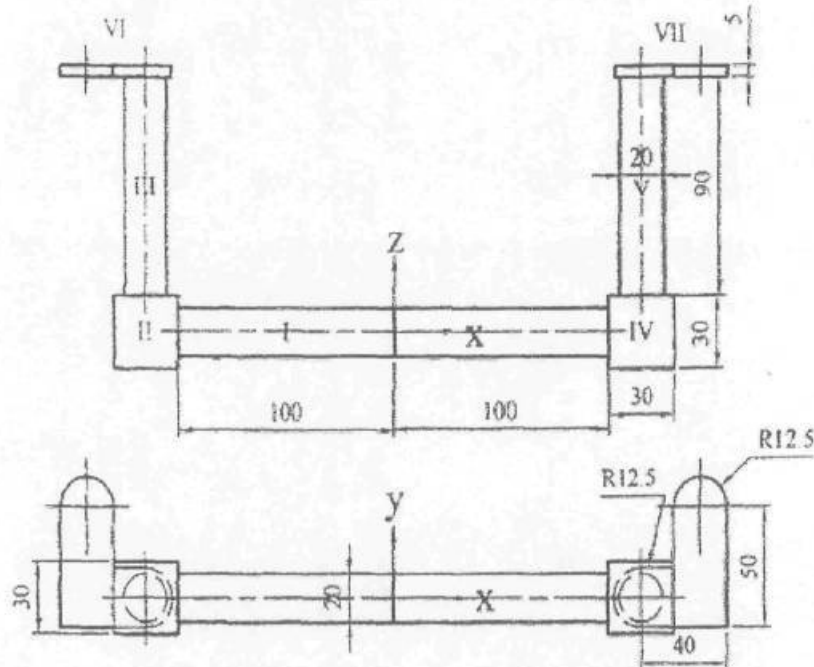


4. PERENCANAAN DAN PERHITUNGAN

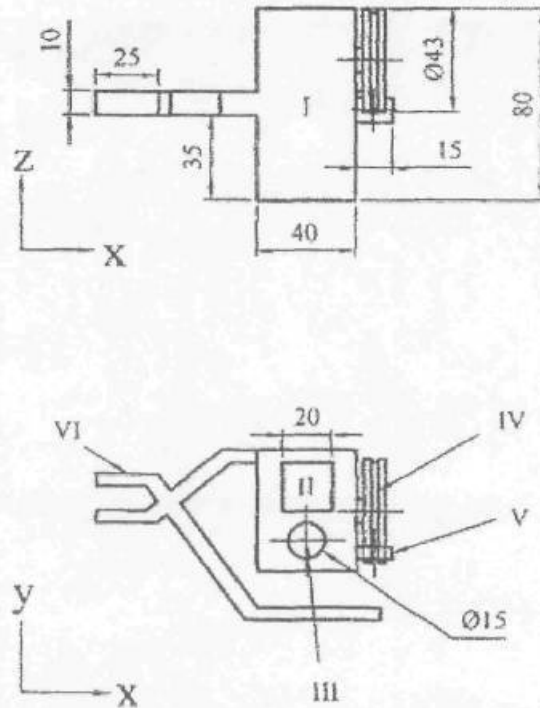
4.1 Gaya Berat dan Letak Titik Berat



Gambar 4.1 Mekanisme A

Tabel 4.1 Perhitungan Titik Berat Mekanisme A

No	Volume (mm ³)	x (mm)	y (mm)	z (mm)	xV (mm ⁴)	yV (mm ⁴)	zV (mm ⁴)
I	62831,9	0	0	0	0	0	0
II	27000	-115	0	0	-3105000	0	0
III	15904,3	-115	0	60	-1828994,5	0	954258
IV	27000	115	0	0	-3105000	0	0
V	15904,3	115	0	60	1828994,5	0	954258
VI	10579,38	-137,5	12,3	2,5	-1454353,6	130648,7	26448,46
VII	10579,38	137,5	12,3	2,5	1454353,6	130648,7	26448,46
Σ	169799,3	0	1,5	24,5	0	261311,14	4183087



Gambar 4.2 Mekanisme B (sisi kanan)

Tabel 4.2 Perhitungan Titik Berat Mekanisme B (sisi kanan)

No	Volume (mm ³)	x (mm)	y (mm)	z (mm)	xV (mm ⁴)	yV (mm ⁴)	zV (mm ⁴)
I	160000	115	15	60	18400000	240000	960000
II	-50000	115	22,5	60	-5750000	-1125000	-3000000
III	-14137,2	115	0	60	-1625778	0	-848232
IV	20805,2	-142,5	12,5	72,5	-2964741	260065	1508377
V	430,337	142,5	-5	50	61327,8	-2151,85	21518,5
VI	9000	78,5	24,1	50	706250	216875	450000
Σ	126098,4	70	13,9	61,3	8827058,8	1749788,15	7731663,5

Mekanisme A.

Volume = 169799,3 mm³

Massa = 1,34 kg

Berat = 13,15 N

Letak = x : 0

$$y : 1,5$$

$$z : 24,5$$

Mekanisme B

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= (126098,4 \times 2) \text{ mm}^3 \\ &= 252196,8 \text{ mm}^3\end{aligned}$$

$$\text{Massa} = 1,98 \text{ kg}$$

$$\text{Berat} = 19,43 \text{ N}$$

$$\text{Letak} = x : 0$$

$$y : 13,9$$

$$z : 61,3$$

Tabel 4.3 Perhitungan Titik Berat Mekanisme A dan B

No	Volume (mm ³)	x (mm)	y (mm)	z (mm)	xV (mm ⁴)	yV (mm ⁴)	zV (mm ⁴)
A	169799,3	0	1,5	24,5	0	261311,18	4183087
B ₁	126098,4	70	13,9	61,3	8827058,8	1749788,15	7731663,5
B ₂	126098,4	-70	13,9	61,3	-8827058,8	1749788,15	7731663,5
Σ	421996,1	0	8,9	46,6	0	3760887,48	19646414

Total mekanisme A dan B.

$$\text{Volume} = 421996,1 \text{ mm}^3$$

$$\text{Massa} = 3,32 \text{ kg}$$

$$\text{Berat} = 32,58 \text{ N}$$

$$\text{Letak} = x : 0$$

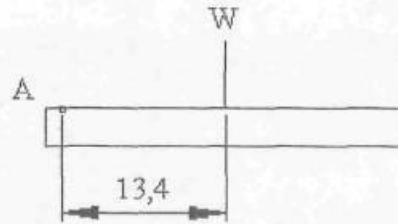
$$y : 8,9$$

$$z : 46,6$$

Letak gaya berat dipindah ke arah z sejauh 13,4 mm sehingga pada titik A terjadi :

$$F_A = 32,58 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}M_x &= 32,58 \text{ N} \times 13,4 \text{ mm} \\ &= 436,6 \text{ Nmm.}\end{aligned}$$



Gambar 4.3 Perpindahan Gaya Berat Mekanisme Total Arah z

Kemudian gaya pada titik A dirubah menjadi dua buah gaya yang sama besarnya sejauh $x = 60$ dan $x = -60$. Sehingga pada titik B dan C terjadi :

$$F_B + F_C = F_A$$

$$F_B = F_C = 32,58 : 2$$

$$F_B = F_C = 16,29 \text{ N}$$

Pada titik B :

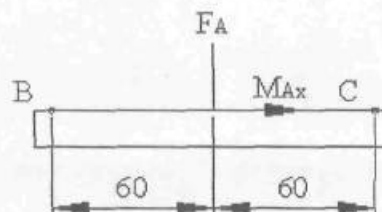
$$F_B = 16,29 \text{ N}$$

$$M_x = 436,6 \text{ Nmm}$$

Pada titik C :

$$F_c = 16,29 \text{ N}$$

$$M_x = 436,6 \text{ Nmm}$$



Gambar 4.4 Perpindahan Gaya Mekanisme Total Arah x

4.2 Pneumatik

4.2.1 Analisa Pneumatik A

Diketahui :

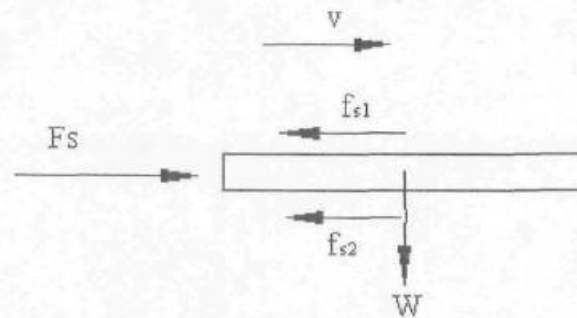
$$\text{Maksimum tumpukan plat (z)} = 100 \text{ buah}$$

$$\text{Volume plat (V)} = 10000 \text{ mm}^3$$

$$\text{Massa jenis plat (p)} = 7860 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Koefisien gesek } (\mu_s) = 0,6$$

Gaya gravitasi (g)	= 9,81 m/s ²
Tekanan kerja (P)	= 5 bar
Kecepatan (v)	= 0,4 m/s ²
Percepatan (a)	= konstan
Panjang <i>Cushion</i> (s)	= 0,018 m
Efisiensi silinder (η)	= 0,7



Gambar 4.5 Free Body Diagram Silinder A

Gaya gesek yang terjadi pada saat plat akan mulai bergerak :

$$f_{s1} = z \cdot V \cdot \rho \cdot g \cdot \mu_s$$

$$f_{s1} = 99 \cdot 10^{-5} (\text{m}^3) \cdot 7860 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \cdot 9,81 \left(\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) \cdot 0,6$$

$$f_{s1} = 45,80 (\text{N})$$

$$f_{s2} = z \cdot V \cdot \rho \cdot g \cdot \mu_s$$

$$f_{s2} = 100 \cdot 10^{-5} (\text{m}^3) \cdot 7860 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \cdot 9,81 \left(\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) \cdot 0,6$$

$$f_{s2} = 46,26 (\text{N})$$

Gaya minimal yang dibutuhkan silinder A :

$$\Sigma F = m \cdot a$$

$$F_s - f_{s1} - f_{s2} = m \cdot \frac{v^2}{2 \cdot s}$$

$$F_s - 45,80 (\text{N}) - 46,26 (\text{N}) = 7,86 (\text{kg}) \cdot \frac{0,4^2 \left(\frac{\text{m}}{\text{s}} \right)}{2 \cdot 0,018 (\text{m})}$$

$$F_s = 126,99 (\text{N})$$

Diameter minimum silinder A dapat dicari dengan melihat lampiran 6 atau menggunakan rumus 2.3 :

$$F = 0,1 \cdot \eta \cdot P \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

$$126,99(\text{N}) = 0,1 \cdot 0,7 \cdot 5(\text{bar}) \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

$$d = 21,49(\text{mm})$$

Dipilih silinder pneumatik merk Bosch DIN ISO 6431 dengan *bore size* 32 mm dan *stroke* 100 mm, *double-acting cylinder with stroke cushioning at both ends and proximity switching*.

Dengan pemilihan silinder diatas, konsumsi udara dapat ditentukan dengan melihat lampiran 7.

Konsumsi udara = 1,4 liter/menit (*double stroke*)

Rencana : 1 menit = 100 cycle

Konsumsi udara (100 x 1,4) = 140 liter/menit

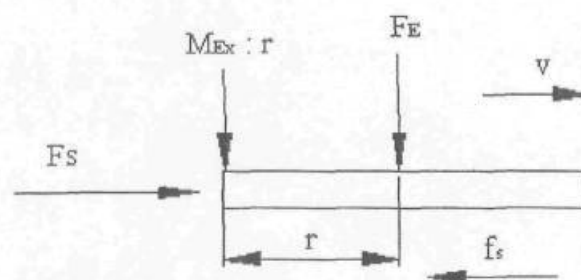
Rugi-rugi aliran (20% x 140) = 28 liter/menit

Total aliran udara yang diperlukan = 140 + 28

= 168 l/min

Dipilih DCV 5/2 merk Bosch menggunakan pengendali elektrik dengan kapasitas 500 l/min.

4.2.2 Analisa Pneumatik B



Gambar 4.6 Free Body Diagram Silinder B

Diketahui :

$$F_E = F_F = 16,29 \text{ N}$$

$$M_{Ex} = M_{Fx} = 436,6 \text{ Nmm}$$

Tekanan kerja (P)	= 5 bar
Koefisien gesek (μ_s)	= 0,6
Gaya gravitasi (g)	= 9,81 m/s ²
Kecepatan (v)	= 0,4 m/s ²
Percepatan (a)	= konstan
Panjang <i>Cushion</i> (s)	= 0,018 m
Efisiensi silinder (η)	= 0,7

Gaya gesek yang terjadi saat mekanisme akan mulai bergerak :

$$f_s = \left(F_E + \frac{M_{Ex}}{r} \right) \cdot \mu_s \cdot 2$$

$$f_s = \left(16,29(\text{N}) + \frac{436,6(\text{Nmm})}{40(\text{mm})} \right) \cdot 0,6 \cdot 2$$

$$f_s = 32,65(\text{N})$$

Gaya minimal yang dibutuhkan silinder B :

$$\Sigma F = m \cdot a$$

$$F_s - f_s = m \cdot \frac{v^2}{2 \cdot s}$$

$$F_s - 32,65(\text{N}) = 3,32(\text{kg}) \cdot \frac{0,4\left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2 \cdot 0,018(\text{m})}$$

$$F_s = 47,41(\text{N})$$

Diameter minimum silinder B dapat dicari dengan melihat lampiran 6 atau dengan rumus 2.3 :

$$F_s = 0,1 \cdot \eta \cdot P \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

$$47,41(\text{N}) = 0,1 \cdot 0,7 \cdot 5(\text{bar}) \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

$$d = 13,2(\text{mm})$$

Dipilih silinder pneumatik merk Bosch DIN ISO 6431 dengan *bore size* 32 mm dan *stroke* 100 mm, *double-acting cylinder with stroke cushioning at both ends and proximity switching*. Dengan pemilihan silinder diatas, konsumsi udara dapat ditentukan dengan melihat lampiran 7.

Konsumsi udara = 1,4 liter/menit (*double stroke*)

Rencana : 1 menit = 100 *cycle*

Konsumsi udara (100 x 1,4) = 140 liter/menit

Rugi-rugi aliran (20% x 140) = 28 liter/menit

Total aliran udara yang diperlukan = 140 + 28
= 168 l/min

Dipilih DCV 5/2 merk Bosch menggunakan pengendali elektrik dengan kapasitas 500 l/min.

Dengan diameter silinder 32 mm maka gaya maju silinder menjadi :

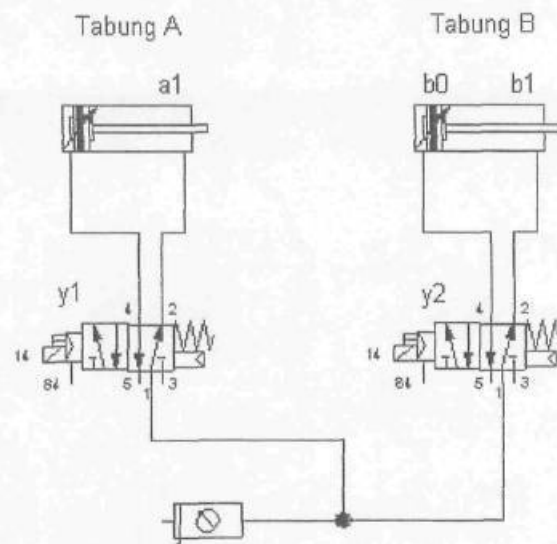
$$F_s = 0,1 \cdot \eta \cdot P \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

$$F_s = 0,1 \cdot 0,7 \cdot 5(\text{bar}) \cdot \frac{\pi \cdot 32(\text{mm})^2}{4}$$

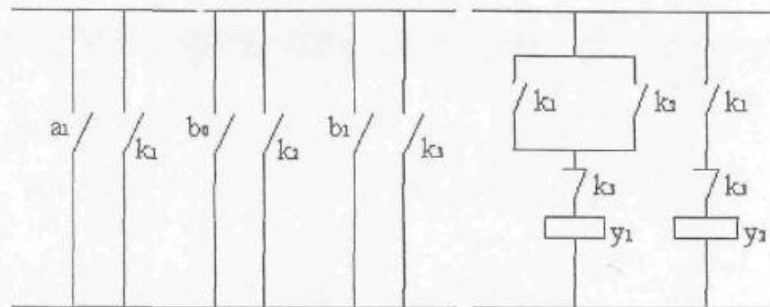
$$F_s = 281,4\text{N}$$

4.2.3 Relai

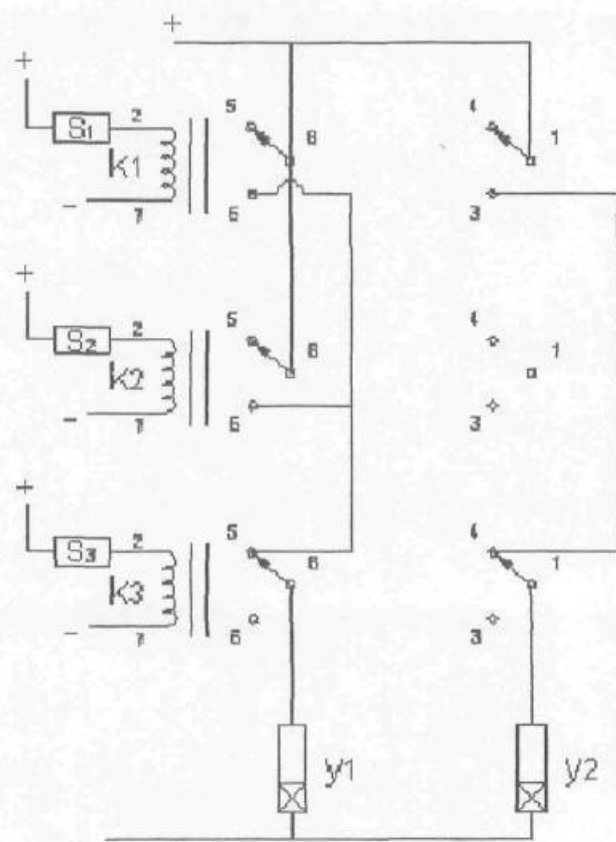
Relai digunakan untuk mengatur arah aliran udara pada valve. Gambar rangkaian relai dapat dilihat pada gambar 4.9. Tipe relai yang digunakan adalah Omron 230 VAC dengan dua *output*.



Gambar 4.7 Rangkaian Elektro Pneumatik



Gambar 4.8 Konstruksi Relai



Gambar 4.9 Rangkaian Relai

Keterangan :

$S_1 - S_3$ = Sensor 1 – sensor 3

$k_1 - k_3$ = Kumparan relai 1 – Kumparan relai 3

y_1, y_2 = Solenoid valve 1 dan solenoid valve 2

4.2.4 Biaya Investasi Pneumatik

Total biaya untuk investasi pneumatik dapat dilihat pada tabel 4.4 berikut ini :

Tabel 4.4 Biaya Investasi Pneumatik

No	Deskripsi	Jumlah	Harga per unit	Total (SGD)
1	Round Cylinder D/A, Cushion, proximity, 32 x 100, G 1/8	2	103.76	207.52
2	Sensor	3	21.73	65.19
3	Clam Bracket	3	5.66	16.98
4	Solenoid Valve 5/2, 220 VAC, G 1/8	2	64.02	128.04
5	Socket	2	2.14	4.28
6	FR, NL, G 1/8	1	42.07	42.07
7	Speed Control G 1/8	4	9.97	39.88
8	Fitting G 1/8 dia 6	8	2.02	16.16
9	Silencer G 1/8	4	2.17	8.68
Total Biaya				528.80

4.3 Steel Wire Rope

Untuk mencari besar diameter SWR terlebih dahulu perlu memindahkan gaya berat mekanisme A ke batang yang mengalami gesekan. Setelah itu baru dapat dicari gaya yang bekerja pada SWR.

$$\text{Volume mekanisme A} = 169799,3 \text{ mm}^3$$

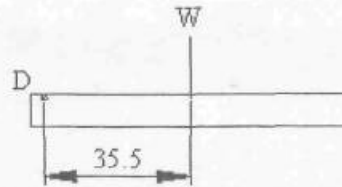
$$\text{Massa} = 1,34 \text{ kg}$$

$$\text{Berat} = 13,15 \text{ N}$$

$$\text{Letak} = x : 0$$

$$y : 1,5$$

$$z : 24,5$$



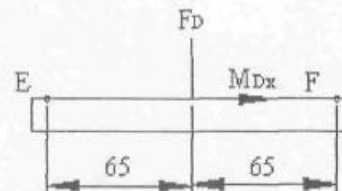
Gambar 4.10 Perpindahan Gaya Berat Mekanisme A Arah z

Letak gaya berat dipindah ke arah z sejauh 35,5 mm sehingga pada titik D terjadi :

$$F_D = 13,15 \text{ (N)}$$

$$\begin{aligned} M_x &= 13,15 \text{ (N)} \times 35,5 \text{ (mm)} \\ &= 466,825 \text{ (Nmm)}. \end{aligned}$$

Kemudian gaya pada titik D dirubah menjadi dua buah gaya yang sama besarnya sejauh $x = 65$ dan $x = -65$.



Gambar 4.11 Perpindahan Gaya Mekanisme A Arah x

Sehingga pada titik E dan F terjadi :

$$F_E + F_F = F_D$$

$$F_E = F_F = 13,15 \text{ (N)} : 2$$

$$F_E = F_F = 6,575 \text{ (N)}$$

Pada titik E :

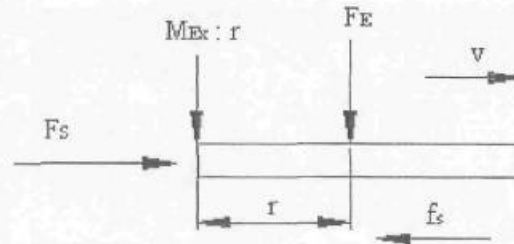
$$F_E = 6,575 \text{ (N)}$$

$$M_x = 233,53 \text{ (Nmm)}$$

Pada titik F :

$$F_F = 6,575 \text{ (N)}$$

$$M_x = 233,53 \text{ (Nmm)}$$



Gambar 4.12 Free Body Diagram Mekanisme A

Gaya gesek yang terjadi :

$$f_k = \left(F_E + \frac{M_{Ex}}{r} \right) \cdot \mu_k \cdot 2$$

$$f_k = \left(6,575(\text{N}) + \frac{33,53(\text{Nmm})}{45(\text{mm})} \right) \cdot 0,4 \cdot 2$$

$$f_k = 5,86(\text{N})$$

Gaya yang bekerja pada SWR adalah resultan dari gaya silinder dan gaya gesek yaitu :

$$F_{\text{SWR}} = F_s - 2 \cdot f_k$$

$$F_{\text{SWR}} = 281,4(\text{N}) - 2 \cdot 5,86(\text{N})$$

$$F_{\text{SWR}} = 269,68(\text{N})$$

Jumlah tekukan dari SWR yang direncanakan = 2 sehingga perbandingan diameter pulley dengan diameter SWR seperti pada tabel 2.1 adalah :

$$\frac{D_{\text{pulleymin}}}{d_{\text{SWR}}} = 20$$

Diameter SWR :

$$A = \frac{F_{\text{SWR}}}{\frac{\sigma_B}{K} - \frac{d}{D_{\min}} \cdot 50000}$$

$$\frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{269,68(\text{kg})}{\frac{15000 \left(\frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} \right)}{3} - \frac{1}{20} \cdot 50000}$$

$$d = 1,2(\text{mm})$$

Digunakan SWR dengan diameter 2 mm sehingga angka keamanan menjadi 4,4.

4.4 Pulley

Untuk menghitung diameter pulley menggunakan rumus perbandingan diameter pulley dengan diameter SWR :

$$\frac{D_{\text{pulleymin}}}{d_{\text{SWR}}} = 20$$

$$\frac{D_{\text{pulleymin}}}{2(\text{mm})} = 20$$

$$D_{\text{pulleymin}} = 40(\text{mm})$$

4.5 Pegas

Pegas direncanakan sebagai berikut :

- Gaya tekan = 50 N
- Jenis = pegas tekan
- Jumlah (z) = 1 buah
- Syp = 1500 N/mm²
- Ssyp = 870 N/mm²

Agar disain atau dimensi pegas sesuai dengan yang dikehendaki, pada perencanaan pegas ini memiliki harga-harga awal yang ditentukan sebagai berikut :

- Diameter rata-rata lilitan (D) = 15 mm
- Panjang bebas (H_f) = 35 mm
- Panjang awal terpasang (H_s) = 30 mm
- Defleksi maksimum (δ) = 6 – 10 mm

Harga-harga tersebut akan diperiksa agar tidak terjadi tekukan jika pegas dibebani. Syarat agar tidak terjadi tekukan pada pegas adalah :

$$\frac{H_f}{D} < 4$$

$$\frac{35(\text{mm})}{15(\text{mm})} < 4$$

$$2,33 < 4$$

sehingga memenuhi syarat.

Untuk menghitung dimensi pegas, maka gaya tekan yang diperlukan harus 20% lebih besar, yang dapat disebut sebagai gaya penekan maksimum. Besarnya gaya penekan maksimum (F_p) adalah :

$$F_p = 1,2 \cdot F_a$$

$$F_p = 1,2 \cdot 50(\text{N})$$

$$F_p = 60(\text{N})$$

4.5.1 Diameter Kawat Pegas

Diameter kawat pegas (d) dihitung dengan rumus :

$$d = \frac{D}{c}$$

di mana : c (index pegas) = 7,5

$$d = \frac{15(\text{mm})}{7,5}$$

$$d = 2(\text{mm})$$

Diameter kawat pegas telah sesuai dengan standar, selanjutnya akan diperiksa terhadap kekuatan bahan pegas.

Faktor tegangan Wahl (K) :

$$K = \frac{4 \cdot c - 1}{4 \cdot c - 4} + \frac{0,615}{c}$$

$$K = \frac{4 \cdot 7,5 - 1}{4 \cdot 7,5 - 4} + \frac{0,615}{7,5}$$

$$K = 1,19$$

Tegangan maksimum yang terjadi pada permukaan dalam pegas “

$$\tau = K \cdot \frac{8 \cdot D \cdot F_p}{\pi \cdot d^3}$$

$$\tau = 1,19 \cdot \frac{8 \cdot 15(\text{mm}) \cdot 60(\text{N})}{\pi \cdot 2(\text{mm})^3}$$

$$\tau = 340,9 \left(\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right)$$

Tegangan maksimum bahan yang dapat dipakai adalah sebesar 80%.

Syarat agar pegas aman :

$$\tau \leq S_{\text{symp}}'$$

$$340,9 \left(\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right) \leq 0,8 \cdot 870 \left(\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right)$$

$$340,9 \left(\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right) \leq 696 \left(\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right)$$

Pegas aman, maka diameter kawat pegas dapat digunakan.

4.5.2 Jumlah Lilitan Kawat Pegas

Jumlah lilitan kawat pegas (n) dihitung dengan rumus :

$$n = \frac{\delta \cdot d^4 \cdot G}{8 \cdot D^3 \cdot F_p}$$

$$n = \frac{10(\text{mm}) \cdot 2(\text{mm})^4 \cdot 80000 \left(\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right)}{8 \cdot 15(\text{mm})^3 \cdot 60(\text{N})}$$

$$n = 7,91 \text{ lilitan}$$

Diambil jumlah lilitan aktif, $n' = 7$ lilitan.

Jumlah lilitan aktif tersebut diperiksa dengan cara menghitung defleksi total (δ_t) yang terjadi yaitu :

$$\delta_t = \delta \cdot \frac{n'}{n}$$

$$\delta_t = 10(\text{mm}) \cdot \frac{7}{7,91}$$

$$\delta_t = 8,85 \text{ mm}$$

Harga defleksi total tersebut memenuhi syarat, karena defleksi yang direncanakan antara 6 – 10 mm. Dengan demikian jumlah lilitan aktif dapat digunakan.

4.5.3 Konstanta Pegas

Konstanta pegas (k) dapat dihitung dengan rumus :

$$k = \frac{F_p}{\delta_t}$$

$$k = \frac{60(\text{N})}{8,85(\text{mm})}$$

$$k = 6,8 \left(\frac{\text{N}}{\text{mm}} \right)$$

4.5.4 Pemeriksaan Panjang Pegas Terhadap Defleksi

Defleksi aktif (δ_E) yang terjadi pada pegas :

$$\delta_E = \delta_t - (H_f - H_s)$$

$$\delta_E = 8,85(\text{mm}) - (35 - 30)(\text{mm})$$

$$\delta_E = 3,85(\text{mm})$$

Panjang pegas saat beban maksimum terjadi (H_l) adalah :

$$H_l = H_s - \delta_E$$

$$H_l = 30(\text{mm}) - 3,85(\text{mm})$$

$$H_l = 26,15(\text{mm})$$

Panjang pegas saat beban maksimum terjadi (H_l) tidak boleh lebih kecil dari panjang pegas saat mampat (H_E), karena pegas tidak dapat berfungsi saat beban maksimum terjadi. Panjang pegas saat mampat dapat dicari sebagai berikut :

Jika jumlah lilitan mati pada ujung-ujung pegas direncanakan satu lilitan, maka jumlah lilitan total pegas harus ditambah dengan harga dua. Jadi total lilitan pegas (N) adalah :

$$N = n' + 2$$

$$N = 7 + 2$$

$$N = 9 \text{ lilitan}$$

Panjang pegas saat mampat atau panjang mati pegas :

$$H_E = d \cdot N$$

$$H_E = 2(\text{mm}) \cdot 9$$

$$H_E = 18(\text{mm})$$

Panjang pegas saat beban maksimum terjadi lebih besar dari panjang pegas saat mampat.

4.5.5 Dimensi Pegas Tekan

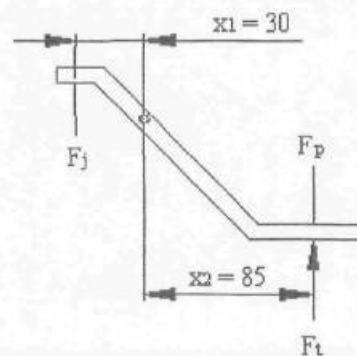
Dimensi pegas tekan yang dipergunakan hasil dari analisa di atas adalah sebagai berikut :

- Diameter kawat pegas (d) = 2 mm
- Diameter rata-rata lilitan (D) = 15 mm
- Konstanta pegas (k) = 6,8 N/mm

- Jumlah lilitan aktif (n') = 7 lilitan
- Jumlah lilitan total (N) = 9 lilitan
- Panjang bebas (H_f) = 35 mm
- Panjang awal terpasang (H_s) = 30 mm
- Panjang saat beban max (H_l) = 26,15 mm
- Panjang saat mampat (H_E) = 18 mm
- Defleksi maksimum (δ) = 6 – 10 mm
- Defleksi efektif (δ_E) = 3,85 mm
- Defleksi total (δ_t) = 8,85 mm

4.6 Gaya Penjepit

Diagram gaya yang terjadi pada penjepit plat dapat dilihat pada gambar 4.13.



Gambar 4.13 Diagram Gaya Penjepit

Gaya untuk menjepit plat merupakan resultan dari gaya tegang tali dan gaya pegas dengan jarak tertentu.

$$F_j \cdot x_1 = (F_t - F_p) \cdot x_2$$

di mana : F_j = Gaya untuk menjepit plat

F_t = Gaya tegang tali = 269,68 N

F_p = Gaya pegas = 60 N

Maka : $F_j \cdot 30(\text{mm}) = (269,68 - 60)(\text{N}) \cdot 85(\text{mm})$

$$F_j = 594,1(\text{N})$$

Dengan gaya tersebut, perlu diperiksa kekuatan plat agar tidak rusak.

Diketahui : $S_{syp} = 167,96 \text{ N/mm}^2$

$$n = 2,5$$

Luas penampang gaya jepit :

$$A = 15(\text{mm}) \cdot 5(\text{mm})$$

$$A = 75\text{mm}^2$$

Agar plat tidak rusak :

$$\frac{F_j}{A} \leq \frac{S_{syp}}{n}$$

$$\frac{594,1(\text{N})}{75(\text{mm})} \leq \frac{167,96(\text{N/mm})}{2,5}$$

$$7,92(\text{N/mm}) \leq 67,2(\text{N/mm})$$

Jadi plat tidak rusak dengan gaya jepit 594,1 N.