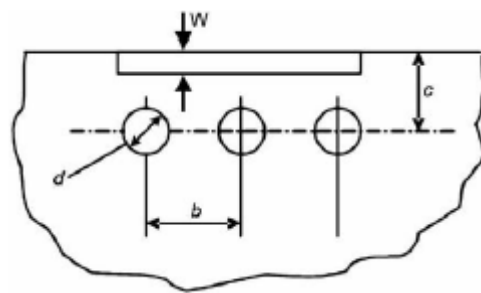


LAMPIRAN A

A.1. Perhitungan Dasar *Cooling*

Pada perhitungan dasar *cooling* yaitu untuk mencari diameter *cooling*, jarak antar *cooling*, dan jarak antar *part* (produk), dengan rumus dibawah ini.



Part thickness W	Channel Diameter d
2 mm	8–10 mm
4 mm	10–12 mm
6 mm	12–15 mm
$c = 2d \text{ to } 3d$	$b = 3d \text{ to } 4d$

(Jones, 2008 : 137)

Diketahui:

$$W = 2 \text{ mm}$$

$$d = 10 \text{ mm}$$

Maka:

$$b = 3 \times 10 = 30 \text{ mm}$$

$$c = 3 \times 10 = 30 \text{ mm}$$

Keterangan:

W = Tebal produk

d = Diameter *cooling*

b = Jarak antar *cooling*

c = Jarak antar *part*

A.2. Perhitungan *Clamping Force*

Sebelum melakukan perhitungan pada *clamping force*, terlebih dahulu untuk mencari tekanan *cavity* pada material PET kemudian mencari nilai dari area proyeksi.

Aplikasi	Bahan	Tekanan Injeksi (Bar)	Tekanan Cavity (bar)
Part Besar (berat)	Umum	800 - 1100	200 - 500
Part sederhana	PS, PE, PP	1000 - 1300	250 - 400
Kemasan, dinding tipis	PE, PS, PP	1300 - 1800	500 - 700
Part datar – besar (misal dash board, bumper)	PP, Blend	1200 - 1500	400 - 500
→ Part teknik yg presisi	ABS, PA 6, PA 66, PC, PBT	1200 - 1700	300 - 500
Micro part	PC, PA, PBT, High tech plastic	1400 - 1700	500 - 800

Diketahui:

Tekanan *cavity* PET rata-rata diambil pada aplikasi *part* teknik yang presisi pada tabel.

$$P_i = \frac{300+500}{2} = 400 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} A_p &= (\pi \times r^2) \times 2 \text{ produk} \\ &= (\pi \times 70^2) \times 2 \\ &= 30787,6 \text{ mm}^2 = 307,876 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{p_{total}} &= 307,876 \text{ cm}^2 + 6 \text{ cm}^2 \text{ (Panjang antar 2 produk)} \\ &= 313,876 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Ditanya:

Fc.....?

Jawab:

$$\begin{aligned} F_c &= A_p \times P_i \\ &= 313,876 \text{ cm}^2 \times 400 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 125550,4 \text{ kg} \\ &= 125,55 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Keterangan:

A_p = Area proyeksi

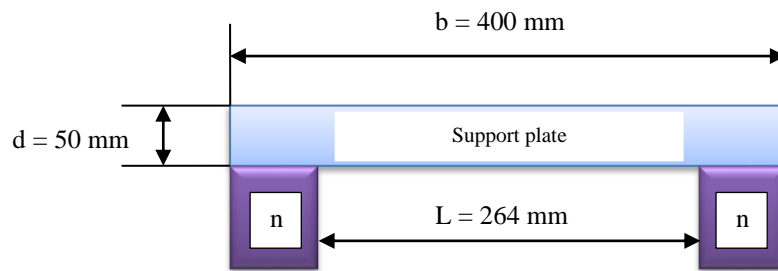
P_i = Tekanan *cavity*

F_c = *Clamping force*

Sehingga dari hasil *clamping force* yang sudah diketahui dapat menentukan mesin injeksi yang akan digunakan, untuk keamanan harus menggunakan mesin injeksi yang memiliki kapasitas *clamping force* lebih dari 125,55 Ton.

A.3. Perhitungan *Support Plate*

Bahan *support plate* yang digunakan adalah SS400



Aplikasi	Bahan	Tekanan Injeksi (Bar)	Tekanan Cavity (bar)
Part Besar (berat)	Umum	800 - 1100	200 - 500
Part sederhana	PS, PE, PP	1000 - 1300	250 - 400
Kemasan, dinding tipis	PE, PS, PP	1300 - 1800	500 - 700
Part datar – besar (misal dash board, bumper)	PP, Blend	1200 - 1500	400 - 500
→ Part teknik yg presisi	ABS, PA 6, PA 66, PC, PBT	1200 - 1700	300 - 500
Micro part	PC, PA, PBT, High tech plastic	1400 - 1700	500 - 800

$$1 \text{ Bar} = 0,1 \text{ MPa} = 1,0197 \text{ kg/cm}^2$$

(Dym, 1979 : 59)

$$\sigma_t \text{ yang terjadi} = \frac{W \times L}{n \times 8 \times Z}$$

Keterangan:

n = *Distance Block*

σ_t = Tegangan tarik yang terjadi (N/mm²)

W = Beban pada *plate* = Fk (N)

L = Jarak antar penyangga (mm)

Z = Modulus tahanan (mm²)

b = Panjang *plate* (mm)

d = Tebal *plate* (mm)

Diketahui:

$$\sigma_t \text{ material SS400} = 400\text{-}500 \text{ Mpa (N/mm}^2\text{)}$$

$$n = 2$$

$$\begin{aligned} A_{p_{total}} &= (\pi \times r^2) = \pi \times 70^2 \\ &= 15393,8 \times 2 \text{ produk} = 30787,6 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{inj} \text{ material PET} &= 120 - 170 \text{ N/mm}^2 \\ &= \frac{120+170}{2} \text{ N/mm} = 145 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W = Fk &= A_{p_{total}} \times P_{inj} \\ &= 30787,6 \text{ mm}^2 \times 145 \text{ N/mm}^2 \\ &= 4464202 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z &= \frac{b \times d^2}{6} = \frac{400\text{mm} \times (50\text{mm})^2}{6} \\ &= 166666,67 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

Ditanya:

- σ_t . yang terjadi pada support plate ?
- (σ_t . yang terjadi pada support plate < σ_t material SS400) untuk dikatakan aman dan tidak memerlukan support bolt ?

Jawab:

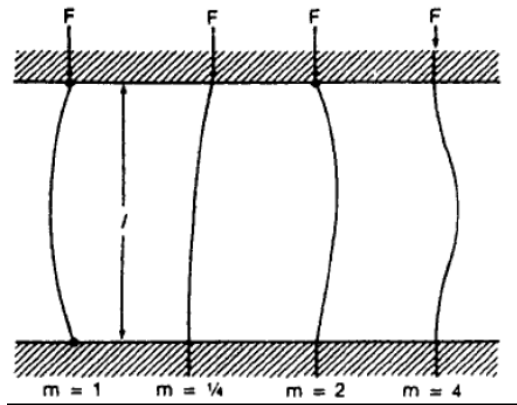
$$\begin{aligned} \text{a. } \sigma_t \text{ yang terjadi} &= \frac{W \times L}{n \times 8 \times Z} \\ &= \frac{4464202 \text{ N} \times 264 \text{ mm}}{2 \times 8 \times 166666,67 \text{ mm}^3} \\ &= 441,95 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

- Jadi $441,95 \text{ N/mm}^2 < 510 \text{ N/mm}^2$ di katakan aman dan tidak memerlukan support bolt.

A.4. Perhitungan kekuatan pin ejector

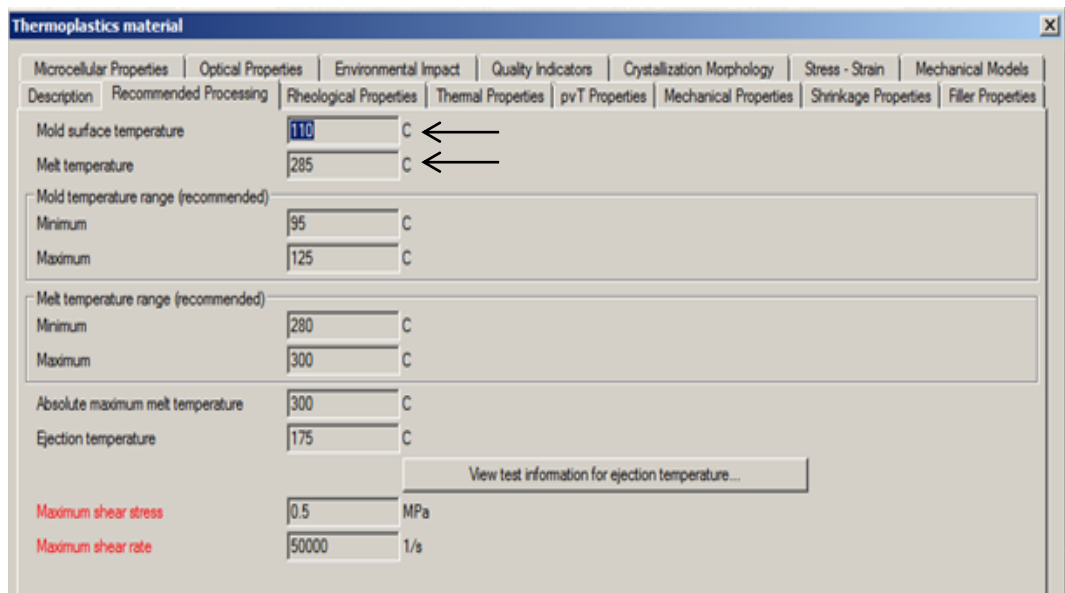
Ejector pin sendiri memerlukan kekakuan yang cukup agar tidak bengkok atau patah maka diperlukan perhitungan pada beban kritis yang diterima oleh *ejector pin*.

- m tergantung dari konfigurasi dari ujung-ujung kolom
- m = 1; kedua ujung sendi atau engsel
- m = ¼; satu ujung mati dan ujung lain bebas
- m = 2; satu ujung mati dan ujung lain sendi
- m = 4; kedua ujung mati



• Tabel property bahan terkait perhitungan Ejector:

Bahan	E modulus (N/mm ²)	Coefficient of thermal expansion (/K)	Suhu cairan (°C)	Suhu mold (°C)	Koefisien gesek	Poisson ratio
PP	1340	0.00018	235	35		0.392
PE - LD	200	0.00023	220	40	0.2	0.41
HDPE	1000	0.00013	260	40		0.42
U PVC	3150	0.00008				
P PVC	275.76					
PMMA	3300	0.00007				
PS	3300	0.00007	230	40	0.35	0.35
ABS	2300	0.00009	250	50		0.4
PA 66	3100	0.000085	290	50	0.35	0.4
PA 6	3190	0.0001	265	90	0.24	0.33
POM homo	4500	0.00012	200	90	0.25	0.42
POM copo	2550.78					0.42
PC	2380	0.000065	340	130	0.5	0.4
PAN	3447		235	35		0.392



(Data Moldflow Insight 2016)

Diketahui:

Diameter *pin ejector* = 10 mm

L panjang *pin ejector* = 150 mm

Keliling *cavity* (d) = $2 \times (\pi \times 70) = 879$ mm dan tebal produk = 2 mm

Luas bidang kontak terhadap *cavity* (A) = 408 mm²

Koefisien gesek PET terhadap baja (μ) = 0,5

Koefisien ekspansi thermal PET = 0,000065⁰C

Poiton ratio (γ) = 0,4

Gaya *cavity* material PET = 50 N/mm² x 30787,6 mm² = 1539380 N

Suhu cairan PET = 285° C Suhu *mold* = 110° C

Beda temperatur (ΔT) = 285° C - 110° C = 175° C

E modulus material SKH51 = 219 Gpa = 219000 Mpa

$$E \text{ modulus material PET rata-rata} = \frac{2100 + 3100(\text{Tabel 2.2,hal: 8})}{2} \text{ Mpa}$$

$$= 2600 \text{ Mpa}$$

Kontraksi thermal terhadap keliling (St).

$$St = (\text{keliling } cavity \times \text{Koefisien ekspansi thermal PET} \times \Delta T)$$

$$St = (879 \text{ mm} \times 0,00065^{\circ} \text{ C} \times 175^{\circ} \text{ C})$$

$$St = 127,67 \text{ mm}$$

Ditanya:

- a. *Moment Inertia?*
- b. *Gaya buckling ?*
- c. *Gaya cavity terhadap permukaan ejector ?*
- d. *Ejection load ?*

(*Ejection load* < *gaya buckling* dan *gaya cavity* terhadap permukaan *ejector* < *gaya buckling*) untuk dikatakan aman.

Jawab:

a. *Moment Inertia* = $\frac{\pi \times D^4}{64}$

$$= \frac{\pi \times (10\text{mm})^4}{64} = 490,88 \text{ mm}^4$$

b. *Gaya buckling* = $\frac{m \times \pi^2 \times E \text{ material SKH51} \times I}{L^2}$

$$= \frac{4 \times \pi^2 \times 219000 \text{ Mpa} \times 490,88 \text{ mm}^4}{150^2}$$

$$= 94311,93 \text{ N}$$

c. *Gaya cavity* terhadap permukaan *ejector* = *gaya cavity* $\times \frac{\pi \times D^2}{4}$

$$= 50 \text{ N/mm}^2 \times \frac{\pi \times (10 \text{ mm})^2}{4}$$

$$= 3926,9 \text{ N}$$

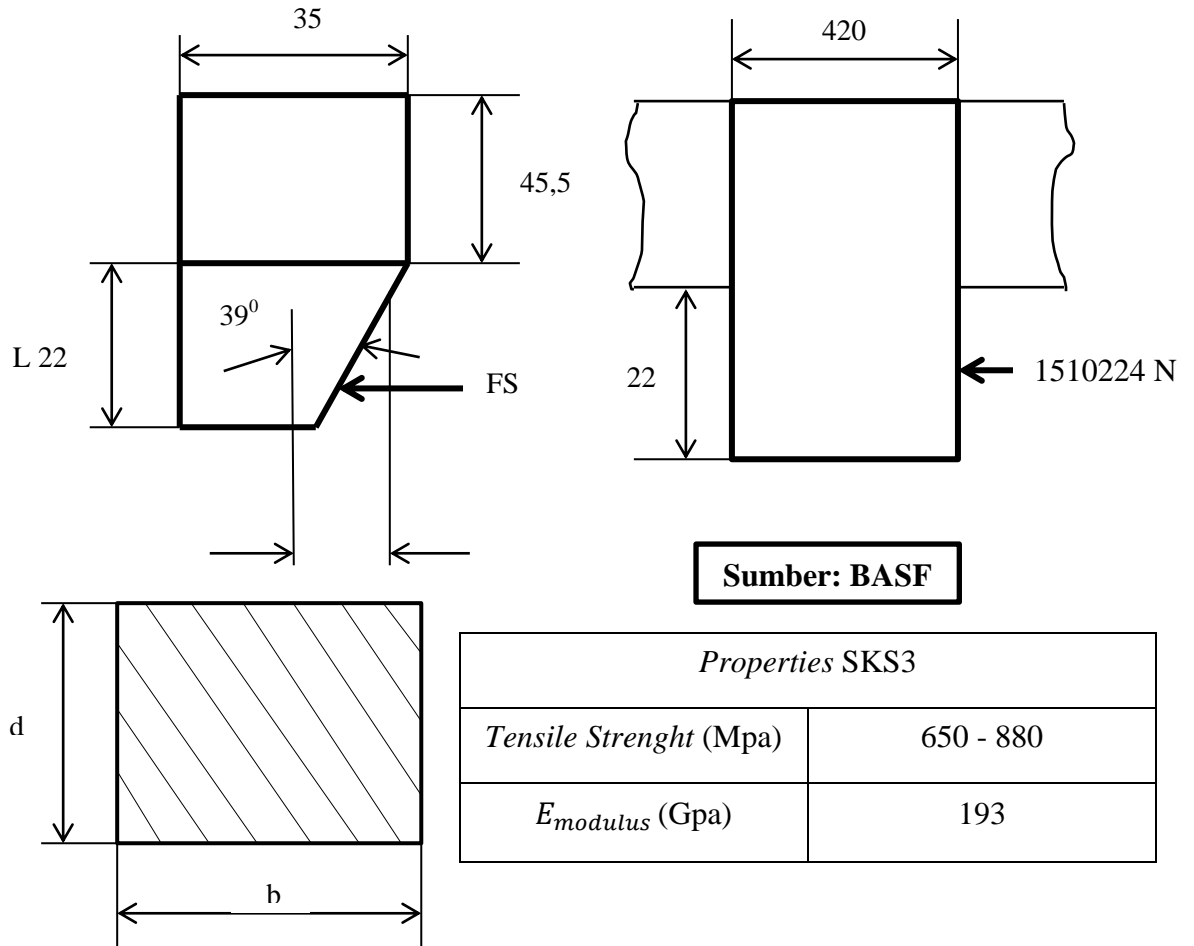
d. *Ejection load* = $\frac{St \times E \text{ modulus PET} \times A \times \mu}{d \times \left(\frac{d}{2 \cdot t} - \frac{d}{4 \cdot t}\right) \times \gamma}$

$$= \frac{127,67 \text{ mm} \times 2600 \text{ Mpa} \times 408 \text{ mm}^2 \times 0,5}{879 \text{ mm} \times \left(\frac{879 \text{ mm}}{2 \cdot 2} - \frac{879 \text{ mm}}{4 \cdot 2}\right) \times 0,4}$$

$$= 350,649 \text{ N}$$

Maka hasil dari $350,649 \text{ N} < 94311,93 \text{ N}$ dan $3926,9 \text{ N} < 94311,93 \text{ N}$. Jadi pin *ejector* aman digunakan untuk mengeluarkan produk *preform stick T15*.

A.5. Perhitungan *Slider* dan *Locking Block*



Diketahui:

$$\text{panjang dari angular pin} = L = \frac{s}{\sin \alpha} = \frac{72}{\sin 37} = 120 \text{ mm}$$

$$\text{Clamping force (FS)} = \frac{125}{\tan 39} = 154 \text{ Ton} \longrightarrow 1510224 \text{ N}$$

$$\text{Beban terdistribusi (W)} = \frac{FS}{\text{unit lenght}} = \frac{1510224}{22} = 68646,5 \text{ N}$$

$$\text{Modulus Elastisitas SKS3} = 193 \text{ Gpa} \longrightarrow 193000 \text{ Mpa}$$

$$\text{Panjang wedge (b)} = 35 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar wedge (d)} = 420 \text{ mm}$$

Ditanya:

Moment Inertia....?

Deformasi maksimal (defleksi)...?

Tegangan maksimal...?

Jawab:

Menghitung *moment inertia* pada rumus: $I = \frac{1}{12} b x d^3$

$$I = \frac{1}{12} 35 x 420^3 = 216090000 \text{ mm}^4$$

Menghitung deformasi maksimal dengan rumus: $Y_{max} = - (W x L^4 / 8 x E x I)$

$$Y_{max} = \frac{68646,5 x 22^4}{8 x 193000 x 216090000}$$

$$= - 0,0000481 \text{ mm}$$

Menghitung tegangan maksimal dengan rumus: $\sigma_{max} = \frac{W x L^2 x c}{2 x I}$

$$\sigma_{max} = \frac{68646,5 x 22^2 x (\frac{420}{2})}{2 x 216090000}$$

$$= 16,144 \text{ N/mm}^2 \longrightarrow \text{Konstruksi pada } \textit{Locking Block} \text{ aman.}$$

A.6. Perhitungan *Push Back Spring*

Menghitung sebuah gaya spring dengan menggunakan rumus:

$$w = V_e \times g \times \rho \times \mu$$

(Sularso, 1997)

Diketahui:

$$\text{Volume ejector plate } (V_e) = 3900000 \text{ mm}^3$$

$$\text{Gravitasi bumi } (g) = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$\text{Density plate SS400 } (\rho) = 7860 \text{ kg/m}^3 \longrightarrow 7,86 \text{ kg/mm}^3$$

$$\mu = 10^{-6} \text{ kg}$$

Ditanya:

Gaya yang dibutuhkan *spring*..?

Gaya yang dibutuhkan satu pegas...?

Jawab:

$$\text{Perhitungan gaya spring, } w = 3900000 \text{ mm}^3 \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 7,86 \text{ kg/mm}^3 \times 10^{-6} \text{ kg}$$

$$= 300,71 \text{ N}$$

$$\text{Perhitungan satu pegas, } F_{1,pegas} = \frac{300,71 \text{ N}}{4}$$

$$= 75,17 \text{ N}$$

Kemudian setelah mengetahui gaya per-satu pegas, maka tahap selanjutnya yaitu menentukan spring berdasarkan 3 jenis *spring* pada katalog Misumi dan membandingkan *spring* yang akan digunakan.

Diketahui:

- a. *Stroke* yang diperlukan untuk mengeluarkan produk (s) = 30 mm
- b. Diameter *return pin* = \emptyset 30
- c. Berdasarkan katalog *spring*, maka dipilih diameter luar (D) = \emptyset 31
- d. *Free length spring* (L) = 80 mm
- e. Panjang defleksi *spring* (F) pada tabel dibawah ini

Panjang defleksi (Fmm)	SWR 31-80	SWS 31-80	SWN 31-80
	40	32	24

Ditanya:

- a. Kedalaman penerimaan *spring* ?
- b. *Initial deflection* ?
- c. *Final deflection* ?
- d. Beban awal dan beban akhir *spring* ?

Jawab:

Penjelasan penggunaan *spring*

SWR	31	-80
(Pembagian menurut kekuatan)	Diameter <i>spring</i>	<i>Free length spring</i>

- a. Perhitungan kedalaman *spring* (A)

$$A \text{ (mm)} = (L - F) + 2 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{SWR 31 - 80, } A &= (80 - 40) + 2 \\ &= 42 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SWS 31 - 80, } A &= (80 - 32) + 2 \\ &= 50 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SWN 31 - 80, } A &= (80 - 24) + 2 \\ &= 58 \text{ mm} \end{aligned}$$

b. Perhitungan *initial deflection* (B)

$$B \text{ (mm)} = L - (A + S)$$

$$\begin{aligned} \text{SWR 31 - 80, } B &= 80 - (42 + 30) \\ &= 8 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SWS 31 - 80, } B &= 80 - (50 + 30) \\ &= 0 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SWN 31 - 80, } B &= 80 - (58 + 30) \\ &= -8 \text{ mm} \end{aligned}$$

c. Perhitungan *final deflection* (Fd)

$$F_d \text{ (mm)} = (B + S)$$

$$\begin{aligned} \text{SWR 31 - 80, } F_d &= (8 + 30) \\ &= 38 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SWS 31 - 80, } F_d &= (0 + 30) \\ &= 30 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SWN 31 - 80, } F_d &= (-8 + 30) \\ &= 22 \text{ mm} \end{aligned}$$

d. Perhitungan beban awal (W_s) kgf = *spring constant* (K) x panjang defleksi (B), dan beban akhir (W_e) kgf = *spring constant* (K) x *final deflection* (Fd). *Spring constant* bisa dilihat pada tabel dibawah ini.

Spring Constant (K) (kgf/mm)	SWR 31-80	SWS 31-80	SWN 31-80
	1,25	2,50	3,54

Beban awal (W_s):

$$\begin{aligned} \text{SWR 31 - 80, } W_s &= (1,25 \times 8) \\ &= 10 \text{ kgf} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SWS 31 - 80, } W_s &= (2,50 \times 0) \\ &= 0 \text{ kgf} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SWN 31 - 80, } W_s &= (3,54 \times -8) \\ &= -28 \text{ kgf} \end{aligned}$$

Beban akhir (W_e):

$$\begin{aligned} \text{SWR 31 - 80, } W_e &= (1,25 \times 38) \\ &= 47,5 \text{ kgf} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SWS 31 - 80, } W_e &= (2,50 \times 30) \\ &= 75 \text{ kgf} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{SWN 31 - 80, } W_e &= (3,54 \times 22) \\ &= 77,88 \text{ kgf} \end{aligned}$$

A.7. Perhitungan *screw core stop block*

Diameter minimal *screw* (di) =

$$\sqrt{\frac{4 \times F_s}{\pi \times \tau \times n}}$$

Dimana:

F_s = gaya open pada mesin injeksi

τ = Tegangan geser material (N/cm²)

n = Jumlah baut (*satu sisi*)

Diktat Elemen Mesin

Diketahui:

τ material SCM435 = 200000 N/mm²

n jumlah baut = 8

F_s = gaya open pada mesin injeksi = 520 KN

= 520000 N

Ditanya:

diameter ijin baut (di) ?

Jawab:

$$di = \sqrt{\frac{4 \times F_s}{\pi \times \tau \text{ material SCM435} \times n}}$$

$$di = \sqrt{\frac{4 \times 520000 \text{ N}}{\pi \times 200000 \text{ N/mm}^2 \times 8}}$$

di = 6,43 mm

Jadi diameter yang di ijinakan adalah \emptyset 6,43, tetapi untuk lebih amannya dipilih diameter M 8.

A.8. Perhitungan Diameter *Eye Bolt*

Diketahui:

$$\sigma_t \text{ material SS400} = 400 \text{ N/mm}^2$$

$$F \text{ Berat mold atau (gaya)} = 129,97 \text{ kg} = 1274,57 \text{ N}$$

$1 \text{ kg} = 9,8 \text{ N}$

Ditanya:

diameter ijin (di) baut *eye bolt* untuk menahan berat *mold*?

Jawab:

$$di = \sqrt{\frac{4 \times F}{\pi \times \sigma_t \text{ material SS400}}}$$

$$di = \sqrt{\frac{4 \times 1274,57 \text{ N}}{\pi \times 400 \text{ N/mm}^2}}$$

$$di = 20,14 \text{ mm}$$

Jadi diameter yang di ijinakan adalah $\emptyset 20,14$, tetapi untuk lebih amannya dipilih diameter M24

A.9. Perhitungan *Flow Path*

Perhitungan jarak produk terhadap *sprue*, dapat dihitung dengan *ratio flow path* terhadap *wall thickness*, seperti pada persamaan dibawah ini.

$$L_p = \frac{L_1 + L_2}{2}$$

(Sumber: Polybridge)

Dimana:

L_p = *flow length* (mm)

L_1 = jarak *centering sprue* dengan *runner* (mm)

L_2 = jarak *gate* dengan ujung produk (mm)

Diketahui:

$L_1 = 30$ mm

$L_2 = 140$ mm

Ditanya:

Rasio *flow path* pada produk preform ?

Jawab:

$$\begin{aligned} L_p &= \frac{30 + 140}{2} \\ &= 85 \text{ mm} \end{aligned}$$

Hasil rasio *flow path* yang didapat pada perhitungan ini yaitu 85 mm, jarak ini bisa digunakan untuk jarak 2 *cavity* dari produk *preform* dengan bahan PET yang nilai *flow path*-nya mencapai 350.

LAMPIRAN B

LAMPIRAN C

LAMPIRAN D