

# Produksi Proses Komponen Plastik Flip Flop Dengan Mesin Injeksi Molding Type Hidrolik

## *Production Process of Flip Flop Plastic Components with Hydraulic Type Injection Molding*

HENRY PERMANA <sup>1)\*</sup>, TOPAN <sup>1)</sup>, SYAHRUL ANWAR <sup>1)</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Mesin Universitas Islam Assyafiiyah Jakarta

Email : [henryper2971@gmail.com](mailto:henryper2971@gmail.com)

### ABSTRACT

*Prior to mass production processes for plastic component with injection molding machine is to do parameter setting. In general, in setting the parameters by means of an experimental system so that it does not have a definite parameter standard. To reduce the number of product defects, it is carried out: Planning the injection process on the injection molding machine, Determining the clamping pressure according to the machine and mold and determining the injection and cooling time of the mold. Therefore, the method of calculating the parameter setting data is carried out which includes mold closing force, mold opening force, clamping force, injection time, injection pressure and mold cooling. The injection pressure used is 800 bar and the barrel temperature is 2800C. Planning the production process with injection molding machines needs to be done in order to get the expected final results, namely perfect and flawless products and increase production by speeding up cycle times. After calculating the parameters for the Flip-top Cap, there was a pressure drop of 508.46 bar with an initial injection pressure of 800 bar, 19 seconds of mold cooling, 50.11 cm<sup>3</sup> of material, 18.5 cm<sup>3</sup>/second of material flow rate, 3.08 seconds of injection time*

**Keywords:** Injection, Molding, Deffect, Product, Pressure

### ABSTRAK

Sebelum melakukan proses produksi secara massal untuk komponen plastik dengan mesin injeksi molding adalah dilakukan setting parameter. Pada umumnya dalam melakukan setting parameter dengan cara sistem percobaan sehingga tidak mempunyai standar parameter yang pasti. Untuk mengurangi jumlah cacat produk maka dilakukan : Perencanaan proses injeksi pada mesin injeksi molding, Menentukan tekanan Clamping sesuai dengan mesin dan cetakan serta Menentukan waktu injeksi dan pendinginan cetakan. Oleh karena dilakukan metoda penghitungan data setting parameter yang meliputi gaya menutup cetakan, gaya membuka cetakan, gaya cekam, waktu injeksi, tekanan injeksi dan pendinginan cetakan. Tekanan injeksi yang digunakan adalah 800 bar dan suhu barrel 2800C. Perencanaan proses produksi dengan mesin injeksi molding perlu dilakukan agar mendapatkan hasil akhir yang diharapkan yaitu produk sempurna dan tanpa cacat serta meningkatkan produksi dengan mempercepat waktu siklus. Setelah dilakukan penghitungan parameter untuk Cap Flip-top terjadi penurunan tekanan sebesar 508.46 bar dengan tekanan injeksi awal 800 bar, pendinginan cetakan 19 detik, jumlah material 50.11 cm<sup>3</sup>, laju aliran material 18.5 cm<sup>3</sup>/detik, waktu injeksi 3.08 detik

**Kata kunci:** Injeksi, Molding, Cacat, Produk, Tekanan

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan dalam ilmu pengetahuan dan teknologi saat ini sangat cepat dan memberi dampak yang baik serta manfaat yang besar bagi kehidupan manusia. Hal ini dapat dilihat dari semakin banyaknya peralatan canggih yang diciptakan oleh manusia dan berkemampuan lebih unggul dibanding dengan peralatan yang konvensional. Keunggulan itu tidak terlepas dari

penelitian dan percobaan yang dilakukan oleh para peneliti untuk menciptakan sesuatu yang bermanfaat. Diantara banyaknya peralatan dan produk yang cukup diminati masyarakat adalah plastik.

Mesin Injeksi Molding adalah salah satu operasi yang paling umum dan serba guna untuk produksi massal pada komponen plastik yang kompleks dengan toleransi ukuran yang sempurna. Hal ini disebabkan pada proses injeksi molding hanya memerlukan operasi

minimal tanpa finishing. Injeksi molding adalah suatu daur proses pembentukan plastik kedalam bentuk yang diinginkan dengan cara menekan plastik cair kedalam kedalam sebuah cetakan.

Proses injeksi molding secara luas digunakan pada industri untuk memproduksi produk geometris rumit yang dibentuk dengan produktifitas dan ketelitian tinggi dan dengan biaya yang relatif rendah.

Pada proses *injection molding* dengan pengaturan parameter penekanan, penahanan, waktu penekanan, waktu penahanan yang tepat dapat meningkatkan kualitas produk dan menghemat biaya produksi. Hal ini dikarenakan parameter proses yang pada umumnya dilakukan oleh sistem hidrolik merupakan salah satu faktor penting yang harus diperhatikan untuk keberhasilan proses produksi melalui *injection molding*

## 1.2 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, maka tujuan perencanaan yang ingin dicapai adalah:

- Menentukan perencanaan proses injeksi pada mesin injeksi molding sehingga menghasilkan produksi yang baik.
- Menentukan tekanan Clamping sesuai dengan mesin dan cetakan.
- Menentukan waktu injeksi dan pendinginan cetakan

## 2. BAHAN DAN METODE

### 2.1 BAHAN / MATERIAL PLASTIK INJEKSI

Plastik adalah suatu bahan yang terdiri dari unit molekul yang disebut monomer. Jika monomernya sejenis disebut homopolimer, dan jika monomernya berbeda akan menghasilkan kopolimer<sup>(5)</sup>.

Polimer yang berasal dari alam diantaranya: selulosa, protein, karet alam dan sejenisnya. Awalnya manusia menggunakan polimer alam untuk membuat perkakas dan senjata, tetapi sekarang manusia memodifikasi polimer menjadi plastik.

Dalam polimer terdapat tiga jenis metode degradasi polimer yaitu fotodegradasi, degradasi termo-oksidatif dan biodegradasi. Proses biodegradasi dapat dijadikan alternatif degradasi pilihan karena prosesnya yang ramah lingkungan. Biodegradasi adalah proses dimana mikroorganisme mampu mendegradasi atau memecah polimer alam (lignin, selulosa) dan polimer sintetik (polietilen, polistiren). Setiap mikroorganisme memiliki karakteristik degradasi yang berbeda, sehingga bervariasi antara satu mikroorganisme dengan mikroorganisme yang lain.

Secara umum plastik dapat dikelompokkan menjadi dua golongan yaitu plastik thermoplast dan plastik thermoset.

#### a. Plastik thermoplast

Plastik thermoplast merupakan plastik yang dapat dicetak berulang kali dengan adanya panas<sup>(6)</sup>. Beberapa material termasuk plastik thermoplast adalah : PE, PP, PS, PET, SAN, POM PC dll.

Tabel 1. Temperatur Meleh theimoplastik

Material	Temperatur Meleh	
	°C	°F
ABS	180-240	356-464
Acetal	185-225	365-437
Acrylic	180-250	356-482
Nylon	260-290	500-554
PC	280-310	536-590
LDPE	160-240	320-464
HDPE	200-280	392-536
PP	200-300	392-572
PS	180-260	356-500
PVC	160-180	320-365

#### b. Plastik Thermoset

Plastik Thermoset adalah plastik yang apabila telah mengalami kondisi tertentu tidak dapat dicetak kembali karena struktur polimernya berbentuk jaringan tiga dimensi. Yang termasuk plastik thermoset adalah Poly Urethane (PU), Urea Foimaldehyde (UF), Melamine Formaldehyde (MF), Polyester dll.

## 2.2 METODE

### a. MESIN *injection molding*

Injeksi molding adalah salah satu teknik di industri manufaktur untuk mencetak material plastic<sup>(1,2)</sup>. Prinsip dasar injeksi untuk material termoplastik adalah melunakan dan memplastiskan material yang berbentuk padat dengan cara memberi energi panas ke silinder pembakar, selanjutnya material diinjeksikan dengan cara diberi tekanan kedalam cavity. Material dalam cetakan akan membeku dan selanjutnya akan dikeluarkan dari cetakan.



Gambar 1. Mesin *injection molding*

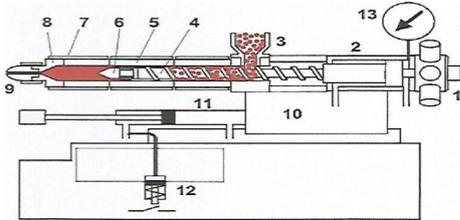
Proses injeksi molding yang memuaskan hanya dapat dicapai dengan adanya kesesuaian antara mesin, cetakan dan material yang digunakan.

**b. BAGIAN MESIN INJEKSI MOLDING**

Mesin injeksi molding terdiri atas dua bagian besar, yaitu unit injeksi dan unit clamping. Setiap tipe mesin injeksi yang berbeda akan ada perbedaan dalam unit injeksi dan unit clampingnya.

**1. Injection Unit**

Injection Unit adalah tempat untuk memanaskan plastik dan untuk proses injeksi plastik kedalam cetakan.



Gambar 2 Bagian Injection Unit Mesin Injeksi Molding

**2. Clamping Unit**

Clamping Unit adalah tempat untuk meletakkan cetakan, membuka dan menutup cetakan, serta mengeluarkan part dari cetakan. Pada saat menutup cetakan, mesin harus memiliki kekuatan cekam yang sangat kuat karena cetakan akan diisi oleh material cair panas dengan tekanan yang sangat tinggi. Apabila mesin tidak sanggup menutup cetakan dengan kuat, maka material plastik cair tadi akan mengalir disela antara core dan cavity

**c. CETAKAN (MOLDING)**

Cetakan atau yang biasa disebut Molding adalah ruang kosong atau rongga untuk tempat material plastik yang sudah leleh agar memperoleh bentuk yang sesuai dengan cetakan. Cetakan terdiri dari dua bagian yaitu pelat yang bergerak (moveable plate) dan pelat yang diam (stationary plate). Sesuai dengan namanya pelat bergerak dipasang pada moveable plate di mesin injeksi molding dan pelat diam dipasang di stationary plate (9,10).

Molding adalah sebuah proses produksi dengan membentuk bahan mentah menggunakan sebuah rangka kaku atau model yang disebut sebuah mold.

Sebuah mold adalah sebuah blok kosong yang diisi dengan cairan seperti plastik, gelas atau logam. Cairan tersebut mengeras atau menetap di dalam mold, mengambil bentuknya.

**d. JENIS – JENIS CETAKAN**

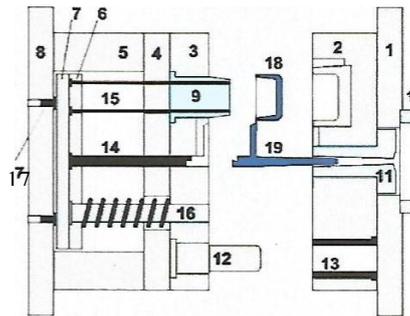
Cetakan secara umum dibedakan menjadi 2 tipe yaitu, tipe mold 2 Plate dan mold 3 Plate. Mold 2 Plate terdiri dari cavity plate dan core

plate, sedangkan untuk mold 3 Plate ditambah runner plate.

**1. Mold 2 Plate**

Mold 2 plate menghasilkan produk yang masih menyatu dengan runner (aliran material dari sprue bush dan setelahnya), sehingga kita harus memisahkan antara produk dan runner dengan nipper cutting atau tang potong untuk mendapatkan hasil potongan yang halus dan rapi.

Untuk mendapatkan produk yang terpisah dengan runner bisa diaplikasikan sistem submarine gate, dan untuk mendapatkan hanya produk saja yang keluar, bisa mengaplikasikan sistem hot runner.



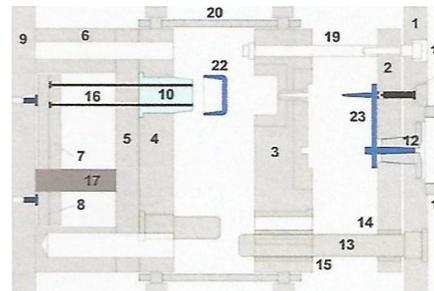
Gambar 3. Mold 2 Plate

**2. Mold 3 Plate**

Perbedaan antara mold 2 plate dan mold 3 plate terletak hanya pada jumlah platennya saja. Pada mold 3 plate terdapat tambahan satu plate yaitu runner plate.

Fungsi dari runner plate adalah menghasilkan produk yang terpisah dari runner. Tentunya dengan aplikasi gate yang biasa disebut pin point gate.

Pada saat mold terbuka, posisi runner harus tetap melekat pada runner plate dengan jaminan runner lockpin pada setiap gate nya



Gambar 4 Mold 3 Plate

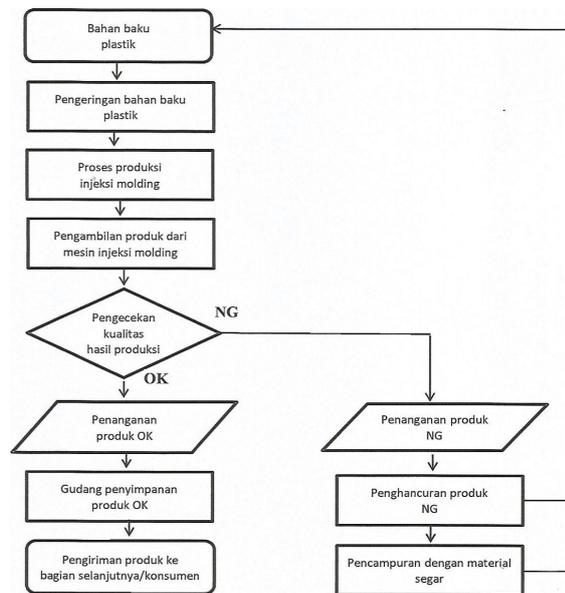
**e. PENDINGINAN CETAKAN**

Proses pendinginan cetakan sangat penting untuk menjaga kestabilan suhu pada cetakan yang akan menentukan pada hasil dari produk. Kondisi sirkulasi adalah kondisi dimana keadaan suhu media pendinginan awal yang masuk kedalam cetakan pada waktu pendinginan

berlangsung dan selalu konstan. Hal ini dapat terwujud dengan adanya media pendinginan seperti Chiller atau Mold Temperatur Control.

#### f. PROSES PRODUKSI INJEKSI PLASTIK

Langkah-langkah dalam proses produksi injeksi molding dari bahan baku plastik menjadi part plastik yang diinginkan ada beberapa tahapan. Diantaranya dari penyimpanan bahan baku, pengeringan bahan baku, proses produksi injeksi molding, pengambilan produk dari mesin injeksi molding, pengecekan kualitas produk, penanganan produk OK dan NG, penghancuran produk NG, penyimpanan produk OK serta pengiriman ke bagian selanjutnya <sup>(8)</sup>.



Gambar 5. Proses produksi dengan injeksi molding

#### g. JENIS - JENIS CACAT PRODUK

Dalam proses produksi plastik dengan mesin injeksi molding pasti dijumpai oleh cacat produk. Untuk bisa mengatasi cacat produk tersebut tentunya ada cara atau tindakan untuk memperbaikinya <sup>(3)</sup>.

##### a. Weld line

Weld line terjadi apabila material mengalir melalui cetakan yang terdapat lubang, setelah alirannya terbelah menjadi dua arah yang pada akhirnya akan menyatu kembali. Pada permukaan pertemuan dua arah aliran material tersebut akan menimbulkan garis yang disebut weld line

##### b. Sinkmark

Sinkmark adalah suatu bagian dimana jika dibandingkan dengan bagian lain ada yang masuk kedalam (penyok).

##### c. Flowmark

Flowmark terjadi karena perubahan kecepatan aliran di gate, perubahan

ketebalan produk, tempat terjadinya perubahan aliran material dan tempat terakhir berhentinya aliran material.

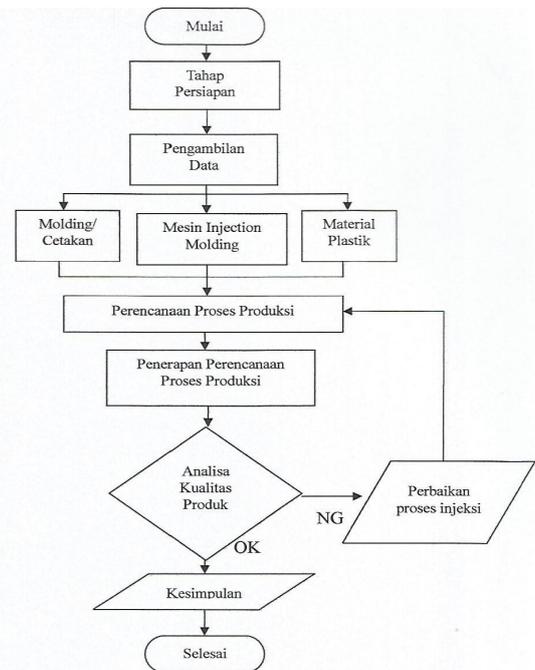
##### d. Flashing

Flashing adalah terdapat material lebih pada Sisi pinggir produk.

##### e. Short shots

Short shot adalah produk yang tidak sempurna pada sisinya karena materialnya tidak merata kesetiap sudutnya

#### h. DIAGRAM ALIR DAN PERENCANAAN



Gambar 6. Diagram Alir Penelitian

Metode yang digunakan dalam melakukan penelitian adalah studi eksperimental dengan menggunakan data dari mesin, cetakan dan komponen yang sudah ada kemudian dilakukan penghitungan untuk parameter proses produksi yang meliputi tekanan injeksi, tekanan clamping, waktu injeksi, waktu pendinginan serta waktu siklus. Selanjutnya dilakukan percobaan proses injeksi menggunakan cetakan tersebut. Dari hasil analisa produk ditentukan apakah proses atau cetakan masih memerlukan penyempurnaan, bila tidak ada maka dapat dilakukan proses produksi. Produk dari hasil proses produksi tersebut kemudian dianalisa untuk mengetahui penyetulan proses produksi yang paling baik.

#### i. Tahap Persiapan

Pada saat melaksanakan penelitian ada beberapa tahap. Tahap yang pertama adalah melakukan persiapan penelitian diantaranya adalah studi pustaka dan survey lapangan. Studi pustaka menggunakan literatur dari buku dan jurnal sedangkan survey lapangan dengan

mengambil data dan mengamati langsung proses pembuatan produk *injection molding*.

Alat yang digunakan untuk penelitian ini adalah:

- Jangka sorong digital
- Timbangan digital
- Meteran
- Mistar baja
- Pisau

## j. Pengambilan Data

### 1. Spesifikasi Mesin

Mesin *injection molding* yang digunakan harus sesuai dengan kriteria yang diperlukan, seperti ukuran cetakan dan volume bahan yang akan dibutuhkan. Jika hal itu tidak dipenuhi maka proses produksi tidak akan berjalan dengan baik. Berikut ini adalah data teknik tentang mesin yang akan digunakan:

Merk : ARBURG

Tipe : ALL Rounder 420 C GOLDEN EDITION

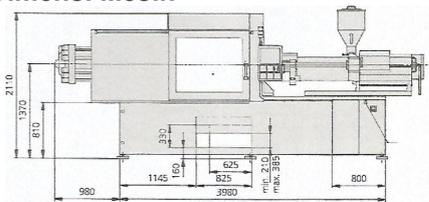
Tie bar distance : 420 x 420 mm

Clamping force : 1000 kN

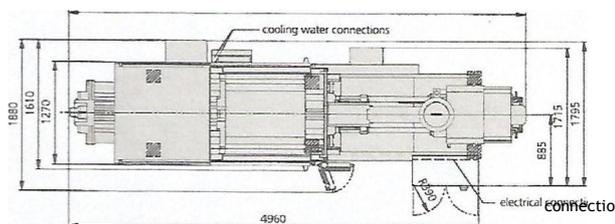
Merk pompa : MOOG

Tekanan pompa : 280 bar

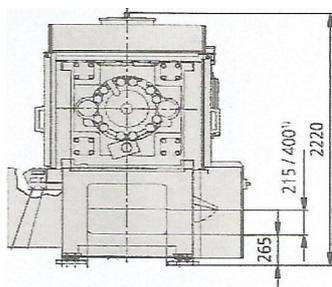
### 2. Dimensi Mesin



Gambar 7.a Mesin Tampak Samping



Gambar 7.b Mesin Tampak Atas



Gambar 7.c Mesin Tampak Belakang

### 3. Spesifikasi Material Plastik

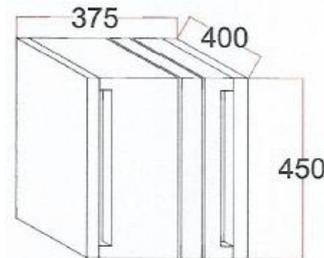
Material resin plastik yang digunakan adalah jenis Polypropylene dari TITANPRO SM398. Karakteristik utama dari jenis material polypropylene ini adalah memiliki daya

elastisitas yang tinggi dan tahan terhadap suhu tinggi <sup>(5)</sup>.



Gambar 8 Material Plastik Jenis PP

### 4. Spesifikasi Cetakan



Gambar 9 Dimensi cetakan

Data cetakan:

- Merk : Mingsanfeng (China)
- Tahun : 2015
- Tipe : 2 plate

Jenis runner : Submarine gate (runner dan produk terpisah)

- Bahan moldbase : JIS S 50 C
- Bahan cavity core : Stavak 2316
- Berat total : 436 Kg

Spesifikasi material cetakan yang digunakan:

Insert Cavity dan core

Bahan bajajenis: Midle Carbon Steel

Kadar karbon : 0.33%

Kadar chrome : 1.896

Pengerasan (hardening): 48-50 HRC

Thermal konduktifitas faktor (K) : 36,351 W/m.K

Mold base:

Bahan bajajenis: Midle Carbon Steel

Kadar karbon : 0.45%

Thermal konduktifitas faktor (K) • 48,468 W/m.K

### 5. Spesifikasi Produk :

Data produk:

Bahan : PPTitanPro SM398

Berat : 45,1 g (7,5 gr runner, 37,6 g produk)

Warna : merah, ungu, orange, hijau, kuning, biru

Diameter ulir : 28 mm

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Penghitungan Bagian Injeksi Unit

A. Volume material plastik

Dengan berat produk produk (wm) 45,1 gram dan massa jenis material (bjm) 0,90 g/cm<sup>3</sup>, maka :

$$\begin{aligned} V_s &= w_m / b_{jm} \\ &= 45,1 \text{ gr} / 0,90 \text{ gr/cm}^3 \\ &= 50,11 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

B. Berat material didalam barel  
Berat material didalam barrel yang siap di injeksikan dapat dihitung dengan:

$$\begin{aligned} W_s &= w_m / 0,8 \\ &= 45,1 \text{ gram} / 0,8 \\ &= 56,375 \text{ gram} \end{aligned}$$

C. Panjang langkah screw  
Dengan jari-jari screw (r) 17,5 mm, maka :

$$\begin{aligned} l_s &= V_s / A_s = V_s / \pi \cdot r^2 \\ &= 50,11 / (3,14) (1,75)^2 \\ &= 5,21 \text{ cm} \end{aligned}$$

D. Volumetric flow  
Dengan kapasitas plasticizing mesin (pc) 60 kg/jam (16,7 gram/detik), maka:

$$\begin{aligned} V_f &= P_c / B_{jm} \\ &= 16,7 \text{ gram/det} / 0,90 \text{ gr/cm}^3 \\ &= 18,55 \text{ cm}^3/\text{det} \end{aligned}$$

E. Waktu pengisian

$$\begin{aligned} T_f &= V_s / V_f \\ &= 50,11 \text{ cm}^3 / 18,55 \text{ cm}^3/\text{det} \\ &= 2,7 \text{ det} \end{aligned}$$

F. Tekanan yang dibutuhkan untuk pengisian material plastik kedalam cavity

### 3.2 Penghitungan pada Sprue Runner <sup>(4)</sup>.

• Waktu pengisian Sprue Runner  
Dengan volume sprue (vsr) : 1.591,74 mm<sup>3</sup> dan kecepatan volume (vt) 18.550 mm<sup>3</sup>/det, maka:

$$\begin{aligned} T_{fsr} &= V_{sr} / V_t \\ &= 1.591,74 \text{ mm}^3 / 18.550 \text{ mm}^3 / \text{det} \\ &= 0,085 \text{ det} \end{aligned}$$

• Laju gesekan pada Sprue Runner  
Dengan kecepatan volume (vt) 18.550 mm<sup>3</sup> /det dan jari-jari (r) awal sprue 2 mm, maka :

$$\begin{aligned} S_{rsr} &= 4 \cdot v_f / \pi \cdot r \\ &= (4 \times 18.550 \text{ mm}^3 / \text{det}) / (\pi \cdot 2 \text{ mm}^3) \\ &= 2.952,32 / \text{det} \end{aligned}$$

• Tegangan geser fluida pada Sprue Runner

$$\begin{aligned} \text{Dengan } g &: 79,73 \text{ Ns} / \text{m}^2, \text{ maka :} \\ S_{ssr} &= \mu \times S_{rsr} \\ &= 79,73 \text{ Ndet} / \text{m}^2 \times 2.952,32 / \text{det} \\ &= 235.388,4736 \text{ N} / \text{m}^2 \end{aligned}$$

• Pressure drop pada Sprue Runner  
Dengan panjang sprue runner (l) 95 mm dan jari-jari awal sprue (r) 2 mm, maka:

$$\begin{aligned} P_{dsr} &= S_{ssr}(q_t) (l) / r \\ &= 235.388,4736 \text{ N/m}^2 \cdot (1)(0,095\text{m}) / 0,002\text{m} \\ &= 11.180.952,496 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

### 2. Penghitungan pada Primary Runner <sup>(4)</sup>.

• Kecepatan aliran volume di Primary Runner  
Dengan volume total (Vs) = 50.111,11 mm<sup>3</sup>, volume sprue (Vsp) = 1.591,74 mm<sup>3</sup> dan waktu pengisian (tf) 2,7 s, maka

$$\begin{aligned} V_{fpr} &= (V_s - V_{sp}) / q_t \times T_f \\ &= 50.111,11 \text{ mm}^3 - 1.591,74 \text{ mm}^3 / 2 \times 2,7 \text{ det} \\ &= 48.519,37 / 5,4 \\ &= 8.985,07 \text{ mm}^3/\text{det} \end{aligned}$$

• Waktu pengisian pada Primary Runner  
Dengan volume Primary Runner (Vpr) 3.744 mm<sup>3</sup> dan kecepatan volume (vfpr) : 8985,07 mm<sup>3</sup>/s, maka :

$$\begin{aligned} T_f &= V_{pr} / V_{fpr} = 3.744 \text{ mm}^3 / 8.985,07 \text{ mm}^3/\text{det} \\ &= 0,2 \text{ det} \end{aligned}$$

• Laju gesekan pada Primary Runner  
Dengan kecepatan volume (vf) 8.985,07 mm<sup>3</sup>/det dan jari-jari (r) Primary Runner 1,98 mm, maka :

$$\begin{aligned} S_{rpr} &= 4 \cdot v_f / \pi \cdot r^3 \\ &= 4 \times 8.985,07 \text{ mm}^3 / \text{det} / \pi \times (1,98 \text{ mm})^3 \\ &= 1.473,80 / \text{det} \end{aligned}$$

• Tegangan geser fluida pada Primary Runner  
Dengan 85,24 Ns/m<sup>2</sup> (Lampiran 12), maka:

$$\begin{aligned} S_{spr} &= \mu \times S_{rpr} \\ &= 85,24 \text{ n.det/m}^2 \times 1.473,8 / \text{det} \\ &= 125.626,71 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

• Pressure drop pada Primary Runner  
Dengan panjang primary runner (l) 120 mm dan jari-jari Primary Runner (r) 1,98 mm, maka :

$$\begin{aligned} P_{dpdr} &= S_{spr} \times q_t / l \\ &= 125.626 \text{ N/m}^2 (2) (0,12\text{m}) / 0,00198 \text{ m} \\ &= 15.227.480,24 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

### 3.3 Penghitungan pada Secondary Runner <sup>(4)</sup>.

• Kecepatan aliran volume pada Secondary Runner

Dengan volume total (Vs) 50.111,11 mm<sup>3</sup>, volume sprue (Vsp) 1.591,74 mm<sup>3</sup>, volume primary runner (Vpr) 3.744 mm<sup>3</sup> dan waktu pengisian (tf) : 2,7 detik, maka:

$$\begin{aligned} V_{fser} &= V_s - V_{sp} - V_{pr} / q_t \times T_f \\ &= (50.111,11 - 1591,74 - 3.744) / 8 \times 2,7 \\ &= 2.072,93 \text{ mm}^3 / \text{det} \end{aligned}$$

• Waktu pengisian pada Secondary Runner

Dengan volume secondary Runner (vser) : 1.872 mm<sup>3</sup> dan kecepatan volume (vfser) : 2.072,93 mm<sup>3</sup>/s, maka:

$$\begin{aligned} T_{fser} &= V_{ser} / V_{fser} \\ &= 1.872 \text{ mm}^3 / 2.072.93 \text{ mm}^3/\text{det} \\ &= 0,11 / \text{det} \end{aligned}$$

• Laju gesekan pada Secondary Runner  
Dengan kecepatan volume (vfser) : 2.072,93 mm<sup>3</sup>/det dan jari-jari (r) secondary runner 1,84 mm, maka:

$$S_{rser} = 4 \cdot V_{fser} / T_t \times r$$

$$= 4 \times 2.079,93 \text{ mm}^3/\text{det} / \pi \times (1,84 \text{ mm})^3$$

$$= 1.434,42 / \text{det}$$

- Tegangan geser fluida pada Secondary Runner  
Dengan  $\mu = 85,40 \text{ Ns/m}^2$  (Lampiran 12), maka :  
 $S_{srr} = \mu \times S_{rser}$   
 $= 85,4 \text{ N.det/m}^2 \times 1.434,42 / \text{det}$   
 $= 124.499,47 \text{ N/m}^2$

- Pressure drop pada Secondary Runner  
Dengan panjang secondary runner (l) : 15mm dan jari-jari secondary runner(r) : 1,84 mm, maka:  
 $P_{dsr} = S_{srr} \cdot (q_{ty}) \cdot (l) / r$   
 $= 122.499,47 \text{ N/m}^2 (8)(0,015 \text{ m})/0,00184 \text{ m}$   
 $= 798.097,83 \text{ N/m}^2$

### 3.4 Penghitungan Pada Gate dan Cavity <sup>(4)</sup>.

- Kecepatan aliran volume pada Gate & Cavity  
Dengan volume total (Vs) 50.111,11 mm<sup>3</sup>, volume sprue (Vsr) 1591,74 mm<sup>3</sup>, volume primary runner (Vpr) 3.744 mm<sup>3</sup>, volume secondary runner (Vser) 1872 mm<sup>3</sup> dan waktu pengisian (tf) 2,7 s, maka:

$$V_{fgc} = V_s - V_{sr} - V_{pr} - V_{ser} / q_{ty} \times T_f$$

$$= 50.111,11 - 1.591,74 - 3.744 - 1.872 / 8 \times 2,7$$

$$= 42.903,37 / 21,6 = 1.986,27 \text{ mm}^3/\text{s}$$

- Waktu pengisian pada Gate dan Cavity  
Dengan volume gate runner (Vgr) 1.125,59 mm<sup>3</sup>, volume produk (vprod) 41777,77 mm<sup>3</sup> dan kecepatan volume (vfgc) 1986,27 mm<sup>3</sup>/s, maka:  
 $T_{fgc} = V_{gr} + V_{prod} / q_{ty} \times V_f$   
 $= 1.125,59 + 41.777,77 / 8 \cdot 1.986,27$   
 $= 42.903,37 / 15.890,16 = 2,69 \text{ det}$

- Laju gesekan pada Gate dan Cavity  
Dengan kecepatan volume (vfgc) 1.986,27 mm<sup>3</sup>/s dan jari-jari (r) gate runner 1 mm, maka :  
 $S_r = 4 \times V_{fgc} / \pi \times r$   
 $= 4 \times 1.986,27 \text{ mm}^3/\text{det} / 3,14 \times 1 \text{ mm}$   
 $= 2.528,99 / \text{det}$

- Tegangan geser fluida pada Gate dan Cavity  
Dengan 81,3086 Ns/m<sup>2</sup> (Lampiran 12), maka :  
 $S_{sgc} = \mu \times S_{rgc}$   
 $= 81,31 \text{ Ns/m}^2 \times 2.589,9 \text{ det}$   
 $= 205.628,63 \text{ N/m}^2$

- Pressure drop pada Gate dan Cavity  
Dengan panjang gate runner (l) 10 mm dan jari-jari gate runner (r) 1 mm, maka:

$$P_{dgc} = S_{sgc} \times q_{ty} \times l / r$$

$$= 205.628,63 \text{ N/m}^2 \times 8 \times 0,01 \text{ m} / 0,001 \text{ m}$$

$$= 16.450.290,904 \text{ N/m}^2$$

- Pada proses penginjeksian material plastik kedalam cavity terjadi penurunan tekanan injeksi mulai dari material masuk Sprue runner sampai terbentuk produk. Maka total waktu pengisian adalah :

$$T_f \text{ total} = T_{fsf} + T_{fpr} + T_{fser} + T_{fgc}$$

$$= 0,085 \text{ det} + 0,2 \text{ det} + 0,11 \text{ det} + 2,69 \text{ det}$$

$$= 3,085 \text{ det}$$

Dan total penurunan tekanan adalah :

$$P_d \text{ total} = P_{dsf} + P_{dpr} + P_{dsr} + P_{dgc}$$

$$= 111,8 + 152,27 + 79,89 + 164,5$$

$$= 508,46 \text{ bar}$$

### 3.5 Penghitungan Bagian Clamping Unit

#### A. Menutup cetakan

Dengan tekanan pompa (p) 280 bar dan radius silinder clamping (r) 12,5 cm, maka:

$$F_b = p \times A_b = p \times \pi \times r^2$$

$$= (2,8 \times 10^7 \text{ N/m}^2) \times (0,125 \text{ m})^2$$

$$= 1,4 \times 10^6 \text{ N}$$

$$= 1.400 \text{ kN (untuk safety factor digunakan hanya 5% dari gaya total) = 70 kN}$$

#### B. Clamping force

Dengan tekanan jenis yang diijinkan untuk Carbon Steel adalah 8,27 x 10<sup>7</sup> N/m<sup>2</sup> (lampiran), maka:

$$F_c = A_x \cdot T_x$$

$$= (0,45 \times 0,4) \times (8,27 \times 10^7 \text{ N/m}^2)$$

$$= 0,18 \text{ m}^2 \times (8,27 \times 10^7 \text{ N/m}^2)$$

$$= 14.886 \text{ kN}$$

(untuk safety factor digunakan 5% dari gaya total : 744,3 kN)

#### C. Membuka cetakan

Dengan, diameter silinder 250 mm , r = 125 mm diameter batang 140 mm, r : 70 mm maka :

$$F_o = p \times A_o$$

$$= p \times (\text{Luas silinder} - \text{Luas Batang})$$

$$= (2,8 \times 10^7 \text{ N/m}^2) \times (0,034 \text{ m}^2)$$

$$= 943.420 \text{ N} = 943 \text{ kN}$$

(untuk safety factor digunakan 5% dari gaya total : 47,15 kN)

#### D. Gaya ejeksi

Dengan diameter silinder 50 mm (r = 25 mm), maka :

$$F_e = p \times A_e$$

$$= (2,8 \times 10^7 \text{ N/m}^2) \times \pi \times (0,025 \text{ m})^2$$

$$= 54.977,87 \text{ N} = 54,97 \text{ kN}$$

(untuk safety factor digunakan 5% dari gaya total : 27,5 kN)

### 3.6 Penghitungan Pendinginan Cetakan

Waktu pendinginan untuk melepas panas dengan data <sup>(6,7)</sup> :

Ketebalan dinding (l) = 0,009 m

Koefisien diffusivity panas (a) = 0,000001 m<sup>2</sup>/s

Suhu bagian ejektor (Tr) = 50°C

Suhu cetakan (Tm) = 40°C

Suhu barel (Tc) = 280°C

Maka,

$$t_c = \frac{-l^2}{2\pi\alpha} \log \left[ \frac{\pi (T_r - T_m)}{4 (T_c - T_m)} \right]$$

$$= \frac{-(0.009\text{m}^2)}{2\pi \cdot 0.000001 \text{ m}^2/\text{s}} \log \left[ \frac{\pi (50^\circ\text{C} - 40^\circ\text{C})}{4 (280^\circ\text{C} - 40^\circ\text{C})} \right]$$

$$= -12,891 \text{ detik} \log 0,0327$$

$$= 19,14 \text{ detik}$$

### 3.7 Kondisi Proses Injeksi

Berdasarkan perhitungan waktu injeksi dan penurunan tekanan sebelumnya dapat dilihat dengan tabel dibawah ini:

Tabel 2 Total Waktu Injeksi Dan Penurunan Tekanan

Bagian	Vf (mm <sup>3</sup> /detik)	tf detik	Sr detik <sup>2</sup>	pr Ns/m <sup>2</sup>	Ss N/m <sup>2</sup>	pd Bar	Volume mm <sup>3</sup>
Sprue	18850	0.08	2052.3	79.73	235388	111.8	1591.74
Runner		5	2		5		
Primary Runner	8985.07	0.2	1473.8	85.24	125626	152.2	3744
Secondary Runner			2		.7	.7	
Gate Cavity	1986.27	2.69	2528.9	81.31	205628	164.5	42903.3
Total		3085				508.4	50111.1
						6	6

Hasil dari penghitungan proses injeksi dapat digambarkan dengan grafik sebagai berikut:

#### a. Grafik penurunan tekanan injeksi



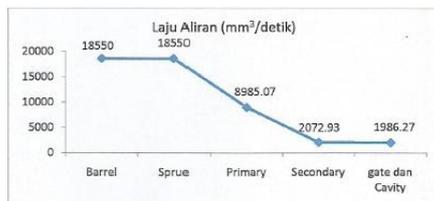
Gambar 10.a Grafik Penurunan Tekanan Injeksi

#### b. Grafik waktu injeksi



Gambar 10.b Grafik waktu Injeksi

#### c. Grafik Laju Aliran material



Gambar 10.c Hasil Percobaan Injeksi

### 3.8 Penerapan Perencanaan Proses Injeksi Dan Analisa Kualitas Produk

#### a. Tahap Persiapan

Sebelum melakukan proses injeksi ada beberapa tahap persiapan yaitu persiapan material plastik, penyetulan cetakan dan mesin injeksi serta penginputan parameter proses injeksi sesuai dengan hasil perhitungan. Data perencanaan proses injeksi sesuai dengan hasil penghitungan parameter seperti ditabelkan dibawah ini :

Tabel 3 Data Perencanaan Proses Injeksi

No	Item	Satuan	Hasil Perhitungan
1	Volume Produk	cm <sup>3</sup>	50.11
2	Berat Material	gram	56.375
3	Langkah Screw	cm	5.21
4	Laju Aliran	mm <sup>2</sup> /s	18850
5	Waktu Pengisian	detik	3.085
6	Tekanan Injeksi	bar	800
7	Menutup Cetakan	kN	70
8	Clamping Force	kN	744.3
9	Membuka Cetakan	kN	47.15
10	Gaya Ejeksi	kN	27.5
11	Lama Pendinginan	detik	20
12	Suhu Berrel	°C	280
13	Suhu Air Pendingin	°C	20

#### b. Tahap Proses Injeksi Dan Analisa Kualitas Produk

Pada proses injeksi ini meliputi beberapa tahap, yaitu <sup>(11)</sup>:

- Melakukan penyetulan terhadap mesin dan cetakan serta parameter injeksi lainnya
- Memasukan resin Plastik jenis PP kedalam hopper
- Pelelehan material resin didalam Barrel
- Menutup cetakan - Clamping
- Proses penginjeksian material leleh kedalam cetakan
- Pendinginan produk hasil injeksi
- Membuka cetakan — ejeksi
- Pengecekan produk hasil injeksi

Proses injeksi dilakukan dengan beberapa kombinasi parameter agar menghasilkan produk yang sesuai dengan standar <sup>(3)</sup>. Penyetulan Parameter Injeksi seperti dijelaskan dibawah ini:

Tabel 4 Hasil Percobaan Injeksi

Parameter Proses	Satuan	Setting Parameter			
		1	2	3	4
Volume Material	cm <sup>3</sup>	50.11	50.11	50.11	50.11
Waktu Injeksi	bar	800	800	800	800
Tekanan Injeksi	detik	3.085	3.585	4.085	4.085
Laju Aliran	cm <sup>3</sup> /detik	18.5	18.5	18.5	30
Waktu Holding	detik	-	0.5	1	1
Tekanan Holding	bar	-	200	300	400
Waktu Pendinginan	detik	20	20	20	20
Tekanan Clamping	kN	745	745	745	745
Suhu Barrel	°c	280	280	280	280
Suhu Air Pendingin	°c	20	20	20	20
Hasil		SS	SS	SM	B

Keterangan hasil:

SS : Short shots

SM : Sink mark

B : Bagus

Urutan setting Parameter ke <sup>(11)</sup> :

1. Proses injeksi yang pertama menggunakan parameter sesuai hasil perhitungan eksak.
  - o Hasil produk : Terdapat cacat yaitu short shot.
  - o Analisa Short shot bisa terjadi karena kurangnya waktu holding dan tekanan holding. Untuk percobaan selanjutnya bisa menambahkan waktu holding 0.5 detik dan tekanan holding menjadi 200 bar



Gambar 11. Hasil Percobaan Pertama

2. Proses injeksi yang kedua masih menggunakan parameter sesuai hasil perhitungan eksak dengan ditambah Holding Time dan Holding Pressure. Holding time yang digunakan adalah 0.5 detik dan Holding Pressure yang digunakan 200 bar.
  - o Hasil produk : Produk masih terdapat cacat short shot tetapi sedikit berkurang.
  - o Analisa : Produk masih short shots karena masih kurang waktu holding dan tekanan holding. Untuk percobaan berikutnya bisa menambahkan waktu holding menjadi 1 detik dan tekanan holding menjadi 300 bar.



Gambar 12. Hasil Percobaan Kedua

3. Proses injeksi yang ketiga masih menggunakan parameter sesuai hasil perhitungan eksak dengan menambah Holding time menjadi 1 detik dan Holding Pressure menjadi 300 bar.
  - Hasil produk : Produk tanpa short, tapi ada cacat sink-mark.
  - Analisa Sink-mark bisa terjadi karena kurangnya tekanan injeksi. Cara mengatasinya bisa dengan mencoba menambah tekanan holding menjadi 400 bar dan menambahkan laju aliran menjadi 30 cm<sup>3</sup>/detik.



Gambar 4.6 Hasil Percobaan Ketiga

4. Proses injeksi yang keempat masih menggunakan parameter sesuai hasil perhitungan eksak dengan menambah Holding Pressure menjadi 400 bar dan menambah kecepatan injeksi menjadi 30 cm<sup>3</sup>/detik.
  - Hasil produk : Sempurna tanpa short short dan sink-mark.



Gambar 13. Hasil Percobaan Keempat

Catatan:

1. Proses injeksi dilakukan dengan sample 10 set setiap percobaan parameter.
2. Cacat produk yang terjadi adalah short shots dan sinkmark, karena:
  - Tekanan injeksi yang kurang sehingga produk tidak seluruhnya sempurna diisi material.
  - Tekanan holding yang kurang sehingga produk tidak terbentuk dengan sempurna.
3. Material resin yang digunakan adalah PP grade TITANPRO SM398.
4. Mesin Injeksi yang digunakan dengan kapasitas 1000 kN ARBURG.
5. Cetakan yang digunakan tipe 2 plate dengan sistem Sub Marine Gate.
6. Total waktu untuk satu siklus adalah:

Tabel 5 Waktu Satu Siklus (detik)

Pengukuran	Waktu
Mold Close	1.5
Injection Time	3.085
Holding Time	1
Cooling Time	20
Mold Open	1.4
Ejection	1.32
Total	28.305

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil perencanaan yang dilakukan melalui pengukuran silinder dan batang pada mesin injeksi molding sehingga dapat mengetahui besarnya tekanan yang dibutuhkan untuk bagian Injection Unit dan bagian Clamping Unit. Hasil dari perencanaan yang didapat meliputi:

- a. Penghitungan jumlah material resin yang dibutuhkan
- b. Beral material yang ada didalam barrel
- c. Panjang langkah screw
- d. Kecepatan aliran material pada cetakan
- e. Waktu pengisian yang dibutuhkan
- f. Penurunan tekanan injeksi pada produk dan runner
- g. Gaya untuk membuka, menutup dan Clamping pada cetakan.

Setelah dilakukan percobaan injeksi dengan menggunakan mesin Arburg tipe Golden 1000kN dan material resin Polypropylene (PP) TitanPro SM398 didapat beberapa kesimpulan berikut ini:

- a. Terjadi penurunan tekanan mulai material memasuki runner sampai terbentuk produk
- b. Terjadi peningkatan waktu injeksi pada saat material memasuki runner dan produk
- c. Terjadi penurunan laju aliran mulai dari material masuk ke runner sampai ke produk
- d. Pada percobaan injeksi yang pertama sesuai dengan perhitungan eksak menghasilkan produk yang short shots. Analisa disebabkan karena kurangnya Holding.
- e. Pada percobaan injeksi yang kedua dan ketiga dengan menambahkan tekanan Holding dan waktu Holding. Hasil produk masih terdapat sedikit short shots dan sinkmark. Analisa disebabkan karena kurangnya waktu dan tekanan Holding.
- f. Pada percobaan injeksi yang keempat dengan menambah tekanan Holding menjadi 400 bar dan kecepatan injeksi menjadi 30 cm<sup>3</sup>/detik. Hasil produk sempurna.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Johannaber, Friedrich. 2007. *injection molding Machines* (4m ed). Munich : 1--lanser.
2. Manual book Arburg 420 C 1000-250
3. Nasution, M.N. 2010. *Manajemen Mutu Terpadu*. Bogor : Ghalia Indonesia.
4. Rosato, D.V, dan Rosato, M.G. 2000. *injection molding Handbook* (Yd ed). Boston : Kluwer Academic Publishers.
5. Wijaya, Hadi. 2015. *Teknologi Pengolahan Plastik injection molding*. Bekasi : e-book.
6. Arif Rahman. Hakim, (2015). *Pengaruh Suhu, Tekanan Dan Waktu Pendingin Terhadap*

*Cacat Warpage Produk Berbahan Plastik*. Jurnal, Batam: Teknik Mesin, Universitas Riau

7. Dwi zulianto. (2013) *Analisa pengaruh variasi suhu plastik terhadap cacat warepage dari produk injection molding* berbahan polypropylene (PP). Laporan tugas akhir Universitas Muhammadiyah Surakarta.
8. Fahrizal. (2009) *Prosedur pengolahan plastik dengan metode injection molding*. Jurnal aptek Vol 1, hal 15-16.
9. Irwan Yulianto, (2014). *Rancangan Desain Mold Produk KNOB Regulator Kompor Gas Pada Proses injection molding*. Jurnal, Bandung: Teknik Industri, Institut Teknologi Nasional (ITENAS) Bandung.
10. L. kong, J.Y.H. Fuh, K.S Lee, X.L. Liu, L.S. Ling, Y.F. Zhang, A.Y.C. Nee, (2003), *A Windows-Native 3d Plastic Injection Mold Design System*. Journal Of Materials Processing Tecnology, Vol. 139, hal 81-89.
11. N. Crisan, S. Descartes, Y. Berthier, J. Cavoret, D. Baud, F. Montalbano. (2016) *Tribological Assessment Of The Interface Injection Mold/Plastic Part*. Tribology International, Vol.x, hal xxx-xxx