

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

1.1. Data Desain Mesin Extruder

Data desain mesin *single screw extruder* ditunjukkan pada table 4.1 s/d table 4.5.

Table 4.1 Data Desain *Screw*

Parameter	Satuan	Nilai
Kapasitas Mesin	g/jam	200
Pitch	mm	15
Kemiringan sudut	°	14
<i>Flight clearance</i>	mm	0,5

Table 4. 2 Data Desain *Heater*

Parameter	Satuan	Nilai
Massa <i>barrel</i>	Kg	1,741
Panas jenis <i>stainless stell</i>	J/Kg.K	500
Konduktivitas <i>stainless stell</i>	W/M.K	16
Suhu target <i>barrel</i>	°C	180
Suhu target <i>nozlle</i>	°C	200
Suhu ruangan	°C	25
Waktu pemanasan <i>barrel</i>	s	300
Waktu pemanasan <i>nozzle</i>	s	500

Table 4. 3 Data Desain Motor Listrik

Parameter	Satuan	Nilai
Putaran	Rpm	1440
Tegangan listrik	Volt	220
Daya	Hp	0,5
Reduksi <i>gearbox</i>		1:60

Table 4. 4 Data Material

Part	Material
Barrel	<i>Seamless SS 304</i>
Screw	<i>Stainless steel 304</i>
Nozzle	<i>Stainless steel 304</i>
Bracket barrel	<i>Carbon steel hollow 25 x 25 t 2mm</i>
Bracket table	<i>Carbon steel hollow 25 x 25 t 2mm</i>
Table	Kayu

1.2. Perhitungan Teoritis pada *Single Screw Extruder*

2.2.1. Perhitungan pada *Screw Extruder*

Pada screw extruder dapat kita ketahui kapasitas mesin. Kapasitas mesin merupakan faktor utama untuk mengetahui banyaknya biji plastik yang dapat diproses oleh mesin per satuan waktu.

a. Panjang *screw*

Kapasitas mesin dapat dihitung dengan persamaan 2.1, untuk mengetahui panjang *screw* yang dibutuhkan.

$$No = \frac{Q \times L \times Wo}{367} - \sin\beta$$

Keterangan :

No = Daya yang dibutuhkan (kW)

Q = kapasitas mesin (g/jam)

L = Panjang *screw* (m)

Wo = 4,0 (untuk material pasir butir besar atau kecil)

B = kemiringan sudut *screw*

Sesuai dengan desain perancangan, spesifikasi *screw* sebagai berikut

Kapasitas mesin : 200 g/jam

β : 14°

Daya : 0,5 Hp (0,373 Kw)

Sehingga, kapasitas mesin adalah

$$N_o = \frac{Q \times L \times W_o}{367} - \sin\beta$$

$$0,373 = \frac{200 \times L \times 4}{367} - \sin 14^\circ$$

$$0,373 + 0,241 = \frac{200 \times L \times 4}{367}$$

$$0,614 = \frac{200 \times L \times 4}{367}$$

$$L = \frac{0,614 \times 367}{200 \times 4}$$

$$L = 0,281 \text{ m}$$

b. Diameter *Screw*

Diameter *screw* dapat diketahui dengan persamaan 2.2

$$\tan \beta = \frac{s}{\pi \times D}$$

Keterangan :

T = Torsi (N.m)

n = Reduksi putaran (Rpm)

Hp = Daya input

Maka, diameter *screw* yang dibutuhkan jika pitch 15mm adalah

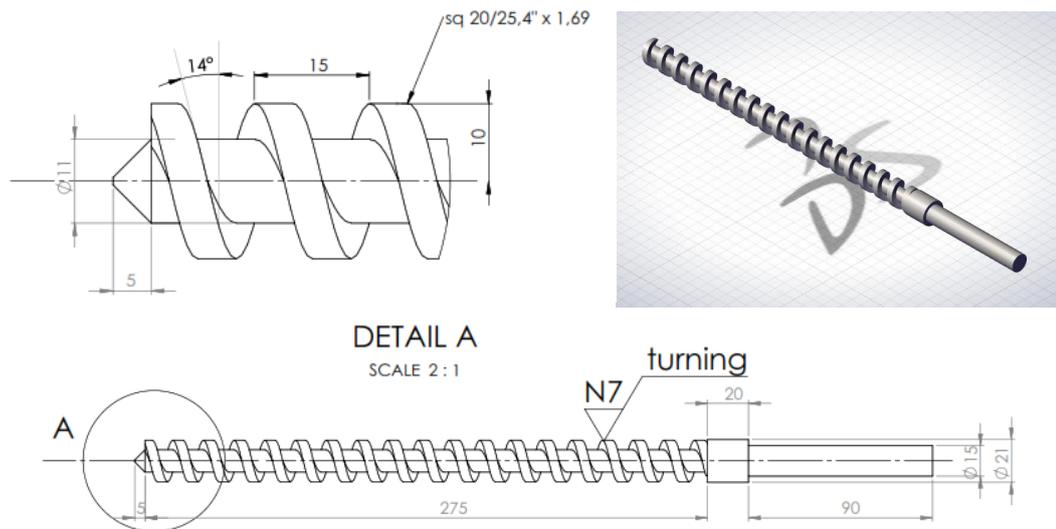
$$\tan \beta = \frac{s}{\pi \times D}$$

$$D = \frac{s}{\pi \times \tan\beta}$$

$$D = \frac{15}{\pi \times \tan 14^\circ}$$

$$D = 19,15 \text{ mm}$$

Dari hasil perhitungan kapasitas mesin dan diameter *screw*, didapatkan panjang *screw* yang dibutuhkan adalah 281 mm dan diameter 20 mm dengan desain ditunjukkan Gambar 4.1.



Gambar 4.1. Desain *Screw*

2.2.2. Perhitungan pada Barrel

Diameter barrel dapat diketahui dengan persamaan 2.3

$$D_b = D + 2\delta$$

Keterangan :

D_b = Diameter dalam *barrel* (mm)

D = Diameter *screw* (mm)

δ = *Flight Clearance* (mm)

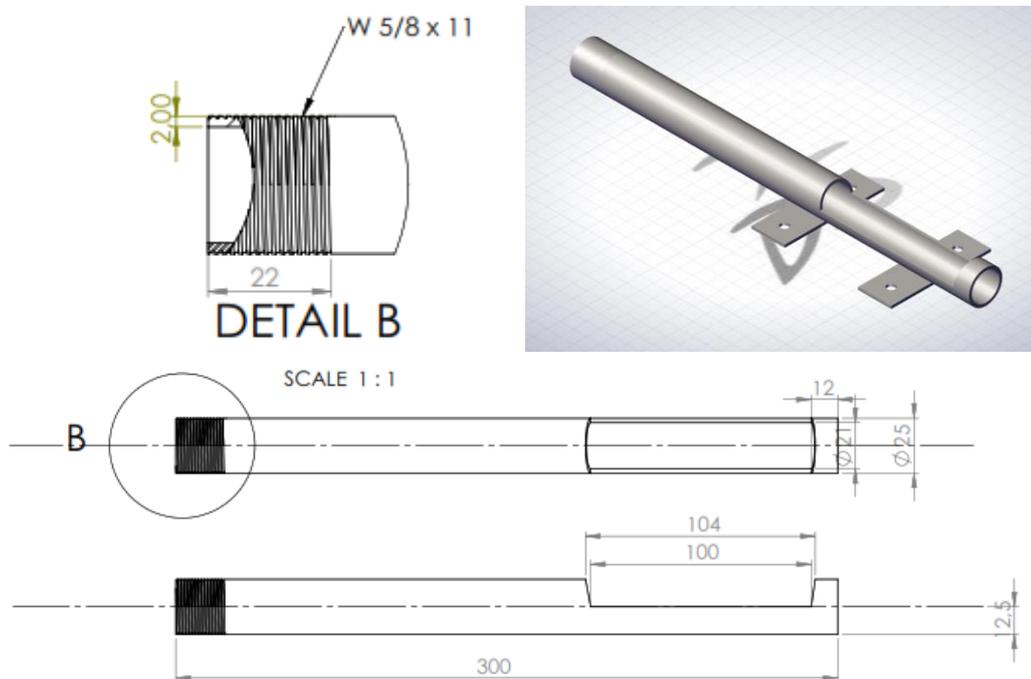
Flight clearance pada rancangan design ini sebesar 0,5 mm, sehingga diameter dalam *barrel* adalah

$$D_b = D + 2\delta$$

$$D_b = 20 + 2(0,5)$$

$$D_b = 21 \text{ mm}$$

Jadi, diameter dalam *barrel* adalah 21 mm dengan desain ditunjukkan Gambar 4.2.



Gambar 4.2. Desain *Barrel*

2.2.3. Perhitungan pada Motor Listrik

Perhitungan pada motor listrik meliputi perhitungan reduksi *gearbox*, torsi motor, daya motor listrik

a. Perhitungan *Gearbox*

Reduksi putaran diperlukan pada mesin ekstruder, karena putaran pada motor listrik terlalu tinggi dengan daya yang rendah. Tetapi, pada mesin ekstruder dibutuhkan motor listrik dengan putaran rendah dengan daya yang tinggi. Maka, dibutuhkan *gearbox* untuk menghasilkan putaran yang rendah dengan daya yang tinggi. Maka perhitungan pada *gearbox* dapat kita ketahui dengan persamaan 2.4

$$n = \frac{a}{b} \times Rpm \text{ motor}$$

Keterangan :

n = Reduksi putaran (Rpm)

a = Jumlah gigi primer

b = Jumlah gigi sekunder

Putaran pada motor listrik sebesar 1400 Rpm dengan daya 0,5 Hp. Digunakan *gearbox* dengan perbandingan reduksi 1:60.

$$n = \frac{1}{60} \times 1400$$

$$n = 23,333 \text{ Rpm}$$

b. Perhitungan torsi motor

Torsi yang dihasilkan oleh gearbox dapat kita ketahui menggunakan persamaan 2.5

$$T = \frac{5250 \times Hp}{n}$$

Keterangan :

T = Torsi (N.m)

n = Reduksi putaran (Rpm)

Hp = Daya input

Torsi motor listrik sebesar

$$T = \frac{5250 \times 0,5}{23,333}$$

$$T = 112,501 \text{ N.m}$$

c. Laju *Filament*

Laju *filament* adalah laju *filament* dalam satuan meter per satuan waktu. Laju *filament* dapat diketahui dengan persamaan 2.6

$$v = \frac{s \times n}{60}$$

Keterangan :

v = Laju *filament* (m/detik)

s = *Pitch screw* (m)

n = Putaran motor listrik (Rpm)

Pada desain *screw*, jarak *pitch* sebesar 15 mm (0,015 m) dengan putaran *screw* sebesar 23,333 Rpm. Sehingga, laju *filament* adalah

$$v = \frac{s \times n}{60}$$

$$v = \frac{0,015 \times 23,333}{60}$$

$$v = 0,0058 \text{ m/detik}$$

Dari perhitungan reduksi gearbox, torsi yang dihasilkan dan laju aliran massa didapatkan hasil putaran motor listrik sebesar 23,33 Rpm dengan torsi 112,501 N.m dan laju *filament* 0,0058 m/detik.

2.2.4. Perhitungan pada *Heater*

Jenis heater yang digunakan adalah band heater. Ada beberapa faktor saat memilih heater, seperti daya pemanas, jumlah kalor yang diserap oleh barrel, waktu yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu.

Sesuai dengan desain perancangan, faktor-faktor tersebut dapat kita ketahui dengan perhitungan berikut.

Massa *barrel* : 1741 gr (1,741Kg)

Panas jenis : 500 J/Kg.K (0,170 kkal/kg°C)

Konduktifitas panas	: 16 W/M.K
Suhu ruangan	: 25 °C
Suhu heater <i>barrel</i>	: 180 °C
Suhu heater <i>nozzle</i>	: 200 °C
Waktu pemanasan <i>barrel</i>	: 300 s
Waktu pemanasan <i>nozzle</i>	: 500 s

a. Waktu yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu

Perhitungan ini untuk mengetahui waktu yang diperlukan untuk menaikkan suhu barrel dari suhu ruangan menjadi suhu yang diinginkan. Untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan, digunakan persamaan 2.7

$$P = \frac{Q}{t}$$

Keterangan :

P = Daya listrik (W)

Q = Kalor barrel (j)

t = Waktu kenaikan suhu (s)

Heater yang digunakan memiliki daya 150 W, maka waktu yang dibutuhkan untuk memanaskan heater adalah

1. *Heater pada barrel*

$$P = \frac{Q}{t}$$

$$P = \frac{m \times c \times \Delta T}{t}$$

$$P = \frac{1,741 \text{ kg} \times 500 \text{ J/Kg.K} \times (180 - 25)^\circ\text{C}}{300 \text{ s}}$$

$$P = 449,758 \text{ W}$$

2. *Heater* pada *nozzle*

$$P = \frac{Q}{t}$$

$$P = \frac{m \times c \times \Delta T}{t}$$

$$P = \frac{1,741 \text{ kg} \times 500 \text{ J/Kg.K} \times (200 - 25)^\circ\text{C}}{500 \text{ s}}$$

$$P = 304,675 \text{ W}$$

b. Jumlah kalor yang diserap

Jumlah kalor yang diserap adalah jumlah kalor yang dilepaskan oleh *heater* untuk mencapai temperature yang diinginkan. untuk mengetahuinya digunakan persamaan 2.8

$$Q = m \times c \times \Delta T$$

Keterangan :

Q = Jumlah kalor (joule)

m = Massa barrel (Kg)

c = Panas jenis material (j/kg°C)

ΔT = Perubahan suhu (°C)

Sesuai dengan desain perancangan maka,

1. Jumlah kalor yang diserap oleh *barrel*

$$Q = m \times c \times \Delta T$$

$$Q = 1,741 \times 500 \times (180 - 25)$$

$$Q = 134927,5 \text{ J}$$

2. Jumlah kalor yang diserap *nozzle*

$$Q = m \times c \times \Delta T$$

$$Q = 1,741 \times 500 \times (200 - 25)$$

$$Q = 152337,5 \text{ J}$$

c. Suhu yang diterima oleh plastik

Rumus untuk mengetahui suhu yang diterima oleh plastik digunakan rumus konduksi pada pipa. Pada kondisi ini, radiasi kalor dan panas yang diserap oleh *screw* diabaikan. Untuk mengetahuinya digunakan persamaan 2.9

$$Qk = \frac{2 \times \pi \times K \times (T_i - T_o)}{\ln(r_i/r_o)}$$

Keterangan :

Qk = Jumlah kalor konduksi (watt)

K = Konduktivitas thermal (W/M.K)

T_i = Temperatur dinding luar pipa ($^{\circ}\text{C}$)

T_o = Temperatur dinding dalam pipa ($^{\circ}\text{C}$)

r_o = Jari jari dinding luar pipa (m)

r_i = Jari jari dinding dalam pipa (m)

Terdapat 3 buah *heater* dengan kapasitas 150 watt pada *barrel*, sehingga kapasitas yang dihasilkan menjadi 450 watt dan pada *nozzle* terdapat 1 buah *heater* dengan kapasitas 150 watt. Maka, suhu yang diterima plastik adalah

1. Pada *barrel*

$$Qk = \frac{2 \times \pi \times K \times (T_i - T_o)}{\ln(r_i/r_o)}$$

$$450 = \frac{2 \times \pi \times 16 \times (T_o - 180)}{\ln(0,0125/0,011)}$$

$$450 = \frac{18095,573 - 100,531T_i}{(0,127)}$$

$$57,525 = 18095,573 - 100,531T_i$$

$$T_i = \frac{18095,573 + 57,525}{100,531}$$

$$T_i = 179,427 \text{ } ^{\circ}\text{C}$$

2. Pada *Nozzle*

$$Q_k = \frac{2 \times \pi \times K \times (T_i - T_o)}{\ln(r_i/r_o)}$$

$$150 = \frac{2 \times \pi \times 16 \times (T_o - 200)}{\ln(0,016/0,0125)}$$

$$150 = \frac{20106,193 - 100,531T_i}{(0,246)}$$

$$37,029 = 20106,193 - 100,531T_i$$

$$T_i = \frac{20106,193 - 37,029}{100,531}$$

$$T_i = 199,631 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Dari perhitungan pada *heater*, daya yang dibutuhkan untuk memanaskan *barrel* sebesar 450 W dan pada *nozzle* sebesar 304,675 W, maka heater pada barrel berjumlah 3 buah dengan daya per heater 150 W dan pada nozzle 1 buah dengan daya 150 W. Jumlah kalor yang diserap oleh *barrel* sebesar 134927,5 J dan pada *nozzle* sebesar 152337,5 J. Suhu yang diterima oleh plastik pada *barrel* adalah 179,427°C dan pada *nozzle* adalah 199,631°C.

2.2.5. Perhitungan Operasional

Perhitungan operasional adalah perhitungan untuk mengetahui biaya modal yang diperlukan untuk memproses 1 kg material.

Diketahui :

Daya *Heater* : 150 watt

Daya motor listrik : 373 watt

Kapasitas mesin : 200 g/jam

1 kg ABS : Rp. 60.000,00

Tarif dasar listrik (*tdl*) : Rp. 1.300,00 / kWh

Jasa operator : Rp. 50.000,00

Sehingga, biaya yang dibutuhkan untuk memproses 1 kg material adalah

a. Waktu proses (t)

$$t = \frac{1000 \text{ g}}{200 \text{ g}}$$

$$t = 5 \text{ jam}$$

b. Total Daya (watt)

$$\text{Total Daya} = (\text{daya heater} + \text{daya motor listrik}) \times t$$

$$\text{Total Daya} = ((150 \times 4) + 373) \times 5$$

$$\text{Total Daya} = 4865 \text{ watt}$$

$$\text{Total Daya} = 4,865 \text{ kW}$$

c. Biaya Operasional

$$\text{Biaya Operasional} = (\text{total daya} \times \text{tdl}) + \text{material}$$

$$\text{Biaya Operasional} = (4,865 \times 1.300) + \text{Rp } 60.000,00$$

$$\text{Biaya Operasional} = \text{Rp } 6.324,00 + \text{Rp } 60.000,00$$

$$\text{Biaya Operasional} = \text{Rp } 66.324,00$$

d. Total biaya

$$\text{Total biaya} = \text{biaya operasional} + \text{jasa operator}$$

$$\text{Total biaya} = \text{Rp. } 66.324,00 + \text{Rp. } 50.000,00$$

$$\text{Total biaya} = \text{Rp. } 116.324,00$$

1.3. Data Hasil Perancangan

Berikut data hasil perancangan *single screw extruder machine*.

Table 4.5 Data Hasil Perancangan.

No.	Part	Spesifikasi
1	Jenis <i>extruder</i>	<i>Single Screw extruder</i>
	Kapasitas	200 g/jam
2	Type motor listrik	1 <i>Phase</i> (ac)
	Daya motor listrik	0.5 Hp / 1400 Rpm
	Putaran	23,33 Rpm (1:60)

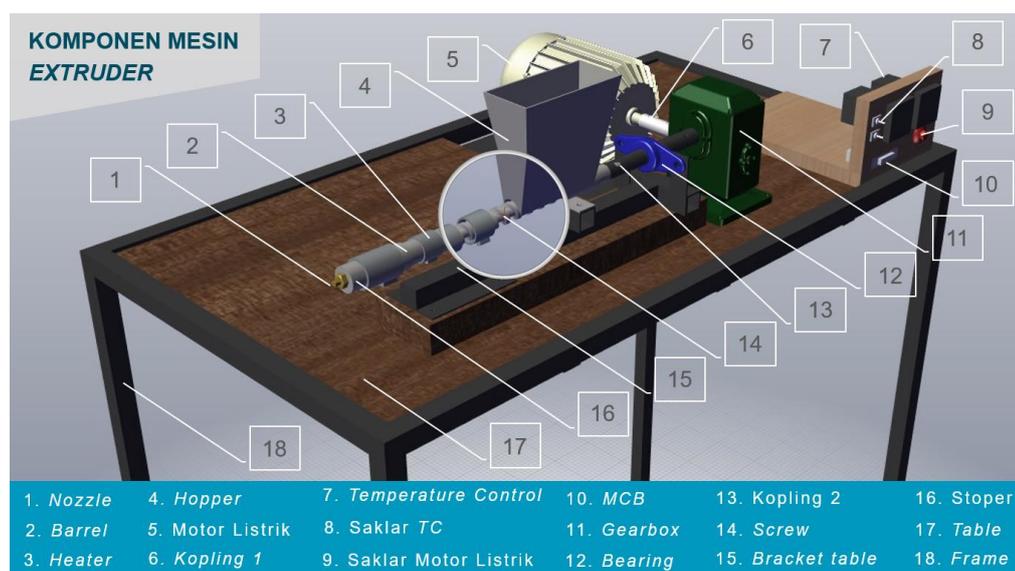
No.	Part	Spesifikasi
3	Panjang <i>screw</i>	281 mm (0,281 m)
	Diameter <i>screw</i>	20 mm
	Pitch	15 mm
	Material <i>screw</i>	Stainless Steel 304 ROD 22mm
4	Panjang <i>barrel</i>	415 mm (0,510 m)
	Diameter dalam <i>barrel</i>	21 mm
	Diameter luar <i>barrel</i>	25 mm
	Material <i>barrel</i>	SS 304 seamless Do 25mm; Di 21mm
5	Diameter luar <i>Stoper</i>	32 mm
	Diameter dalam <i>Stoper</i>	25 mm
	Material stopper	Stainless Steel 304 ROD 32mm
6	Jumlah <i>heater</i>	3 (<i>barrel</i>) dan 1 (<i>stoper</i>)
	Daya heater <i>barrel</i>	150 W x 220 V
	Daya heater stopper	150 W x 220 V
	Waktu pemanasan <i>barrel</i>	300 s
	Waktu pemanasan <i>nozzle</i>	500 s
7	Material <i>bracket</i>	Carbon Steel hollow 25 x 25, t 2mm
8	Dimensi (p x l x t) mm	100 x 550 x 1247

1.4. Desain Perancangan

Desain perancangan mesin *extruder* menggunakan *software solidwork* 2018 dalam bentuk gambar teknik. Desain perancangan meliputi, gambar 2D beserta ukurannya dan disajikan per-komponen. Desain komponen selain *screw* dan *barrel* berada di lampiran



Gambar 4.3. Desain rancangan



Gambar 4.4. Komponen Mesin Extruder

1.5. Keunggulan Perancangan

Keunggulan hasil rancangan adalah

1. Biaya modal yang digunakan lebih rendah bila dibandingkan membeli filament perkilonya. Untuk mendapatkan 1 kg *filament* dibutuhkan biaya sebesar Rp. 116.000,00. Sedangkan harga filament di pasaran, untuk kualitas terbaik mencapai Rp. 300.000,00.
2. Penyempurnaan terhadap perancangan yang sudah pernah dilakukan, seperti penggunaan material *stainless steel* pada *screw* dan *barrel*, reduksi putaran dan penghubung daya dan pereduksi putaran digunakan *gearbox*.
3. Daya motor listrik dan daya heater yang digunakan serta dimensi mesin berskala laboratorium. Untuk lebih jelasnya, ditunjukkan table 4.6.

Table 4.6. Perbandingan Rancangan

Faktor	Rancangan				
	Sibarani (2018)	Harimalairajan (2016)	Sumardi (2013)	Dubashi (2015)	Team Tugas Akhir
Motor listrik	2,0 Hp	1,2 Kw	1,4 Hp	-	0.5 Hp
Putaran screw	130 Rpm	20 Rpm	60 Rpm	10 Rpm	23 Rpm
Daya heater	800 watt	1200 watt dan 1500 watt	475 watt	250 watt	150 watt