

# PERANCANGAN KONSTRUKSI DAN BIAYA MESIN PENGEMAS ROTI UNTUK INDUSTRI KECIL

**Bustami Ibrahim<sup>1</sup>, Mochamad Ega Oktavian<sup>2</sup>**

(1) Dosen Jur. Teknik Perancangan Manufaktur, Politeknik Manufaktur  
Negeri Bandung, Jl. Kanayakan 21 Bandung 40135,  
email: bustami@polman-bandung.ac.id

(2) Mahasiswa D4 Polman Jur. Teknik Rekayasa dan Pengembangan Produk  
email: egaoktavian@gmail.com

## Abstrak

Sebuah industri roti skala rumahan di daerah Cigadung, Kota Bandung, Jawa Barat ingin meningkatkan kapasitas produksinya pada proses pengemasan. Pemilik perusahaan ingin membeli mesin yang spesifikasinya disesuaikan dengan industri kecil dengan kurang Rp. 80.000.000,-. Maka dilakukan penelitian untuk merancang konstruksi mesin pengemas roti dengan spesifikasi yang sesuai, dan harga kurang dari Rp. 80.000.000,-.

Dilakukan Proses perancangan dengan menggunakan metode VDI 2222, yang menghasilkan sebuah mesin pengemas roti dengan input roti manual (oleh operator) disimpan dalam sebuah *infeed conveyor*, dilanjutkan dengan pembungkusan roti oleh plastik film dengan mekanisme roll dan dibentuk dalam sebuah plat pembungkus. Kemudian sistem sealing dengan menggunakan *fin seal* merekatkan bagian bawah kemasan, lalu bagian depan dan belakang sekaligus dilakukan *sealing* dan *cutting* pada bagian *end sealer jaw*. Terakhir, plastik keluar dalam keadaan terbungkus dan meluncur melalui sebuah plat miring menuju wadah.

Dari hasil perancangan yang telah dilaksanakan, diperoleh kesimpulan mesin pengemas roti memiliki spesifikasi yang sesuai dengan industri kecil, dan harga Rp. 71.000.000,-.

**Kata kunci: Pengemas, Roti, Plastik film, Harga, Spesifikasi**

## 1. Pendahuluan

### 1.1 Latar Belakang

Sebuah industri pembuat roti skala kecil di daerah Cigadung, membutuhkan sebuah mesin pengemas roti. Mesin yang ada di pasaran saat ini memiliki harga yang masih sangat mahal. Dari penelitian yang telah saya lakukan, harga mesin termurah saat ini yaitu Rp. 95.000.000,- pada saat harga dollar masih Rp. 12.500,- sedangkan sekarang harga dollar sudah mencapai Rp. 13.400,-. Maka disimpulkan, harga mesin yang ada di atas Rp. 100.000.000,-. Oleh karena itu, pemilik perusahaan ingin sebuah mesin yang harganya kurang dari Rp. 80.000.000,-

Untuk mendapatkan sebuah mesin dengan harga tersebut, maka spesifikasi mesin pun harus disesuaikan dengan kebutuhan perusahaan. Perusahaan menginginkan peningkatan produksi 2 kali lipat dari sebelumnya yaitu 10.000 roti per hari menjadi 20.000 roti per hari.



**Gambar 1.1** Mesin Pengemas Roti Otomatis Tipe Horizontal

Mesin pengemas roti ini dapat mengemas 60 buah roti dalam waktu 1 menit atau dirancang sesuai dengan kapasitas produksi yang ingin dicapai oleh perusahaan yaitu 20.000 buah roti per hari dengan 6 jam kerja. Cara kerja mesin ini sendiri yaitu input berupa lembar plastik yang di roll dan telah diberi label sebelumnya digunakan untuk menggulung potongan-potongan roti yang sudah tersusun dengan suatu mekanisme tertentu. Selanjutnya dilakukan perekatan dengan metode pemanasan dan kemudian sekaligus dilakukan pemotongan untuk tiap tiap potongan roti yang telah diberi jarak dan berjalan dengan menggunakan sebuah konveyor. Output

berupa bungkus-bungkus roti tersebut kemudian ditampung ke dalam sebuah wadah.

Maka dari itu perancangan Mesin Pengemas Roti Horizontal untuk Industri Kecil dibuat dengan meminimalkan biaya produksi dan pembuatan mesin dengan menyesuaikan spesifikasi mesin terhadap kebutuhan industri rumahan.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan kajian mengenai latar belakang, uraian permasalahan yaitu membuat rancangan konstruksi dan estimasi biaya mesin pengemas roti untuk industri kecil dengan spesifikasi dan harga yang sesuai dengan kebutuhan perusahaan.

## 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam merancang Mesin Pengemas Roti Otomatis dengan mereduksi biaya produksi diantaranya menentukan spesifikasi yang sesuai, merancang konstruksi dengan memperhitungkan biaya pembuatan, membuat estimasi harga pembuatan dan harga jual, hingga menganalisis kekuatan komponen dan elemen transmisi tanpa memperhitungkan kekakuan dan getaran mesin serta rincian dari sistem kontrol.

## 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk menghasilkan mesin pengemas roti dengan spesifikasi yang telah disesuaikan dengan industri kecil yaitu 60 bungkus roti per menit dan dapat membungkus 3 varian roti, serta memiliki harga dibawah Rp. 80.000.000,-

## 2. Proses Perancangan

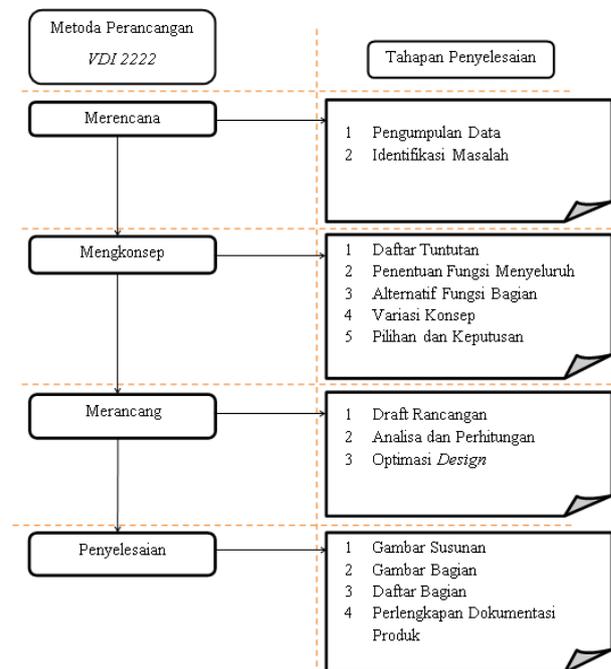
### 2.1 Metodologi Perancangan

Metodologi yang digunakan untuk penelitian ini adalah VDI 2222. Pada metodologi ini terdapat 4 tahapan utama untuk menyelesaikan suatu rancangan yaitu tahap merencana, mengkonsep, merancang, dan menyelesaikan. Penelitian ini hanya membahas hingga merencana, sedangkan tahap penyelesaian dilakukan oleh mahasiswa D3.

### 2.2 Tahap Merencana

Dalam tahap merencana, dilakukan proses identifikasi pada produk dan mesin yang telah ada sebelumnya. Dari hasil identifikasi didapatkan bahwa produk memiliki 3 varian dengan ukuran

dan berat yang berbeda beda. Proses identifikasi pada mesin yang telah ada didapatkan bahwa harga mesin tersebut diatas Rp. 100.000.000,- dan bagian konstruksi serta mekanismenya dijadikan acuan dan pembandingan terhadap rancangan yang dibuat.



Gambar 2.1 Diagram Metodologi Perancangan berbasis VDI 2222

| Varian Produk |  |   |   |
|---------------|--|---|---|
|               | Roti 1   | Roti 2  | Roti 3  |
|               |  |  |  |
| Dimensi       | Ø80 x 20   | 100 x 100 x 30  | 120 x 70 x 30   |
| Berat         | 65 gr  | 60 gr   | 60 gr   |

Gambar 2.2 Data Spesifik Produk



Gambar 2.3 CHM 250 Horizontal Packaging Machine

### 2.3 Tahap Mengkonsep

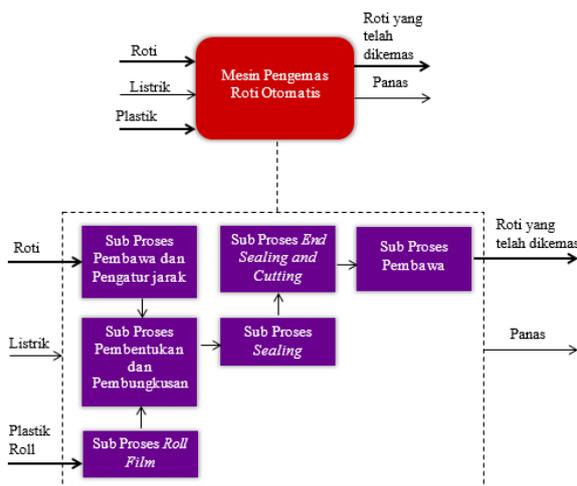
Proses pertama dalam tahap mengkonsep adalah membuat daftar tuntutan sebagai acuan pembuatan rancangan. Selanjutnya menentukan

fungsi menyeluruh dari mesin perontok padi *portable* dengan metode *black box* yang nantinya akan menghasilkan struktur pada masing fungsi bagian rancangan. Berikut adalah daftar tuntutan yang harus dipenuhi pada proses perancangan:

Tabel 2.1 Daftar Tuntutan

| No | Daftar Tuntutan                | Keterangan                |  |
|----|--------------------------------|---------------------------|--|
| 1  | Tuntutan Utama                 |                           |  |
|    | a                              | Kapasitas Alat            | 60 roti/menit  |
|    | b                              | Harga                     | ≤ Rp. 80.000.000,- / mesin   |
|    | c                              | Penggerak                 | Motor Listrik dan Gearbox  |
|    | d                              | Mekanisme Mesin           | Flow/Continue  |
|    | e                              | Jenis Plastik             | Roll Film  |
|    | f                              | Bahan Plastik             | Polypropylene  |
| 2  | Tuntutan Kedua (Dimensi Mesin) |                           |  |
|    | a                              | Panjang                   | max 5000 mm  |
|    | b                              | Lebar                     | max 1500 mm  |
|    | c                              | Tinggi                    | max 2000 mm  |
| 3  | Keinginan                      |                           |  |
|    | a                              | Mudah dalam perawatan     | Bongkar pasang komponen mesin tidak memerlukan alat khusus.  |
|    | b                              | Mudah dalam pengoperasian | Pengoperasian mesin dapat dilakukan oleh semua kalangan, kecuali anak SMP ke bawah perlu didampingi. |

Pada gambar 2.4 terdapat penjabaran tentang isi *black box* untuk perancangan mesin perontok padi *portable*.



Gambar 2.4 Konsep Black Box

Setelah *black box* terdefinisi kemudian dibuat struktur fungsi bagian. Struktur fungsi bagian dibuat pada rancangan mesin pengemas roti.



Gambar 2.5 Diagram Penguraian Fungsi

Setelah proses pembuatan alternatif dari masing-masing fungsi bagian dan menghasilkan beberapa konsep dari rancangan mesin pengemas roti, maka didapatkanlah konsep terpilih melalui proses pemilihan konsep berdasarkan VDI 2222. Berikut merupakan konsep terpilih untuk rancangan mesin perontok padi *portable*.



Gambar 2.6 Alternatif Konsep yang Terpilih

Alternatif Konsep Terpilih, rangka mesin terbuat dari baja profil dan *sheet metal* yang disambung dengan pengelasan, untuk memudahkan *maintenance* ada bagian rangka yang dapat dibuka dengan menggunakan sistem engsel. Fungsi *Roll Film* ditempatkan di atas.. Sehingga pada konstruksi selanjutnya yaitu sub fungsi Pembentukan dan pembungkusan, former menggunakan *fix former* yang dapat diganti sesuai variasi ukuran lebar dan tinggi produk. Karena konstruksi *roll* terletak di atas, maka *sealing* dikonstruksikan di bawah karena plastik yang disambungkan ada pada bagian bawah produk. Sub fungsi *sealing* menggunakan *rotary fin seal*. Sub fungsi *end sealing and cutting* menggunakan gerak *rotary* agar mekanisme menjadi sederhana. Sub fungsi pembawa keluar nya produk yang telah dibungkus menggunakan konstruksi bidang miring menuju sebuah penampungan.

### 3. Perhitungan Rancangan

#### 3.1 Perhitungan Estimasi Biaya

Dalam perhitungan estimasi biaya total, penulis menghitung berdasarkan harga material, harga proses, dan komponen standar yang dibeli. Harga material dihitung dari jenis dan raw material yang digunakan. Baik itu panjang atau berat, dikalikan dengan harga yang ada di pasaran.

Harga proses didapatkan berdasarkan waktu yang dibutuhkan untuk proses (hasil survey pasar), dikalikan harga sewa mesin. Waktu proses diperoleh dari estimasi waktu yang dibutuhkan untuk memproses komponen-komponen didalamnya. Harga part standar didapatkan dari harga pasaran yang ada.

**Tabel 3.1** Estimasi Biaya Mesin

| Kelompok harga      | Estimasi harga [rp.] |
|---------------------|----------------------|
| Harga material      | 4254360,567          |
| Harga proses        | 3294000              |
| Harga part standar  | 24746440             |
| Harga panel kontrol | 8000000              |
|                     | 40294800,57          |

#### 3.2 Perhitungan Harga Jual Mesin

Mesin yang sudah dibuat akan dijual kepada konsumen, maka perlu ditentukan harga mesin. Berikut perhitungan untuk menentukan harga mesin:

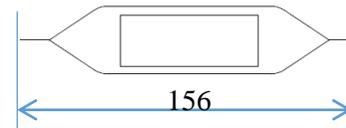
| Harga Jual Produk   |             |
|---|-------------|
| Estimasi Harga Pembuatan                                    | 40294800,57 |
| Harga tenaga kerja  | 10560000    |
|   | 2200000     |
| Harga peralatan Perancangan (listrik, penyusutan peralatan) | 17230,4     |
|   | 2000000     |
| Keuntungan  | 16521609,29 |
| Harga jual  | 71593640,26 |

#### 3.3 Perhitungan Konstruksi

Konstruksi yang perlu dihitung diantaranya yaitu:

##### 3.3.1 Perhitungan Kecepatan Plastik

Kecepatan plastik sama dengan kecepatan produksi mesin. Maka kecepatan produksi mesin didapat dari panjang produk setelah packing kemudian dikalikan jumlah roti yang dibungkus per detik.



**Gambar 3.1** Panjang Roti Setelah Dikemas

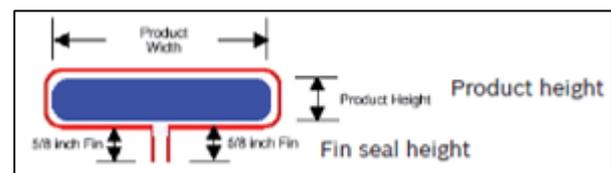
Dengan kapasitas produksi 60 roti per menit, dan panjang prosuk setelah dikemas 156 mm, maka dihitung kecepatan plastik 156 mm/s.

Hasil pengemasan ketiga jenis produk memiliki ukuran panjang yang sama yaitu panjang maksimal roti 120 mm

##### 3.3.2 Penentuan lebar plastik

Lebar plastik dari ketiga varian roti dapat dihitung dengan :

$$\text{Web width} = 2 \times (\text{lebari roti} + \text{tinggi roti} + \text{tinggi Fin Seal Roller} + 5 \text{ mm})$$



**Gambar 3.2** Penentuan Lebar Roti

Maka didapat data sebagai berikut:

$$\text{Lebar plastik 1} = 300 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar plastik 2} = 250 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar plastik 3} = 250 \text{ mm}$$

##### 3.3.3 Perhitungan rpm pada block end sealer

Perhitungan rpm pada End Sealer (pemotong plastik) didapat dari kecepatan plastik dan geometri End Sealer:

$$v = 156 \text{ mm/s}$$

$$v_{\text{rotasi}} = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot n$$

$$v = v_{\text{rotasi}}$$

$$0.156 \text{ m/s} = 2 \cdot \pi \cdot 50 \text{ mm} \cdot n$$

$$n = 0.156 \text{ m/s} / 2 \cdot \pi \cdot 50 \text{ mm}$$

$$n = 156 \text{ mm/s} / 314 \text{ mm}$$

$$n = 0.496 \text{ rot/s}$$

$$\sim 0.5 \text{ rot/s}$$

$$n = 30 \text{ rpm}$$

Dari hasil perhitungan diperoleh putaran end sealer 30 rpm, sedangkan kebutuhan 60 buah per menit. Maka menggunakan *end sealer* dengan *double jaw*. *End sealer* dengan *double jaw* memiliki 2 buah *jaw* pada satu poros yang masing masing *jaw* memiliki 1 buah pisau atau bantalan (tergantung pada poros bagian mana) dan 1 buah *sealing unit* (*Heater, sealer, thermocouple*).

### 3.3.4 Perhitungan gaya pemotongan

Tabel 3.3 Polypropylene Material Properties

| Polymer Type                       | Ultimate Tensile Strength (MPa) |
|------------------------------------|---------------------------------|
| ABS                                | 40                              |
| ABS + 30% Glass Fiber              | 60                              |
| Acetal Copolymer                   | 60                              |
| Acetal Copolymer + 30% Glass Fiber | 110                             |
| Acrylic                            | 70                              |
| Nylon 6                            | 70                              |
| Polyamide-Imide                    | 110                             |
| Polycarbonate                      | 70                              |
| Polyethylene, HDPE                 | 15                              |
| Polyethylene Terephthalate (PET)   | 55                              |
| Polyimide                          | 85                              |
| Polyimide + Glass Fiber            | 150                             |
| Polypropylene                      | 40                              |
| Polystyrene                        | 40                              |

Tabel 3.4 Jenis dan tebal film

| No.      | Jenis Plastik      | Ketebalan | Grade         |
|----------|--------------------|-----------|---------------|
| PP101300 | Polypropylene Film | 0,030 mm  | Heat Sealable |

$$\text{Ultimate Tensile Strength (Rm)} = 40 \text{ MPa}$$

$$\text{Tebal plastik (s)} = 0.03 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar Plastik max (b)} = 300 \text{ mm}$$

$$F = Rm \times A$$

$$F = Rm \times (s \times b)$$

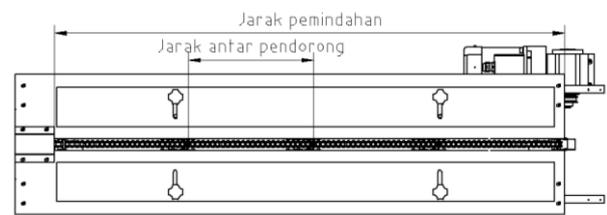
$$F = 40 \text{ Mpa} \times (300 \text{ mm} \times 0.03 \text{ mm})$$

$$F = 360 \text{ N}$$

Maka, gaya pemotongan pada *end sealer jaw* adalah 360 N.

### 3.3.5 Kecepatan Konveyor

Jarak antar tiang yang terpasang pada konveyor sesuai dengan standar rantai. Disesuaikan juga dengan jarak antar roti dengan asumsi agar mudah untuk dilakukan proses peletakan input roti. Maka ditentukan jarak antar tiang adalah 216 mm.



Gambar 3.3 Infeed Conveyor

Diketahui:

$$\text{Jarak antar roti saat di seal} = 156 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak antar roti di konveyor (Ditentukan)} = 216 \text{ mm}$$

$$\text{Kecepatan plastik seal} = 156 \text{ mm/s}$$

Ditanyakan:

Kecepatan Pemindahan ( $V_1$ )

Jawab :

$$V_1 = \text{Kecepatan pemindahan (mm/s)}$$

$$V_2 = \text{Kecepatan plastik seal (mm/s)}$$

$$S_R = \text{Jarak antar roti di sealing (mm)}$$

$$S_K = \text{Jarak antar roti konveyor (mm)}$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{S_R}{S_K}$$

$$V_1 = \frac{V_2 \cdot S_K}{S_R}$$

$$V_1 = 215 \text{ mm/s}$$

Maka, kecepatan laju roti pada konveyor yaitu sebesar 215 mm/s.

### 3.3.6 Kontrol Motor Konveyor

Beban yang harus ditahan oleh motor konveyor yaitu beban gaya tangensial pada rantai konveyor, ditambah beban tambahan akibat pendorong. Dengan menggunakan Motor listrik NORD SK 1 SI 49D-71L, yang berkapasitas 0,5 HP, berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, motor tersebut dinyatakan aman untuk menahan beban yang terjadi pada konveyor.

### 3.3.7 Perhitungan Poros Big Roll dengan Analisis Software

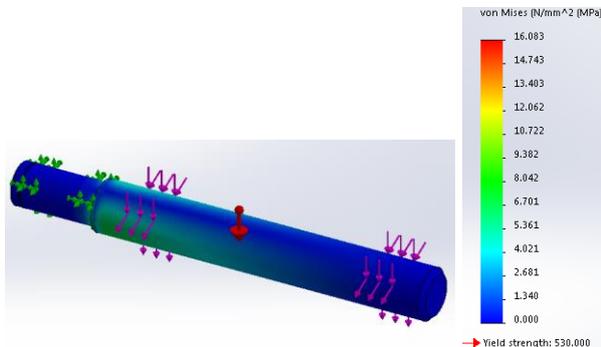
Perhitungan poros dilakukan untuk memastikan bahwa poros tidak akan patah ataupun bengkok pada saat proses. Poros *big roll* adalah bagian poros yang memegang plastik film pada saat terjadi tarikan oleh driven roll.

Analisis *Finite Element* pada *SolidWorks* dilakukan untuk memvalidasi hasil hitungan manual. Analisis pada *software* ini dilakukan dalam keadaan statis,

yaitu mencari tegangan yang terjadi (*Von Mises*) dan *factor of safety* statis.

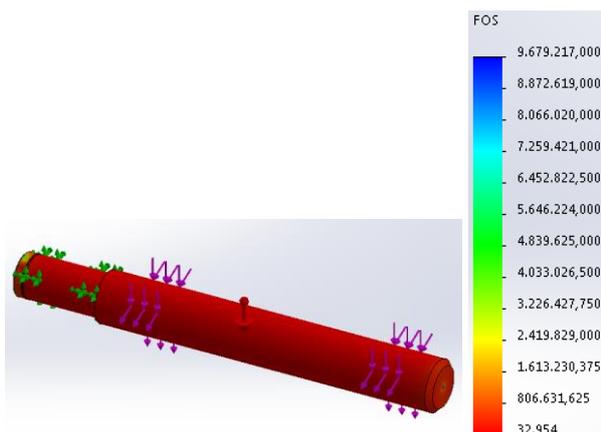
Simulasi menggunakan SolidWork dengan ukuran elemen 5 mm

*Stress (Von Mises)*



**Gambar 4.15** Analisis *Finite Element Stress (Von Mises)*

*Factor of Safety*



**Gambar 4.16** Analisis *Factor of Safety*

Berdasarkan hasil analisis software, Tegangan yang terjadi paling besar adalah 16,083 Mpa, dan *factor of safety* statis yang paling kecil adalah 32,954. Perbandingan antara perhitungan dan analisis software :

**Tabel 4.8** Perbandingan Analisis software dan hitungan manual Poros *Big Roll*

|                                | Perhitungan | Software   | Selisih   |
|--------------------------------|-------------|------------|-----------|
| <i>Stess (Von Mises)</i>       | 14,304 MPa  | 16,083 MPa | 1,779 MPa |
| <i>Factor of Safety Static</i> | 26,023      | 32,954     | 6,931     |

Hal ini disebabkan pada analisis software menggunakan metode perhitungan *finite element* dimana faktor jumlah *mesh* mempengaruhi hasil analisis sedangkan pada perhitungan manual menggunakan metode perhitungan mekanika teknik sehingga hasil yang diperoleh masing-masing perhitungan akan memiliki perbedaan. Juga terdapat perbedaan pada metode perhitungan dan faktor-faktor yang digunakan.

Perbedaan yang terjadi tidak terlampau jauh dan masih dapat ditoleransi, oleh karena itu, hitungan manual maupun software sudah valid. Dengan begitu, dapat disimpulkan bahwa poros tersebut aman.

#### 4. Kesimpulan

Dari hasil perancangan mesin yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa harga mesin yang telah dirancang dapat dibeli dengan harga lebih murah dari pada mesin yang tersedia di pasaran saat ini. Mesin pengemas roti otomatis ini memiliki spesifikasi yang lebih rendah, disesuaikan dengan kebutuhan industri rumahan. Harga mesin ini yaitu Rp. 70.000.000,- sedangkan harga termurah di pasaran yaitu Rp. 95.000.000,-. Kapasitas mesin ini yaitu 60 pcs/s dengan ukuran roti lebar max 100 mm, dan tinggi max 30 mm. Dimensi mesin yang dirancang 2100 mm x 1300 mm x 665 mm.

#### Daftar Pustaka

- [1] Paine, Frank A., 1992. *A Handbook of Food Packaging*. New Delhi.
- [2] Robertson, Gordon L., 2013. *Food Packaging Principal and Practice*. Boca Raton.
- [3] Fellow, P. J., 2000, *Food Processing Technoogy: Principal and Practice*, Second Edition. Boca Raton.
- [4] Mattsson, Berit, and Sonesson, Ulf, 2003. *Envnironmentally-Friendly Food Processing*. Cambridge.
- [5] Richardson, Philip, 2001. *Thermal Technologies In Food Processing*. Cambridge.
- [6] Coles, Richard, McDowell, Derek, and Kirwan, Mark J., 2003. *Food Packaging Technology*. Copenhagen.
- [7] Ebnesajjad, Sina, 2013. *Plastic Film In Food Packaging*. Pensylvania.
- [8] Roloff Matek
- [9] Hakim, A R., 2005, *Kekuatan Bahan Dasar*, Politeknik Manufaktur Negeri Bandung, Bandung.

- [10] Ruswandi, Ayi, 2004, *Metode Perancangan I*, Bandung : Politeknik Manufaktur Bandung.
- [11] 2011. *Guide to Flow Wrapping*. First Edition. Bosch. US.
- [12] 2015. *Wippermann Main Catalogue*. Industrial Chain, Sprockets, and Accessories. Germany.
- [13] 2015. *Xtravac 450 A: Flow Wrapper Operating Instruction*. Missouri.
- [14] Putranto, Agus, 2014. *Kontrol Arah dan Kecepatan Putaran Motor AC 3 Phasa Menggunakan Inverter Altivar 312*. Malang.