC *Rigid Sheet* berdiameter 20 [mm]. Sistem kerja dari alat tersebut dilakukan secara manual dimulai dari memasukan *raw material*, memanaskan lembaran plastik, membentuk produk, dan menguluarkan produk. Sistem kontrol yang digunakan pada mesin ini

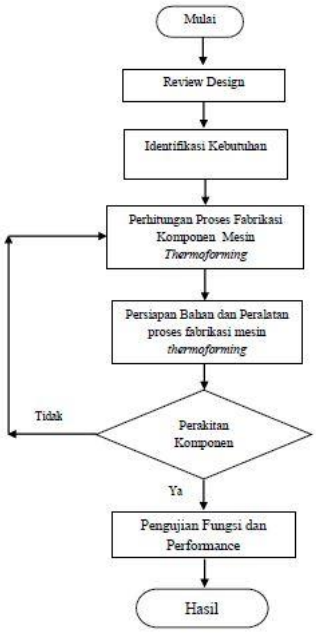
adalah Arduino UNO. Dapat dilakukan optimasi dengan merubah sistem konvensional menjadi kontinyu dengan merubah struktur keseluruhan alat. Rancangan mesin thermoforming terdahulu dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Mesin *Thermoforming* Terdahulu

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui proses pembuatan, waktu dan biaya yang di butuhkan PT. X untuk perencanaan pembuatan mesin *thermoforming* produk tutup *cup* plastic.

II. METODE PENELITIAN

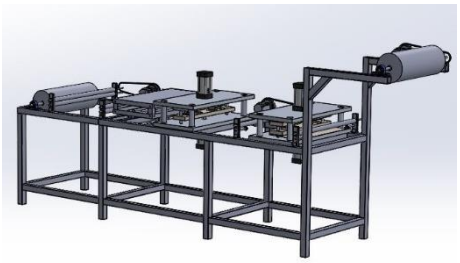


Gambar 2. Diagram Alir Prosedur Perencanaan Pembuatan Mesin *Thermoforming*

Pada Gambar 2 merupakan Diagram Alir Perencanaan pembuatan dari mesin *thermoforming*. Pembuatan diagram alir perencanaan pembuatan mesin *thermoforming* ini berdasarkan metode DFMA dengan melanjutkan fase setelah perancangan mesin *thermoforming*, yaitu proses pembuatan komponen mesin, perakitan komponen mesin, estimasi waktu dan biaya yang dibutuhkan untuk memproduksi sebuah mesin *thermoforming*.

A. Review Design

Review design merupakan sebagai penentu bisa atau tidak bisa desain tersebut sebelum dilakukan proses manufaktur. Desain tersebut berdasarkan spesifikasi, perhitungan, serta analisis yang telah dilakukan dan dibuat oleh perancang.



Gambar 2. Mesin *Thermoforming* Hasil rancangan

B. Identifikasi Kebutuhan

Kebutuhan yang diperlukan pada proses pembuatan komponen mesin *thermoforming*.

C. Perencanaan Proses Pembuatan

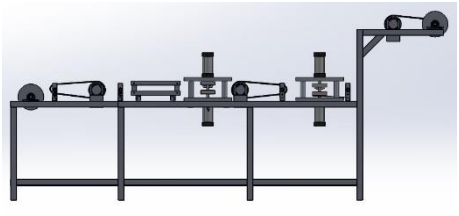
Pada perencanaan proses pembuatan mesin *thermoforming* terdapat beberapa perhitungan komponen dalam proses manufaktur yang dikerjakan mengacu pada *SOP* pengerjaan komponen dan *OPC*. *Operations Process Chart (OPC)* adalah peta kerja yang mencoba menggambarkan urutan kerja dengan cara membagi pekerjaan tersebut menjadi elemen – elemen sistematis dalam serangkaian proses perencanaan pembuatan.

D. Proses Prakitan komponen

Pada perakitan komponen mesin *thermoforming* mengacu pada OPC *(Operations Process Chart).* Dan muncul estimasi waktu yang dibutuhkan untuk perakitan komponen.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Proses Pembuatan Komponen Mesin Thermoforming



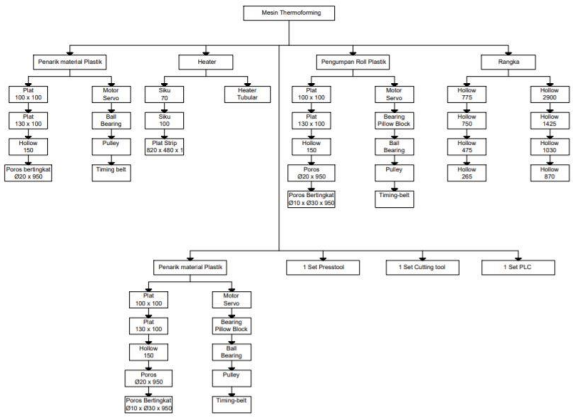
Gambar 3. Mesin *Thermoforming*

Pada gambar 3 merupakan mesin *thermoforming.* Berdasarkan spesifikasi, perhitungan, dan analisis yang dilakukan oleh perancang maka desain mesin *thermoforming* ini dapat dibuat. mesin thermoforming dengan kapasitas produksi 250000 produk/bulan ini dibagi menjadi beberapa bagian untuk mempermudah proses pembuatan dan perakitan komponen yaitu :

1. Rangka
2. Pengumpan roll plastik
3. *Cover Heater*
4. Penarik material plastik
5. Penggulung sisa material plastik

B. Bill Of Material Mesin *Thermoforming*

Untuk membuat mesin thermoforming dibutuhkan komponen, spesifikasi, material, serta menentukan komponen yang dapat dibuat dan harus dibeli. Komponen yang dibeli sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan untuk mesin thermoforming, komponen dapat dilihat pada gambar 4, dan spesifikasi komponen dapat dilihat pada tabel 1, 2, 3, 4, 5.



Gambar 4. Komponen Mesin *Thermoforming*

Tabel 1. *Bill Of Material* Rangka

Rangka					
No	Nama	Jumlah (pcs)	Material	Spesifikasi	Keterangan
1	Besi hollow 2900	2	Mild steel ST-37	50 × 50 × 3 [mm] - 2900 mm	Dibuat
2	Besi hollow 1425	2	Mild steel ST-37	50 × 50 × 3 [mm] - 1425 mm	Dibuat
3	Besi hollow 1030	4	Mild steel ST-37	50 x 50 x 3 [mm] - 1030 mm	Dibuat
4	Besi hollow 870	2	Mild steel ST-37	50 × 50×3 [mm] - 870 mm	Dibuat
5	Besi hollow 775	6	Mild steel ST-37	50 × 50 × 3 [mm] - 775 mm	Dibuat
6	Besi hollow 750	13	Mild steel ST-37	50 × 50 × 3 [mm] - 750 mm	Dibuat
7	Besi hollow 725	2	Mild steel ST-37	50 × 50 × 3 [mm] - 475 mm	Dibuat
8	Besi hollow 265	2	Mild steel ST-37	50 × 50 × 3 [mm] - 260 mm	Dibuat

Tabel 2. *Bill Of Material* Pengumpan *roll* plastik

Pengumpan Roll Plastik					
No	Nama	Jumlah (pcs)	Material	Spesifikasi	Keterangan
1	Plat 100 × 100	3	Mild steel ST-37	100 × 100 × 5 [mm]	Dibuat
2	Plat 130 × 100	1	Mild steel ST-37	130 × 100 × 5 [mm]	Dibuat
3	Besi hollow 150	2	Mild steel ST-37	40 × 20 × 2 [mm] - 150 [mm]	Dibuat
4	Poros	1	S45C	Ø20 × 950	Dibuat
5	Poros bertingkat	4	Alumunium	Ø10 × Ø30 × 950 mm	Dibeli
6	Motor servo	1	-	Mitsubishi HF-KP	Dibeli
7	Pillow block bearing	2	-	SKF Ø20	Dibeli
8	Ball bearing	2	-	SKF Ø10	Dibeli
9	Pulley	1	Carbon Steel	Timing pulley	Dibeli
10	Timing-belt	1	Rubber	Lebar 5 [mm]	Dibeli

Tabel 3. *Bill Of Material Cover Heater*

Cover Heater					
No	Nama	Jumlah (pcs)	Material	Spesifikasi	Keterangan
1	Siku 70	4	Mild steel ST-37	40 × 40 × 2 [mm]	Dibuat
2	Siku 100	4	Mild steel ST-37	40 × 40 × 2 [mm]	Dibuat
3	Plat strip	2	Mild steel ST-37	820 × 480 × 1 [mm]	Dibuat
4	Heater	2	-	Heater tubular 2500 W	Dibeli

Tabel 4. *Bill Of Material* Penarik Material Plastik

Penarik Material Plastik					
No	Nama	Jumlah (pcs)	Material	Spesifikasi	Keterangan
1	Plat 100 × 100	3	Mild steel ST-37	100 × 100 × 5 [mm]	Dibuat
2	Plat 130 × 100	1	Mild steel ST-37	130 × 100 × 5 [mm]	Dibuat
3	Besi hollow 150	2	Mild steel ST-37	40 × 20 × 2 [mm] - 150 [mm]	Dibuat
4	Poros	2	Alumunium	Ø20 × 950 [mm]	Dibeli
5	Motor servo	1	-	Mitsubishi HF-KP	Dibeli
6	Ball bearing	2	-	SKF	Dibeli
7	Pulley	1	Carbon Steel	Timing pulley	Dibeli
8	Timing-belt	1	Rubber	Lebar 5 [mm]	Dibeli

Tabel 5. *Bill Of Material* Penggulung Sisa Material Plastik

Penggulung Sisa Material Plastik					
No	Nama	Jumlah (pcs)	Material	Spesifikasi	Keterangan
1	Plat 100 × 100	3	Mild steel ST-37	100 × 100 × 5 [mm]	Dibuat
2	Plat 130 × 100	1	Mild steel ST-37	130 × 100 × 5 [mm]	Dibuat
3	Besi hollow 150	2	Mild steel ST-37	40 × 20 × 2 [mm] - 150 [mm]	Dibuat
4	Poros bertingkat	1	Alumunium	Ø10 × Ø30 × 800 [mm]	Dibeli
5	Poros Ø20 × 800	1	S45C	Ø20 × 800 [mm]	Dibeli
6	Motor servo	1	-	Mitsubishi HF-KP	Dibeli
7	Pillow block bearing	2	-	SKF Ø20	Dibeli
8	Ball bearing	2	-	SKF Ø10	Dibeli
9	Pulley	1	Carbon Steel	Timing pulley	Dibeli
10	Timing-belt	1	Rubber	Lebar 5 [mm]	Dibeli

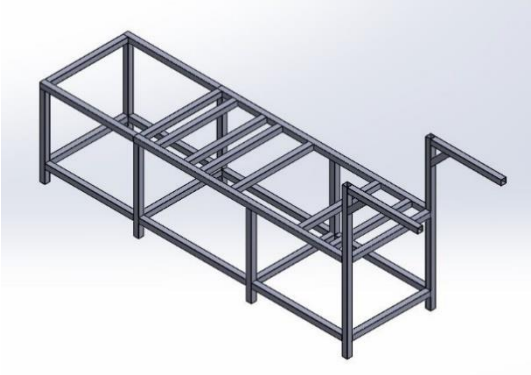
C. Perencanaan Proses Pembuatan Komponen

Perencanaan proses pembuatan komponen yaitu berisi proses permesinan yang dikerjakan pada komponen mesin *thermoforming* yang dapat dibuat yaitu :

1) Rangka

Rangka pada mesin *thermoforming* yang berfungsi sebagai penopang untuk pengumpan roll plastik, cover heater, presstool dan sebagainya. Dalam pembuatan pengumpan roll plastik dibutuhkan Alat dan Bahan sebagai berikut :

1. Besi Hollow 50 × 50 × 3 mm
2. Mesin las SMAW
3. Mesin Gerindra Potong
4. Mesin *Drilling*
5. Alat ukur meteran, jangka sorong, penitik, penggores dan Spidol.



Gambar 5. Rangka

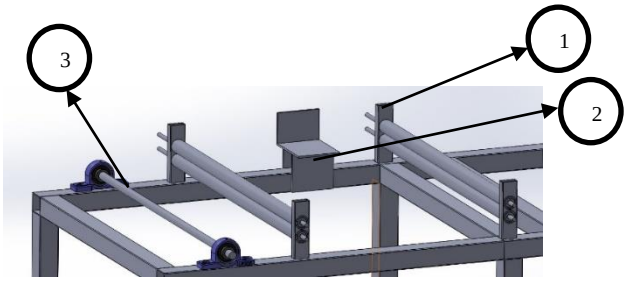
Pada gambar 5 merupakan hasil rancangan rangka terdapat beberapa proses pembuatan yaitu :

1. Proses pemotongan
2. Proses drilling
3. Proses pengelasan

2) Pengumpan Material Plastik

Pengumpan roll plastic berfungsi untuk mengulur material plastik dari roll sebelum masuk ke heater, terdapat beberapa komponen yaitu seperti gambar 6 :

1. Penyangga poros
2. *Bracket motor servo*
3. Poros besi *roll*



Gambar 6. Pengumpan *roll* Plastik

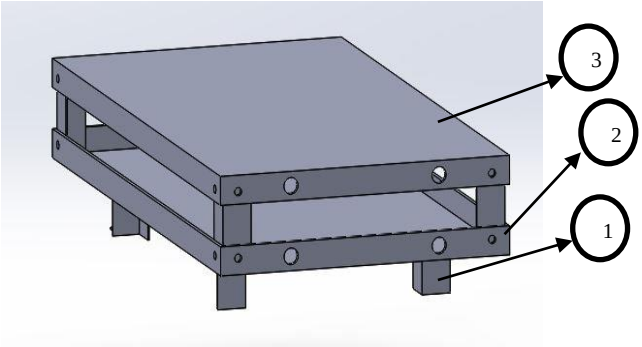
Dalam pembuatan pengumpan roll plastik dibutuhkan Alat dan Bahan sebagai berikut :

1. Besi *Hollow* 40 × 20 × 2 mm
2. Plat besi tebal 5 mm
3. Poros Ø20 × 950 mm
4. Mesin *las SMAW*
5. Mesin Gerindra Potong
6. Mesin *Drilling*
7. *Cutting Torch Oxy-Acetylene*
8. Alat ukur meteran, jangka sorong, penitik, penggores dan Spidol.

Terdapat beberapa proses pembuatan yaitu :
1. Proses pemotongan
2. Proses drilling
3. Proses bubut
4. Proses Pengelasan

3) *Cover Heater*

Cover heater berfungsi untuk menutup heater, pada cover heater mempunyai beberapa komponen seperti gambar 7, yaitu:
1. Kaki cover heater
2. Cover heater
3. Tiang cover heater



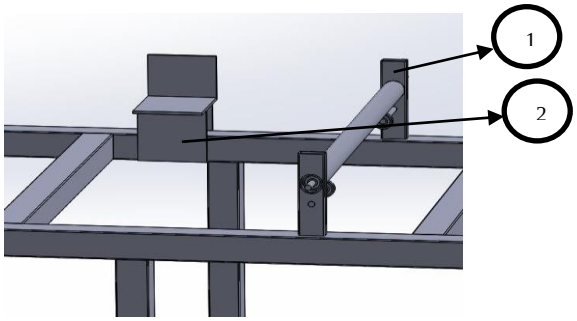
Gambar 7. *Cover Heater*

Dalam pembuatan heater dibutuhkan Alat dan Bahan sebagai berikut :
1. Besi siku 40 × 40 × 2 mm
2. *Plat strip* tebal 1 mm
3. Mesin las SMAW
4. Mesin Gerindra Potong
5. Mesin *Drilling*
6. Alat penekuk *plat strip*
7. Alat ukur meteran, jangka sorong, penitik, penggores dan Spidol

Terdapat beberapa proses pembuatan yaitu :
1. Proses pemotongan
2. Proses drilling
3. Proses bending
4. Proses pengelasan

4) *Penarik Material Plastik*

Penarik material plastik berfungsi untuk menarik material plastik yang sudah di proses pada presstool dan melanjutkan ke proses cutting, terdapat beberapa komponen seperti gambar 8, yaitu :
1. Penyangga poros
2. *Bracket motor servo*



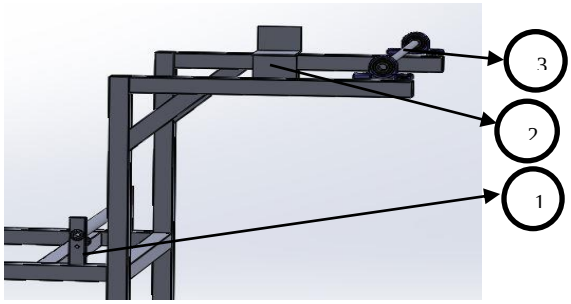
Gambar 8. Penarik Material Plastik

Dalam pembuatan penarik material plastik dibutuhkan Alat dan Bahan sebagai berikut :
1. Besi *Hollow* 40 × 20 × 2 mm
2. Plat besi tebal 5 mm
3. Mesin las SMAW
4. Mesin Gerindra Potong
5. Mesin Drilling
6. Cutting Torch Oxy-Acetylene
7. Alat ukur meteran, jangka sorong, penitik, penggores dan Spidol

Pada pembuatan pengumpan roll plastik terdapat beberapa proses yaitu :
1. Proses pemotongan
2. Proses drilling
3. Proses Pengelasan

5) *Penggulung Sisa Material Plastik*

Penggulung sisa material plastik berfungsi untuk menarik material sisa plastik yang sudah di proses pada cutting, terdapat beberapa komponen seperti gambar 9, yaitu :
1. Penyangga poros
2. *Bracket motor servo*
3. Poros



Gambar 9. Penggulung Sisa Material Plastik

Dalam pembuatan penggulung sisa material plastik dibutuhkan Alat dan Bahan sebagai berikut :

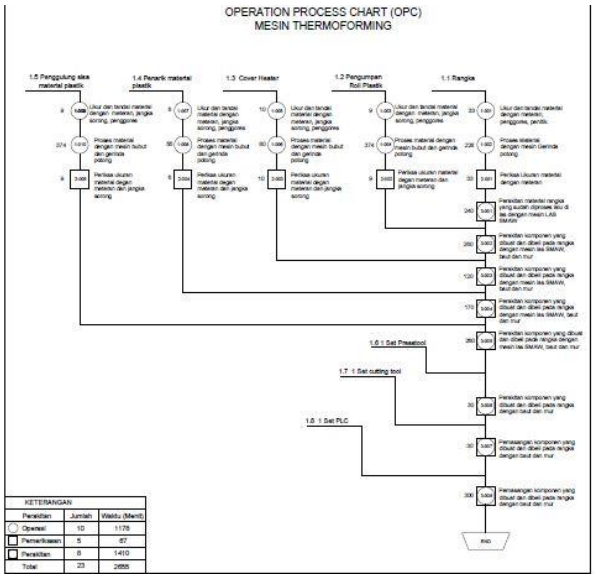
1. Besi Hollow 40 × 20 × 2 mm
2. Plat besi tebal 5 mm
3. Poros Ø25 × 800 mm
4. Mesin las SMAW
5. Mesin Gerindra Potong
6. Mesin *Drilling*
7. *Cutting Torch Oxy-Acetylene*
8. Alat ukur meteran, jangka sorong, penitik, penggores dan Spidol

Pada pembuatan pengumpan *roll* plastik terdapat beberapa proses yaitu :

1. Proses pemotongan
2. Proses drilling
3. Proses bubut
4. Proses Pengelasan

D. Perakitan Mesin *Thermoforming*

Diketahui perakitan mesin *thermoforming* mengacu pada *Operation Process Chart (OPC)* yang sudah terlampir dilampiran. Di dapatkan estimasi waktu perakitan total mesin *thermoforming* dari OPC yang telah dibuat adalah 2655 menit. Estimasi waktu perakitan tersebut termasuk dalam proses pembuatan yang dibagi menjadi 5 bagian, seperti gambar 10.



Gambar 10. OPC Mesin *Thermoforming*

KETERANGAN		
Perakitan	Jumlah	Waktu (Menit)
Operasi	10	1178
Pemeriksaan	5	67
Perakitan	8	1410
Total	23	2655

Gambar 11. Keterangan Waktu pada OPC

Pada gambar 11 didapatkan keterangan estimasi waktu untuk perakitan mesin *thermoforming* mengacu pada OPC.

Di asumsikan waktu untuk pembelian komponen mesin *thermoforming* adalah 40 hari kerja. Karena tidak semua komponen yang dibutuhkan pada mesin *thermoforming* langsung tersedia di pasaran, harus memesannya dan diproses dari jauh jauh hari. Dan waktu untuk *running test* mesin setelah semua komponen di rakit selama 7 hari. Dalam siklus waktu kerja adalah 1 hari adalah 8 jam, 1 minggu adalah 5 hari, dan untuk 1 bulan adalah 20 hari kerja.

- Waktu pembelian komponen mesin

$$t_{pembelian} = 40 \text{ hari}$$

- Waktu *running test* mesin

$$t_{running\ test} = 7 \text{ hari}$$

- Waktu perakitan berdasarkan *OPC*

$$t_{perakitan} = \frac{2655}{60} = 44{,}25 \text{ jam}$$

$$t_{OPC} = \frac{44{,}25}{8} = 5 \text{ hari } 2 \text{ jam}$$

- Waktu total untuk pembuatan 1 unit mesin *thermoforming*

$$t_{total} = t_{pembelian} + t_{running\ test} + t_{perakitan}$$

$$t_{total} = 40 + 7 + 5 \text{ hari } 2 \text{ jam}$$

$$t_{total} = 52 \text{ hari } 2 \text{ jam}$$

Maka, dibutuhkan waktu untuk pembelian, perakitan komponen, dan *running test* pada mesin *thermoforming* adalah 52 hari 2 jam.

E. Anggaran Biaya

Analisa anggaran biaya menggunakan metode ABC *(Actvity Based Costing). Actvity Based Costing* meliputi biaya langsung dan tidak langsung. Biaya langsung yaitu biaya pembelian material dan biaya tenaga kerja. Berikut ini adalah data Rencana Anggaran Belanja (RAB)

untuk pembuatan atau fabrikasi mesin *Thermoforming* untuk produk tutup cup plastik dengan kapasitas produksi 250000 produk/bulan.

Tabel 6. RAB Komponen

No	Komponen	Jumlah	Harga Satuan	Total Harga
1	Hollow 50 × 50 × 3 mm (panjang = 6 m)	6	Rp 250.000	Rp 1.500.000
2	Hollow 40 × 20 × 2 mm (Panjang = 6 m)	1	Rp 166.000	Rp 166.000
3	Siku 40 × 40 × 2 mm (Panjang = 6 m)	1	Rp 135.000	Rp 135.000
4	Plat strip 820 × 480 × 0,5 mm (Potongan)	2	Rp 50.000	Rp 100.000
5	Plat balok 100 × 100 × 5	3	Rp 15.000	Rp 45.000
6	Plat balok 130 × 100 × 5	1	Rp 15.000	Rp 15.000
7	Poros Pejal Ø10 × Ø30 × 1000	6	Rp 285.000	Rp 1.710.000
8	Poros Pejal Ø25 × 1000	2	Rp 80.000	Rp 160.000
9	Heater tubular	2	Rp 650.000	Rp 1.300.000
10	Pillow block bearing	4	Rp 43.000	Rp 172.000
11	Ball bearing	12	Rp 54.000	Rp 648.000
12	Motor Servo	3	Rp 2.800.000	Rp 8.400.000
13	Pulley	3	Rp 60.000	Rp 180.000
14	Timing-belt	3	Rp 20.000	Rp 60.000
15	1 set PLC	1	Rp 50.000.000	Rp 50.000.000
16	1 set presstool	1	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000
17	1 set cutting tool	1	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000
18	Baut dan Mur M10	44	Rp 5.000	Rp 220.000
19	Rubber sheet	1	Rp 42.000	Rp 42.000
20	C-washer Ø20	4	Rp 2.000	Rp 8.000
21	Elektroda Nikko Steel RD 260	3	Rp 150.000	Rp 450.000
Total Biaya				Rp 100.311.000
PPN 10%				Rp 10.031.100
TOTAL				Rp 110.342.100

Pada tabel biaya anggaran 6 hanya menguraikan harga – harga per komponen pada Mesin *Thermoforming* untuk produk tutup cup plastik dengan kapasitas produksi 250000 produk/bulan. Anggaran biaya yang dikeluarkan untuk membeli bahan komponen tersebut sejumlah Rp. 110.342.100. Berikut ini adalah biaya yang digunakan dalam proses permesinan:

Tabel 7. RAB Permesinan

No	Jenis Permesinan	Waktu Pengerjaan	Biaya/jam	Total
1	Mesin Las SMAW	13	Rp 100.000	Rp 1.300.000
2	Mesin Bubut	5	Rp 150.000	Rp 750.000
3	Mesin Tekuk	1	Rp 100.000	Rp 100.000
4	Mesin *Drilling*	4	Rp 150.000	Rp 600.000
5	Mesin Gerinda Potong	3	Rp 100.000	Rp 300.000
Total Biaya				Rp 3.050.000

Tabel 7 merupakan biaya untuk proses machining, jenis permesinan yang digunakan adalah mesin las SMAW, bubut, tekuk, drilling dan gerinda potong dengan total biaya Rp. 3.050.000.

Tabel 8. RAB Total

No	Kegiatan	Anggaran
1	Anggaran Biaya Komponen	Rp 110.342.100
2	Anggaran Biaya Permesinan	Rp 3.050.000
3	Biaya Tak Terduga	Rp 5.000.000
Total Biaya		Rp 118.392.100

Anggaran biaya total yang dibutuhkan untuk membuat 1 unit mesin thermoforming total biaya produksi yang dibutuhkan adalah Rp. 118.392.100.

IV. KESIMPULAN

Proses permesinan yang dilakukan untuk membuat mesin thermoforming yaitu proses pemotongan (cutting), pelubangan (drilling), pengelasan (welding), bubut (turning). Pada mesin *thermoforming* terdapat komponen utama yang di buat yaitu rangka, pengumpan material plastik, cover heater, penarik material plastik, dan penggulung sisa material plastik. Waktu perakitan untuk 1 unit mesin thermoforming dibutuhkan waktu untuk pembelian, perakitan komponen, dan running test adalah 52 hari 2 jam. Pembelian komponen mesin thermoforming sebesar Rp 110.342.100 Biaya proses manufaktur sebesar Rp 3.050.000 dan di tambah biaya tak terduga sebesar Rp 5.000.000 sehinggga biaya total yang dibutuhkan untuk membuat mesin thermoforming adalah Rp. 118.392.100. Diharapkan untuk perancang mesin agar lebih matang dan memfikirkan cara untuk pembuatan komponennya, karena pada saat proses pengerjaan manufakturnya sedikit kesulitan untuk memahami gambar yang sudah dibuat sebelumnya sehingga menghambat waktu dalam pengerjaannya.

REFERENSI

[1] G. Hidayatullah, Idham S.J., R. Aziz, Ryan R., "Rancang Bangun Mesin Pengaduk Serbuk Kayu Untuk Pembuatan Papan Partikel Berkapasitas 6 Kg". Program Studi Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta, 2017.

[2] A. Sumpena, "Diktat Teknik Mesin Perkakas". Depok: Politeknik Negeri Jakarta, 2014.

[3] Diki Irwansyah, Cahyo Budiyantoro, Sunardi, "Perancangan Mesin Vacuum Forming Untuk Material Plastik Polystyrene (PS) Dengan Ukuran Maksimal Cetakan 400x300x150 (Mm3)". Jurnal Material dan Proses Manufaktur, Vol.1, No.2, pp. 87-95, 2017.

[4] Slamet Riyadi, Agus Eko, "Analisis Pengujian Pengukuran Ketelitian Mesin Drilling (Bor) Smk Swasta Di Kabupaten Ciamis". Jurnal Media Teknologi, Vol. 04, No. 02, pp. 16-24, 2018.

[5] Muhammad Nur, Awal Syahrani, Naharuddin, "Analisis Kekuatan Tarik, Kekerasan, Dan Struktur Mikro Pada Pengelasan Smaw Stainless Steel 312 Dengan Variasi Arus Listrik". Jurnal Mekanikal, vol. 9, no. 1, pp. 814–822, 2018.

[6] Febryan Maulana, "Perancangan Jig Md Cutting Sebagai Pengganti Proses Pemotongan

Manual Pada Md Konektor Design of Md Cutting Jig As Replacement for the Process of Cutting Manual Md Connector". Majalah Pengkajian Industri, Vol. 11, No. 1, pp. 11 – 22, 2017.

[7] Wirawan Aryanto Balol, "Peningkatan Kualitas Produk Dengan Menerapkan Konsep Dmaic Di Plant Thermoforming PT. Tx Pandaan". Jurnal Ilmiah, Vol. 24, No. 2, pp. 56-63, 2017.

[8] Trinova Budi Santoso, Solichin, Prihanto Trihutomo, "Pengaruh Kuat Arus Listrik Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik Dan Struktur Mikro Las Smaw Dengan Elektroda E7016". Jurnal Tek. Mesin, vol. 23, no. 1, pp. 56–64, 2015.

[9] Setiawan Rizky Adi, "Perancangan Ulang Mesin Thermoforming Menggunakan Metode Pendekatan Sistematis". Program Studi Teknik Industri Universitas Atma Jaya Yogyakarta, 2017.

[10] Lim Ade Nasa, "Penerapan Biaya St r Terhadap Pengendalian Biaya Produksi: Studi Kasus Pada C.V Sejahtera Bandung". Akurat Jurnal Ilmiah Akuntansi, Vol. 1. No. 07, pp. 10-15, 2012.