

BAB III

METODE PENYELESAIAN

3.1. Alat dan Bahan

Pada pembahasan metode penyelesaian masalah ini akan dijelaskan beberapa alat dan bahan serta *software* yang akan digunakan dalam rancang bangun sistem *single-screw extruder* pada mesin pencetak makaroni. Peralatan dan bahan yang digunakan dalam membuat alat atau mesin merupakan hal yang harus diperhitungkan sebelumnya, karena mempengaruhi hasil dan kualitas mesin yang dibuat.

3.1.1. Alat

Beberapa peralatan yang digunakan untuk proses pengerjaan rancang bangun sistem *single-screw extruder* pada mesin pencetak makaroni, ditunjukkan pada tabel 3. 1 sesuai dengan fungsinya masing-masing.

Tabel 3. 1 Alat yang digunakan dalam proses pengerjaan rancang bangun *screw extruder* pada mesin pencetak makaroni

No.	Mesin/alat	Spesifikasi	Fungsi
1.	Laptop Toshiba Dynabook 	- Processor Intel CORE i3. - RAM 4GB.	Untuk memuat laporan dan sebagai media desain dan analisa rangka.
2.	Mesin Las 	- Voltage : 220 V - Capacity : 20 – 120 A - Kawat las : 1,6 - 3,2 mm - Daya : 900 Watt	Untuk menyambung rangka penggerak sistem <i>single-screw extruder</i> .

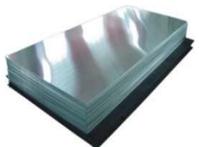
Tabel 3.1 Alat yang digunakan dalam proses pengerjaan rancang bangun *screw extruder* pada mesin pencetak makaroni (lanjutan)

No.	Mesin/alat	Spesifikasi	Fungsi
3.	 <p>Mesin Gurdi</p>	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Spindle speeds range</i> : 320– 3300 r/min - <i>Dimension of work-table</i> 420 x 152 mm 	Untuk membuat lubang pada material yang akan digunakan.
4.	 <p>Mesin Bubut</p>	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Max distance between centers</i>: 750 mm - <i>Hole Through Spindle</i>: 20 mm - Motor 750 Watt 	Untuk membuat poros
5.	 <p>Jangka Sorong</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Merek : Mitutoyo - Ketelitian : 0,05 mm - <i>Range</i> : 0 – 300 mm 	Untuk mengukur material.

3.1.2. Bahan

Beberapa bahan dan komponen yang akan digunakan untuk proses pengerjaan rancang bangun sistem *screw extruder* pada mesin pencetak makaroni ditunjukkan pada Tabel 3. 2 sesuai dengan fungsinya masing–masing.

Tabel 3. 2 Bahan yang digunakan dalam proses pengerjaan rancang bangun *screw extruder* pada mesin pencetak makaroni

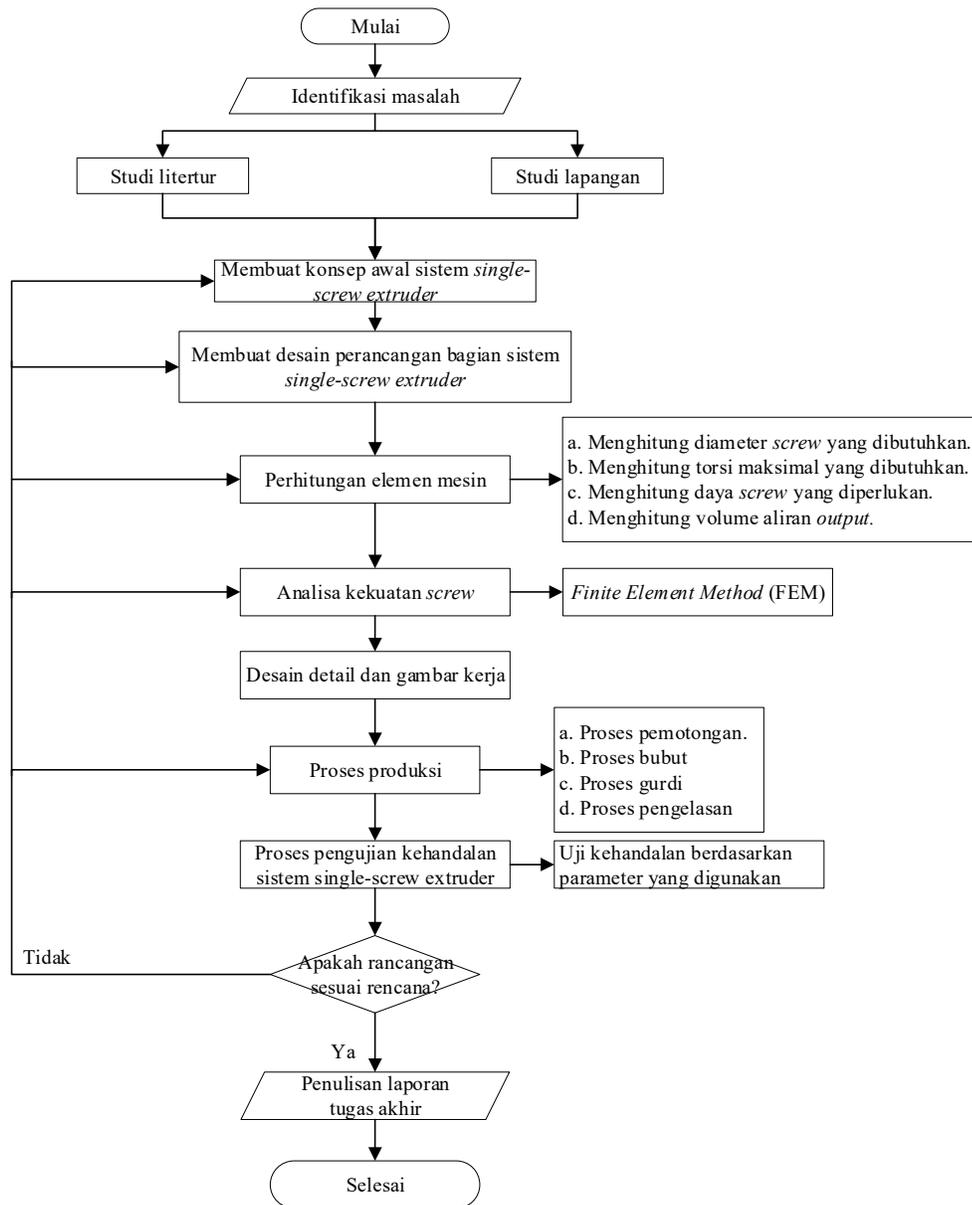
No.	Bahan	Spesifikasi	Fungsi
1.	Poros <i>stainless steel</i> 	- $\sigma_u = 646$ Mpa - <i>Yield Strength</i> = 270 Mpa	Sebagai material <i>screw extruder</i> .
2.	Plat <i>stainless steel</i> 	- $\sigma_u = 646$ Mpa - <i>Yield Strength</i> = 270 Mpa	Sebagai material <i>hooper</i> dan <i>barrel</i> .
3.	<i>Bearing</i> 	<i>Pillow block bearing</i> KFL002 (Ø15mm)	Sebagai penumpu suatu poros yang berbeban dan berputar.
4.	Hollow 	Baja tipe SS400 - $\sigma_u = 400-510$ Mpa <i>Yield Strength</i> <16mm = 245 Mpa	Sebagai material rangka penggerak <i>screw extruder</i> .
5.	Motor DC dan <i>gearbox</i> 	- <i>Voltage</i> : 24V - <i>Motor speed</i> : 2000 RPM - <i>Gearbox ratio</i> : 1/50	Sebagai penggerak <i>screw extruder</i> dan pemotong hasil proses ekstrusi.

Tabel 3.2 Bahan yang digunakan dalam proses pengerjaan rancang bangun *screw extruder* pada mesin pencetak makaroni (lanjutan)

No.	Bahan	Spesifikasi	Fungsi
6.	As Bronze 	- $\sigma_u = 241$ Mpa - <i>Yield Strenght</i> = 138 Mpa	Sebagai <i>adapter</i> pada <i>die</i> .
7.	Plat Baja 	- Baja tipe SS400 - $\sigma_u = 400-510$ Mpa - <i>Yield Strenght</i> <16mm = 245 Mpa	Sebagai <i>cover</i> pada bagian <i>driver</i> .
8.	Pipa <i>Stainless Steel</i> 	- $\sigma_u = 515$ Mpa - <i>Yield Strenght</i> = 205 Mpa	Sebagai <i>barrel</i> .

3.2. Diagram Alir Proses Rancang Bangun

Diagram alir proses rancang bangun merupakan langkah atau tahapan dalam membuat bagian sistem *single-screw extruder*. Diagram alir proses rancang bangun sistem *single-screw extruder* pada mesin pencetak makanan makaroni ditunjukkan pada gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Diagram alir proses rancang bangun

3.2.1 Identifikasi masalah

Identifikasi masalah merupakan bagian kegiatan dari perencanaan dan klarifikasi tugas yang bertujuan untuk menghasilkan spesifikasi informasi berupa daftar kebutuhan yang difokuskan dan disesuaikan dengan kepentingan proses desain dan langkah kerja selanjutnya. Proses awal dari kegiatan ini adalah

melakukan survei dan wawancara dengan pemilik UMKM Lestari. Dimana tahapan ini mendapatkan suatu permasalahan.

Mendapatkan sebuah masalah dilakukan dengan wawancara kepada narasumber yaitu pemilik UMKM Lestari. Tahap ini dilakukan untuk mengetahui kendala yang dialami pada saat produksi makaroni keju, ditunjukkan oleh tabel 3.3 dibawah ini.

Tabel 3. 3 Menunjukkan pertanyaan

No.	Pertanyaan	Narasumber
1.	Apa saja yang diproduksi disini?	Makaroni keju.
2.	Bagaimana proses produksi makaroni keju?	Proses pencetakan adonan makaroni masih secara manual.
3.	Apa kendala yang dialami pada produksi makaroni keju?	Pencetakan makaroni secara manual menyebabkan proses produksi menjadi tidak efektif.
4	Berapa tepatnya waktu yang dibutuhkan dalam proses pada setiap kali produksi?	15-20 menit setiap 500 gram.
5	Bagaimana pendapat anda jika kami membuat mesin pencetak makaroni? Sekiranya berguna, dibutuhkan atau tidak?	Mesin pencetak makaroni dibutuhkan dan diharapkan mampu mengatasi masalah yang ada.

3.2.2 Studi literatur

Pada tahapan ini penulis mengumpulkan informasi yang berhubungan dengan tema tugas akhir yang di pilih dengan *me-review* beberapa jurnal penelitian yang sudah ada serta membaca buku-buku sebagai sumber referensi untuk dijadikan acuan dalam menyelesaikan tugas akhir.

3.2.3 Studi lapangan

Studi lapangan dilakukan dengan cara mensurvei langsung di lokasi, yaitu tempat dimana mesin pencetak makaroni ini dibutuhkan. Studi lapangan juga

diperlukan untuk mengambil data-data setiap elemen mesin yang ada di industri sebagai acuan penulis untuk menentukan kebutuhan elemen mesin pada sistem *single screw extruder*.

3.2.4 Membuat konsep awal bagian sistem *single-screw extruder*

Dalam tahapan ini penulis membuat konsep sistem *single-screw extruder* pada mesin pencetak makanan makaroni dengan mengacu pada penelitian terdahulu tentang *screw extruder*. Penulis membuat kebutuhan komponen mekanis dan elektronika. Kemudian dari data-data tersebut direalisasikan menjadi sketsa awal.

3.2.5 Membuat desain perancangan

Pada tahap ini penulis melakukan desain perancangan dengan memeriksa fungsi, kekuatan dan kompatibilitas sistem *single-screw extruder* pada mesin pencetak makanan makaroni.

3.2.6 Perhitungan Elemen Mesin

Perhitungan sistem *single-screw extruder* pada mesin pencetak makaroni meliputi perhitungan *screw*, perhitungan *die*, poros transmisi, dan perhitungan daya motor.

3.2.5.1. Perhitungan *single-screw extruder*

Single screw extruder adalah bagian utama pada mesin pencetak makaroni (Rauwendaal, C., 2014). Berikut merupakan rumus-rumus yang digunakan dalam perencanaan perhitungan *screw* yaitu:

a) Perhitungan torsi *screw root*/poros *screw*

$$T = C \frac{Z_{screw}}{N} \quad (3.1)$$

Keterangan:

T = torsi yang disalurkan (Nm)

C = koefisien konstan (9549.3)

Z_{screw} = daya untuk *screw* (kW)

N = putaran *screw* (rpm)

b) Perhitungan daya *screw*

$$Z_{screw} = T\omega = \frac{2\pi T}{60} \quad (3.2)$$

Keterangan:

Z_{screw} = daya untuk *screw* (kW)

T = torsi yang disalurkan (Nm)

N = putaran *screw* (rpm)

c) Perhitungan tegangan geser pada *screw root*

$$\tau_a = \frac{2Tr}{\pi R^4} \quad (3.3)$$

Keterangan:

τ_a = tegangan geser pada *screw root* (kg/mm²)

T = torsi yang disalurkan (Nm)

R = jari-jari *screw root* (mm)

d) Perhitungan tegangan maksimal pada *screw root*

$$\tau_{max} = \frac{2T}{\pi R^3} \quad (3.4)$$

Keterangan:

τ_{max} = tegangan maksimal *screw root* (MPa)

T = torsi yang disalurkan (Nm)

R = jari-jari *screw root* (m)

e) Perhitungan diameter *screw root*

$$R > \left(\frac{2T}{\pi\tau_a}\right)^{1/3} \quad (3.5)$$

Keterangan:

R = jari-jari *screw root* (m)

T = torsi yang disalurkan (Nm)

τ_a = tegangan geser pada *screw root* (MPa)

f) Perhitungan tinggi maksimal kanal *screw*

$$H_{maks} = \frac{1}{2} D - \left(\frac{2T}{\pi\tau_a}\right)^{1/3} \quad (3.6)$$

Keterangan:

H = tinggi kanal *screw* (m)

D = diameter luar *screw* (m)

T = torsi yang disalurkan (Nm)

τ_a = tegangan geser pada *screw root* (MPa)

3.2.5.2. Perhitungan *output screw extruder*

Berikut merupakan rumus-rumus yang digunakan dalam perencanaan perhitungan *output screw extruder* yaitu:

a) Perhitungan tekanan untuk *output* (Drotman, Dylan T, J., 2015)

$$P = \frac{2\pi D^2 N H \sin(\theta) \cos(\theta)}{\frac{1}{3Ld} \left(\frac{F b d^3}{\pi} + D H^3 \sin^2(\theta) \right)} \quad (3.7)$$

Keterangan;

P = *Pressure output* (Pa)

μ = viskositas Newtonian (Pa.s)

D = Diameter *screw* (m)

N = Putaran *screw* (rpm)

H = Kedalaman *channel* (m)

θ = Sudut helix *screw* (°)

Ld = Panjang barrel (m)

F = Koefisien aliran

b = Lebar *channel* (m)

d = Tinggi *channel* (m)

b) Perhitungan laju aliran *output* (Drotman, Dylan T, J., 2015)

$$Q = P \times \frac{F b d^3}{12\mu L d} \quad (3.8)$$

Keterangan:

Q = Laju aliran output (m³/s)

P = *Pressure output* (Pa)

F = Koefisien aliran

b = Lebar *channel* (m)

d = Tinggi *channel* (m)

μ = viskositas Newtonian (Pa.s)

Ld = Panjang barrel (m)

c) Perhitungan *pressure drop* untuk aliran non-Newtonian (Padmanabhan, M dan Bhattacharya, M., 1989)

$$\Delta P = \frac{3,47\eta Q}{2R^3} \quad (3.9)$$

Keterangan:

$\Delta P =$ *pressure drop* (Pa)

$\eta =$ koefisien viskositas (Pa.s)

$Q =$ volume laju aliran (m^3/s)

$R =$ radius *die* (mm)

- d) Perhitungan volume aliran untuk lubang *die* jenis *annular* (Levine, L dan Miller, R. C., 2007)

$$Q = \frac{n\pi\bar{R}h^2}{2n+1} \left(\frac{h\Delta P}{2Lm}\right)^{\frac{1}{n}} \quad (3.10)$$

Keterangan:

$Q =$ volume laju aliran (m^3/s)

$\Delta P =$ *pressure drop* (Pa)

$n =$ indeks aliran hukum daya

$m =$ indeks aliran hukum daya konsisten

$\bar{R} =$ rata-rata radius pada

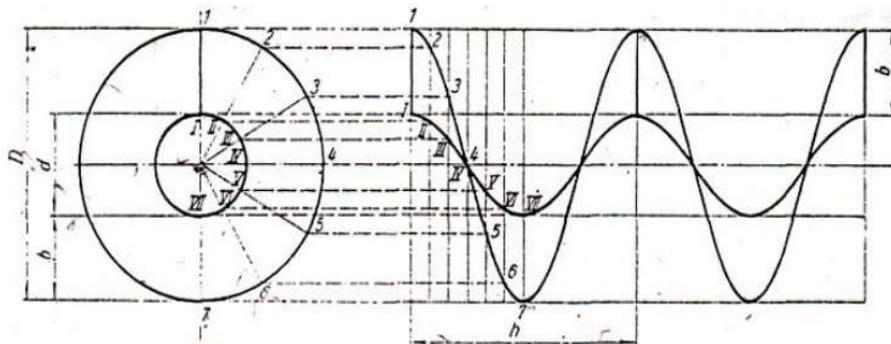
penampang *die* annular (mm)

$h =$ *die gap* (mm)

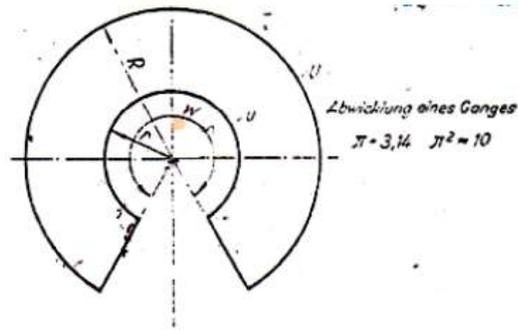
$L =$ panjang *screw* (mm)

3.2.5.3. Perhitungan perencanaan pembuatan *screw*

Perencanaan awal dalam pembuatan ulir *screw* yaitu tentukan terlebih dahulu diameter *screw* (D) dan diameter as atau poros *screw* (d). Gambar perencanaan pembuatan *screw* dapat dilihat pada gambar 3. 2 dan 3. 3 di bawah ini.



Gambar 3. 2 Perencanaan pembuatan *screw* (Rantawi, A, B. 2013)



Gambar 3. 3 Sudut potongan dalam bentangan satu gang

(Rantawi, A, B. 2013)

Berikut merupakan rumus-rumus yang digunakan dalam perhitungan perencanaan pembuatan *screw* (Rantawi, A, B. 2013):

- a) Perhitungan panjang garis luar ulir

$$U = \sqrt{D^2\pi^2 + h^2} \quad (3.11)$$

Keterangan:

U = panjang garis luar ulir (mm)

D = diameter *screw* (mm)

h = tinggi gang/jarak puncak (mm)

- b) Perhitungan lebar bidang ulir

$$b = \frac{D-d}{2} \quad (3.12)$$

Keterangan:

b = lebar bidang ulir (mm)

D = diameter *screw* (mm)

d = diameter as *screw* (mm)

- c) Perhitungan panjang garis dalam ulir

$$u = \sqrt{d^2\pi^2 + h^2} \quad (3.13)$$

Keterangan:

u = panjang garis dalam ulir (mm)

d = diameter as *screw* (mm)

h = tinggi gang/jarak puncak (mm)

d) Perhitungan bentangan as *screw*

$$r = \frac{bu}{U-u} \quad (3.14)$$

Keterangan:

r = bentangan as *screw* (mm)

b = lebar bidang ulir (mm)

u = panjang garis dalam ulir (mm)

U = panjang gasis luar ulir (mm)

e) Perhitungan bentangan *screw*

$$R = (r + b) \quad (3.15)$$

Keterangan:

R = bentangan *screw* (mm)

r = bentangan as *screw* (mm)

b = lebar bidang ulir (mm)

f) Perhitungan sudut potongan dalam bentangan satu gang

$$w = \frac{180U}{R\pi} = \frac{180u}{r\pi} \quad (3.16)$$

Keterangan:

w = sudut potongan dalam bentangan satu gang ($^{\circ}$)

u = panjang garis dalam ulir (mm)

r = bentangan as *screw* (mm)

U = panjang gasis luar ulir (mm)

R = bentangan *screw* (mm)

g) Perhitungan permukaan bidang

$$F = \pi(R^2 - r^2) \frac{w^{\circ}}{360^{\circ}} = \frac{u}{2r} (R^2 - r^2) \quad (3.17)$$

Keterangan:

F = permukaan bidang (mm²)

R = bentangan *screw* (mm)

r = bentangan as *screw* (mm)

w = sudut potongan dalam bentangan satu gang ($^{\circ}$)

u = panjang garis dalam ulir (mm)

3.2.5.4. Perhitungan poros

Poros merupakan bagian penghubung antara transmisi dan *screw* (Sularso dan Suga, 2008). Berikut merupakan rumus-rumus yang digunakan dalam perhitungan poros yaitu:

- a) Perhitungan daya rencana

$$P_d = f_c \times P \quad (3.18)$$

Keterangan:

$$P_d = \text{daya rencana} \quad (\text{kW})$$

$$f_c = \text{faktor koreksi}$$

$$P = \text{daya nominal motor listrik} \quad (\text{kW})$$

- b) Perhitungan momen puntir pada poros

$$T = 9,74 \times 10^5 \frac{P_d}{n_1} \quad (3.19)$$

Keterangan:

$$T = \text{momen gaya pada poros} \quad (\text{kg.mm})$$

$$P_d = \text{daya rencana} \quad (\text{kW})$$

$$n_1 = \text{output putaran} \quad (\text{rpm})$$

- c) Menentukan tegangan geser

$$\tau_a = \frac{\sigma_b}{(Sf_1 \times Sf_2)} \quad (3.20)$$

Keterangan:

$$\tau_a = \text{tegangan di izinkan} \quad (\text{kg/mm}^2)$$

$$\sigma_b = \text{kekuatan tarik} \quad (\text{kg/mm}^2)$$

$$Sf_1 = \text{faktor keamanan}$$

$$Sf_2 = \text{faktor koreksi}$$

- d) Menghitung diameter poros

$$d_s = \left(\frac{5,1}{\tau_a} \times K_t \times C_b \times T \right)^{1/3} \quad (3.21)$$

Keterangan:

$$d_s = \text{diameter poros} \quad (\text{mm})$$

$$\tau_a = \text{tegangan geser yang diizinkan} \quad (\text{kg/mm}^2)$$

$$K_t = \text{faktor koreksi momen puntir}$$

C_b = faktor koreksi beban lentur

T = momen rencana (kg.mm)

3.2.7 Analisa *screw* menggunakan *Finite Element Method* (FEM)

Analisa simulasi statis dilakukan menggunakan *Finite Element Methode* (FEM) dengan bantuan *software* Solidworks 2018. Tahap analisa ini dilakukan untuk mengetahui nilai *stress*, *displacement*, dan *factor of safety* dari *screw*.

3.2.8 Desain detail dan gambar kerja

Pada tahapan ini penulis melakukan desain detail yang menghasilkan output berupa gambar kerja untuk dilanjutkan proses produksi.

3.2.9 Proses produksi

Pada tahap ini penulis melakukan proses produksi. Dalam tahap proses produksi bagian sistem *single-screw extruder* pada mesin pencetak makaroni, proses yang dilakukan meliputi proses pemotongan, proses gurdi, proses bubut, proses *milling* proses pengelasan, proses *finishing* hingga proses perakitan komponen.

3.2.10 Proses pengujian

Tahap ini dilakukan untuk menguji hasil kapasitas *output* dan bentuk makaroni dari sistem *single-screw extruder* pada mesin pencetak makaroni yang bertujuan untuk mengetahui apakah rancangan mesin sudah sesuai rencana atau tidak. Parameter pengujian dilakukan dengan tiga kali percobaan dalam kurun waktu 1 jam.