

BAB V

PERENCANAAN SISTEM PENGGERAK TORCH

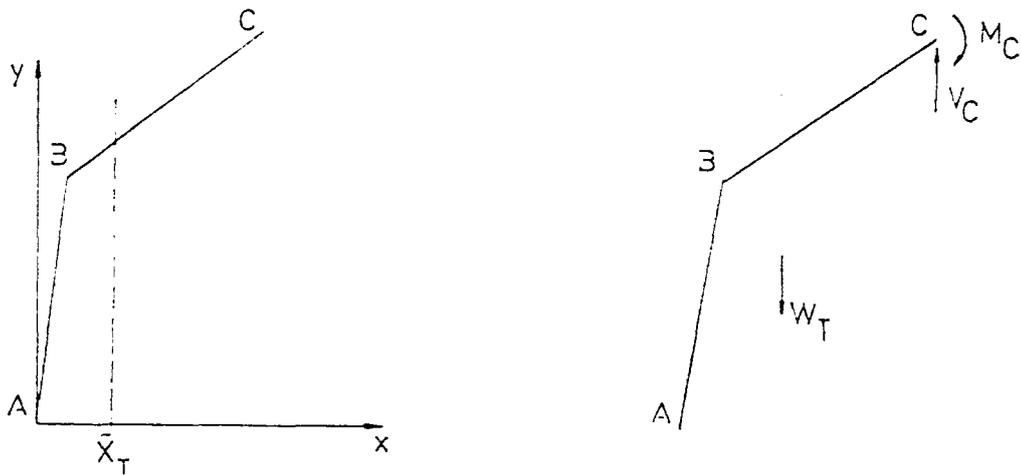
1. ANALISA GAYA SISTEM LENGAN

1.1 Analisa Gaya pada Saat Lengan Membentuk Sudut

Sistem lengan yang menggerakkan *torch* las minimum harus membentuk 55° dari arah horisontal. Panjang lengan horisontal dibuat 450 mm dan tinggi lengan vertikal/kolom 460 mm, kesemuanya direncanakan terbuat dari pipa kotak 40 mm \times 40 mm dengan tebal 1,5 mm. Hal ini disesuaikan dengan peralatan penunjang yang lain. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 2.2. Analisa gaya dilakukan pada tiap-tiap bagian, seperti berikut ini.

1.1.1. *Torch* Las

Torch las yang digunakan adalah *torch* tipe YT - 201 CC yang mempunyai bentuk dan ukuran tertentu. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 5.1. Berat dari *torch* \pm 2,9 kg namun dalam perhitungan diambil 3 kg. Untuk perhitungan *torch* diasumsikan sebagai batang sehingga titik berat didapatkan sebesar 68,6254 mm dari titik pusat dan gaya-gayanya dapat dihitung dengan :



gambar 5.1 Torch Las

- Jumlah momen di titik C

$$\Sigma M_C = 0$$

$$- W_T \cdot X_{TC} + M_C = 0$$

$$- 3 \cdot (186,1153 - 68,6254) + M_C = 0$$

$$M_C = 352,4697 \text{ kg.mm} \curvearrowright$$

- Jumlah momen di titik A

$$\Sigma M_A = 0$$

$$W_T \cdot X_{TA} + M_C - V_C \cdot X_{CA} = 0$$

$$3 \cdot 68,6254 + 352,4697 - V_C \cdot 186,1153 = 0$$

$$V_C = 3 \text{ kg} \uparrow$$

- Jumlah gaya dalam arah vertikal untuk pengecekan

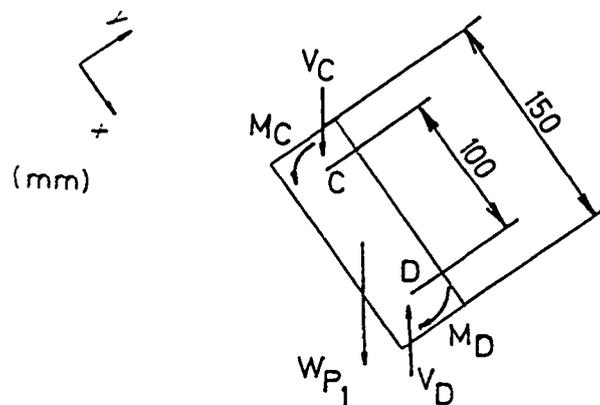
$$\Sigma V = 0$$

$$-W_T + V_C = -3 + 3 = 0 \quad (\text{ok})$$

Dari perhitungan pada *torch* gaya yang terjadi pada titik C adalah gaya vertikal ke atas sebesar 3 kg dan momen sebesar 352,4697 kg searah jarum jam.

1.1.2. Plat Pencekam

Untuk selanjutnya analisa pada bagian yang memegang *torch* yang terbuat dari plat strip. Pada bagian ini terdiri dari 2 plat dengan panjang 150 mm dan 1 plat dengan panjang 40 mm (gambar 5.2). Plat strip yang digunakan dengan ukuran 4,5 mm × 50 mm dengan demikian total beratnya 0,6007 kg.



gambar 5.2 Plat Pencekam

$$2 \text{ plat} : 2 \times 4,5 \times 50 \times 150 = 0,5300 \text{ kg}$$

$$1 \text{ plat} : 1 \times 4,5 \times 50 \times 40 = 0,0707 \text{ kg}$$

Untuk titik beratnya terhadap x adalah 66,4412 mm.

batang	panjang	x	xL
AB	150	75,00	11250
BC	40	2,25	90
CD	150	75,00	11250
	$\Sigma = 340$		$\Sigma = 12345$

- Jumlah momen di titik D

$$\Sigma M_D = 0$$

$$-M_C - V_C \cdot X_{CD} \cdot \cos \theta - W_{P1} \cdot X_{P1D} \cdot \cos \theta + M_D = 0$$

$$-352,4697 - 3 \cdot 100 \cdot \cos 60,7674^\circ - 0,6007 \cdot (150 - 66,4412 - 25) \cdot \cos 60,7674^\circ + M_D = 0$$

$$M_D = 516,1551 \text{ kg.mm} \quad \checkmark$$

- Jumlah momen di titik C

$$\Sigma M_C = 0$$

$$-M_C + W_{P1} \cdot X_{P1C} \cdot \cos \theta - V_D \cdot X_{DC} \cos \theta + M_D = 0$$

$$-352,4697 + 0,6007 (66,4412 - 24) \cdot \cos 60,7674^\circ - V_D \cdot 100 \cdot \cos 60,7674^\circ + 516,1551 = 0$$

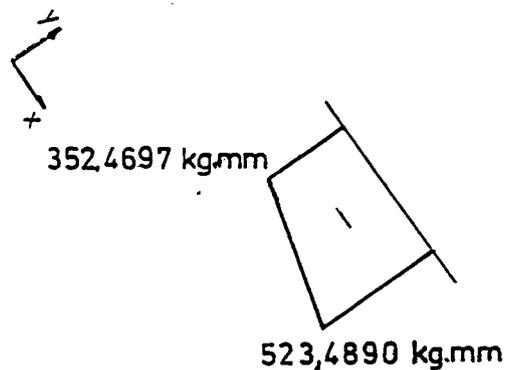
$$V_D = 3,6007 \text{ kg} \quad \uparrow$$

- Jumlah gaya dalam arah vertikal

$$\Sigma V = 0$$

$$-V_C - W_{P1} + V_D = -3 - 0,6007 + 3,6007 = 0 \quad (\text{ok})$$

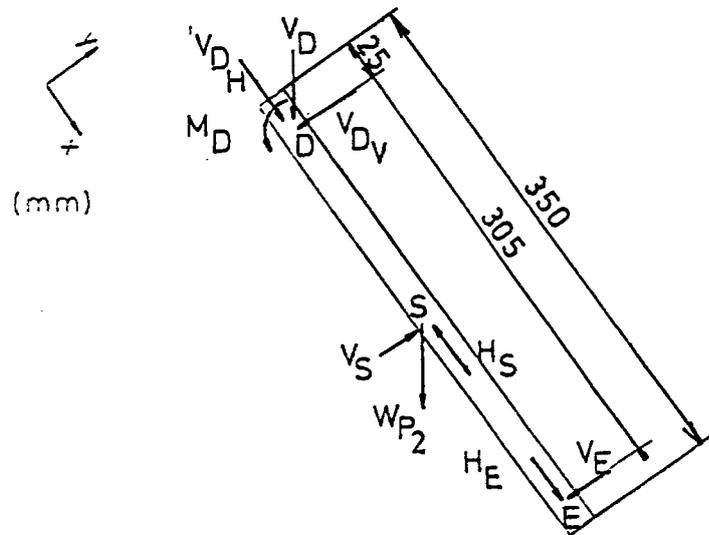
Dari perhitungan pada bagian ini maka gaya yang dihasilkan merupakan gaya vertikal ke atas sebesar 3,6007 kg dan momen sebesar 526,1551 kg.mm searah jarum jam. Kemudian dari hasil yang didapatkan dapat digambarkan diagram bidang momen.(gambar 5.3)



gambar 5.3 Diagram Momen Plat Pencekam

1.1.3. Lengan Horisontal

Selanjutnya dilakukan analisa gaya pada pipa kotak 40 mm × 40 mm dengan tebal 1,5 mm yang merupakan lengan horisontal. Panjang pipa kotak adalah 350 mm dengan berat 0,777 kg. Di ujung pipa kotak diberi lubang-lubang untuk penyetelan posisi torch sedang ujung lainnya terdapat engsel. Pada jarak 150 mm dari engsel dipasang sistem pneumatik untuk mengangkat dan menurunkan lengan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 5.4. Analisa dilakukan pada titik E dan S.



gambar 5.4 Lengan

- Jumlah momen di titik E

$$\Sigma M_E = 0$$

$$-M_D - V_D \cos \theta \cdot X_{DE} - W_{P2} \cdot \cos \theta \cdot X_{P2E} + V_S \cdot X_{SE} = 0$$

$$-516,1551 - 3,6007 \cdot \cos 60,7674^\circ \cdot 305 - 0,777 (175 - 20) \cdot \cos 60,7674^\circ +$$

$$V_S \cdot 150 = 0$$

$$V_S = 7,4086 \text{ kg } \uparrow$$

- Jumlah momen di titik S

$$\Sigma M_S = 0$$

$$-M_D - V_D \cdot \cos \theta \cdot X_{DS} - W_{P2} \cdot \cos \theta \cdot X_{P2S} + V_E \cdot X_{SE} = 0$$

$$-516,1551 - 3,6007 \cdot \cos 60,7674^\circ \cdot (305 - 150) - 0,7770 \cdot \cos 60,7674^\circ \cdot$$

$$(175 - 20 - 150) + V_E \cdot 150 = 0$$

$$V_E = 5,2707 \text{ kg } \downarrow$$

- Gaya resultan dan gaya horisontal di titik S

$$R_S = V_S / \sin \beta = 7,4086 / \sin 19,1882^\circ = 22,5410 \text{ kg}$$

$$H_S = R_S \cdot \cos \beta = 22,5410 \cdot \cos 19,1882^\circ = 21,2887 \text{ kg} \nearrow$$

- Jumlah gaya dalam arah vertikal

$$\Sigma V = 0$$

$$-V_D \cdot \cos \theta - W_{P2} \cdot \cos \theta + V_S - V_E = -3,6007 \cdot \cos 60,7674^\circ - 0,777 \cdot \cos 60,7674^\circ + 7,4086 - 5,2707 = 0 \quad (\text{ok})$$

- Jumlah gaya dalam arah horisontal

$$\Sigma H = 0$$

$$V_D \sin \theta + W_{P2} \cdot \sin \theta - H_S + H_E = 0$$

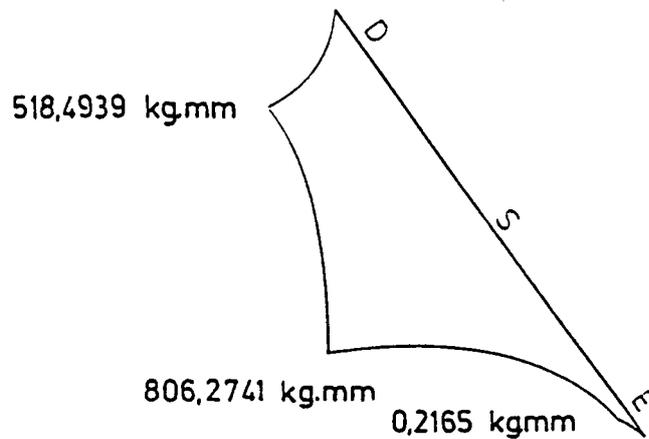
$$3,6007 \cdot \sin 60,7674^\circ + 0,7770 \cdot \sin 60,7674^\circ - 21,2887 + H_E = 0$$

$$H_E = 17,4685 \text{ kg} \searrow$$

Dari hasil perhitungan didapatkan gaya-gaya pada titik S dan E berturut-turut $H_S = 21,2887 \text{ kg}$, $V_S = 7,4086 \text{ kg}$, $H_E = 17,4685 \text{ kg}$ dan $V_E = 17,4685 \text{ kg}$. Dengan demikian gaya yang harus dihasilkan oleh pneumatik $R_S = 22,5410 \text{ kg} = 221,1272 \text{ N}$ pada tekanan 6 bar. Dari gaya serta momen hasil perhitungan maka dapat digambarkan diagram momen (gambar 5.5).

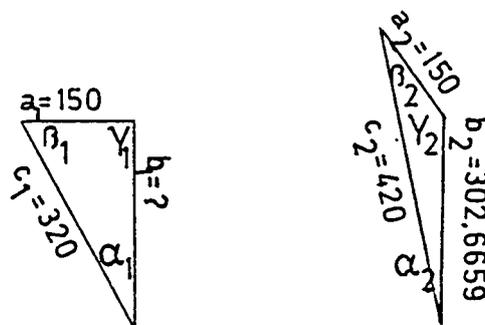
Untuk dapat menghasilkan gaya tersebut pada tekanan 6 bar dilihat dari tabel 3.18, maka diameter silinder minimal harus 25 mm. Agar lengan horisontal dapat membuka 55° , maka panjang total dari silinder pneumatik saat langkah penuh adalah 420 mm. Panjang langkah silinder pneumatik diambil sebesar 100 mm. Hal

ini disesuaikan dengan panjang silinder pneumatik. Untuk penjelasan lebih lanjut mengenai sistem pneumatik akan dijelaskan pada bab V.2.



gambar 5.5 Diagram Momen Lengan

Berat silinder pada saat langkah penuh W_s adalah 0,6768 kg. Silinder pneumatik pada posisi awal tanpa langkah panjangnya 320 mm, digambarkan secara sket (gambar 5.6).



gambar 5.6 Sket Silinder Pneumatik

Dengan rumus pythagoras maka panjang b didapatkan dengan

$$b = (c^2 - a^2)^{1/2} = (320^2 - 150^2)^{1/2} = 282,6659 \text{ mm}$$

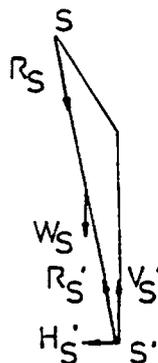
Untuk mendapatkan sudut-sudutnya dapat digunakan aturan cosinus

$$\cos \alpha = \frac{b^2 + c^2 - a^2}{2 \cdot b \cdot c} = \frac{282,6659^2 + 320^2 - 150^2}{2 \cdot 282,6659 \cdot 320}$$

$$\alpha = 27,9532^\circ$$

karena yang digunakan sebagai contoh adalah harga-harga pada gambar a, maka harga tersebut merupakan harga dari α_1 , dengan cara yang sama didapatkan $\beta_1 = 62,0468^\circ$, $\gamma_1 = 90^\circ$, $\alpha_2 = 10,0444^\circ$, $\beta_2 = 19,1882^\circ$, dan $\gamma_2 = 150,7674^\circ$.

Dengan demikian dapat dicari gaya silinder pneumatik terhadap kolom yang dapat dilihat pada gambar 5.7.



gambar 5.7 Silinder Pneumatik

- Gaya berat silinder terhadap titik S dalam arah horisontal

$$W_{SH} = W_s / \cos \alpha_2 = 0,6768 / \cos 10,0444^\circ = 0,6873 \text{ kg}$$

- Jumlah gaya dalam arah horisontal

$$\Sigma H = 0$$

$$R_s - W_{sH} - R_s' = 0$$

$$22,5410 - 0,6873 - R_s' = 0$$

$$R_s' = 23,2283 \text{ kg} \nearrow$$

- Gaya dalam arah vertikal dan horisontal di titik S'

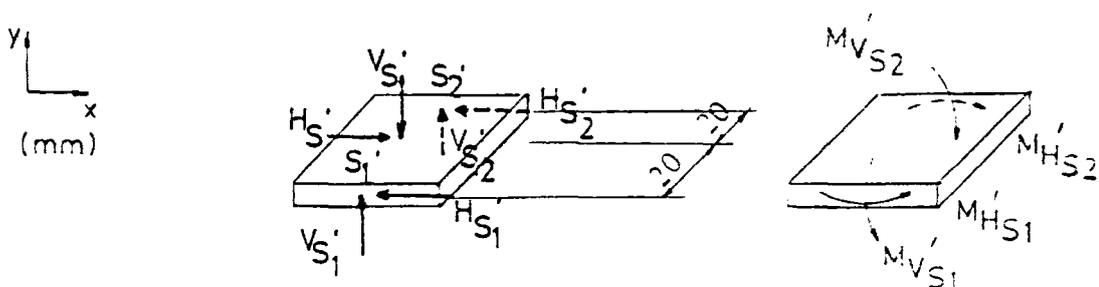
$$R_{sV} = V_s' = R_s' \cdot \sin \alpha_2 = 23,2283 \cdot \sin 10,0444^\circ = 22,8723 \text{ kg} \wedge$$

$$R_{sH} = H_s' = R_s' \cdot \cos \alpha_2 = 23,2283 \cdot \cos 10,0444^\circ = 4,0513 \text{ kg} \leftarrow$$

Beban dari pneumatik ditumpu oleh sebuah plat strip dengan ukuran $4,5 \text{ mm} \times 40 \text{ mm} \times 40 \text{ mm}$, dimana pada kedua ujungnya dilakukan pengelasan untuk menghubungkannya pada kolom.

1.1.4. Plat Penyangga

Plat ini digunakan untuk menyangga silinder pneumatik. Gaya yang bekerja pada plat ini merupakan gaya vertikal yang menekan pada plat sebesar $22,8723 \text{ kg}$ dan juga terdapat gaya horisotal sebesar $4,0513 \text{ kg}$. Gaya ini dapat dilihat dari gambar 5.8.



gambar 5.8 Plat Penyangga

- Momen bending dan gaya yang terjadi di titik S_1' dan S_2'

$$M_{VS1}' = M_{VS2}' = V_s' \cdot L / 8 = 22,8723 \cdot 40 / 8 = 114,3615 \text{ kg.mm}$$

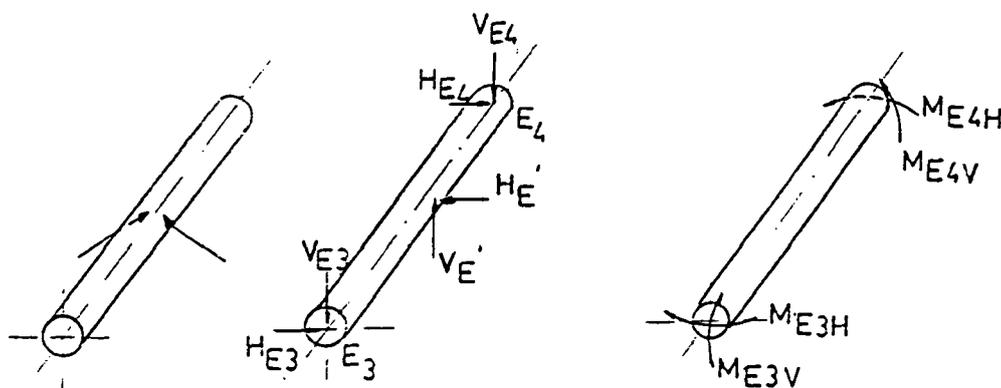
$$M_{HS1}' = M_{HS2}' = H_s' \cdot L / 8 = 4,0513 \cdot 40 / 8 = 20,2565 \text{ kg.mm}$$

dimana $V_{S1}' = V_{S2}' = 11,4362 \text{ kg} \uparrow$ dan $H_{S1}' = H_{S2}' = 2,0256 \text{ kg} \leftarrow$.

Momen yang terjadi di titik 1 dan 2 adalah sama yaitu 114,3615 kg.mm akibat gaya vertikal dan 20,2565 kg.mm akibat gaya horisontal, sedang gaya yang terjadi adalah 11,4362 kg dalam arah vertikal ke atas dan 2,0256 kg dalam arah horisontal.

1.1.5. Engsel

Gaya yang terjadi diterima oleh poros engsel. Besar gaya dan momen yang terjadi pada poros engsel dapat dilihat pada gambar 5.9.



gambar 5.9 Engsel

- Gaya yang terjadi pada poros engsel

$$V_E' = 17,8178 \text{ kg } \uparrow$$

$$H_E' = 3,9315 \text{ kg } \leftarrow$$

untuk mendapatkan besarnya momen dan gaya pada titik 3 dan 4 sama dengan cara pada plat penyangga sehingga didapatkan :

$$M_{E3V} = M_{E4V} = 17,8178 \cdot 120 / 8 = 267,267 \text{ kg.mm}$$

$$M_{E3H} = M_{E4H} = 3,9315 \cdot 120 / 8 = 58,9725 \text{ kg.mm}$$

$$M_{ER} = 273,6958 \text{ kg.mm}$$

$$V_{E3} = V_{E4} = 8,9089 \text{ kg } \uparrow$$

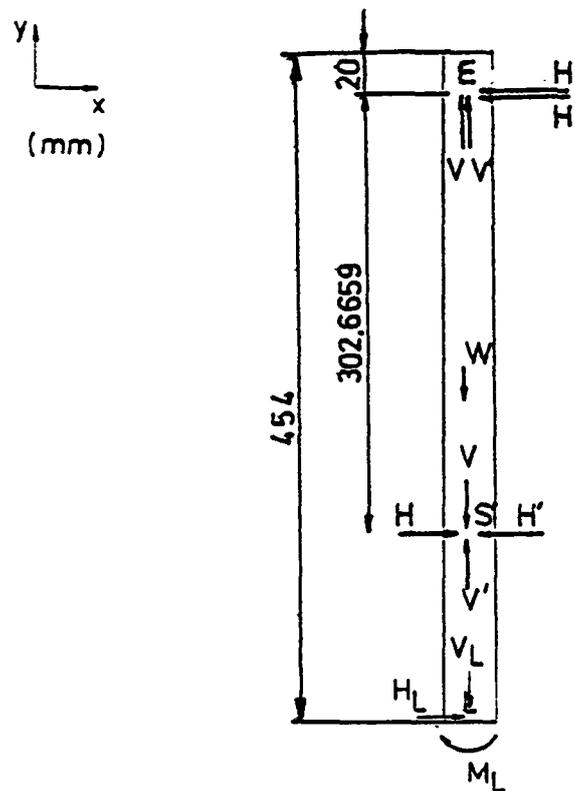
$$H_{E3} = H_{E4} = 1,9658 \text{ kg } \leftarrow$$

$$R_E = 9,1232 \text{ kg}$$

Dari hasil perhitungan didapatkan gaya vertikal ke bawah sebesar 8,9089 kg, gaya horisontal sebesar 1,9658 kg, gaya resultan 9,1232 kg, momen vertikal 267,267 kg.mm, momen horisontal 58,9725 kg.mm dan momen resultan 273,6958 kg.

1.1.6. Kolom

Kemudian dilakukan analisa gaya pada kolom yang terbuat dari pipa kotak dengan tinggi total 460 mm. Pada ujung kolom bagian atas diberi engsel dan sekitar tengahnya diberi plat untuk menyangga silinder pneumatik. Pada ujung bawah dilakukan pengelasan pada sekeliling kakinya. Maka dari gambar seperti dibawah (5.10) dilakukan analisa gaya dan momen.



gambar 5.10 Kolom

Dari analisa pada engsel maka didapat gaya $V_{E3} = V_{E4} = 8,9089 \text{ kg} \uparrow$ dan gaya $H_{E3} = H_{E4} = 1,9658 \text{ kg} \leftarrow$. Dari momen didapatkan

$$V_E' = M_{VE} / 20 = 267,267 / 20 = 13,3634 \text{ kg} \uparrow \text{ sedangkan}$$

$$H_E' = M_{HE} / 20 = 58,9725 / 20 = 2,9486 \text{ kg} \leftarrow.$$

Berat dari pipa kotak didapatkan sebesar 1,0079 kg. Sedang pada titik S' juga terdapat gaya $V_{S1}' = V_{S2}' = 11,4362 \text{ kg} \downarrow$ dan $H_{S1}' = H_{S2}' = 2,0256 \text{ kg} \rightarrow$.

Dari momen pada analisa plat penyangga didapatkan $H_S'' = 1,0128 \text{ kg} \leftarrow$ dan $V_S'' = 5,7181 \text{ kg} \uparrow$. Kemudian analisa gaya dan momen dilakukan pada titik L dan E.

- Jumlah momen di titik L

$$\Sigma M_L = 0$$

$$-H_{ET} \cdot Y_{EL} + H_{ST} \cdot Y_{S'L} + M_L = 0$$

$$-4,9144 \cdot 434 + 1,0128 \cdot (434 - 302,6659) + M_L = 0$$

$$M_L = 1999,8344 \text{ kg.mm}$$

- Jumlah momen di titik E

$$\Sigma M_E = 0$$

$$-H_{ST} \cdot Y_{ES} - H_L \cdot Y_{EL} + M_L = 0$$

$$-1,0128 \cdot 302,6659 - H_L \cdot 434 + 1999,8344 = 0$$

$$H_L = 3,9016 \text{ kg} \rightarrow$$

- Jumlah gaya dalam arah vertikal

$$\Sigma V = 0$$

$$V_{ET} - W - V_{ST} - V_L = 0$$

$$22,2723 - 1,0079 - 5,7181 + V_L = 0$$

$$V_L = 15,5463 \text{ kg} \downarrow$$

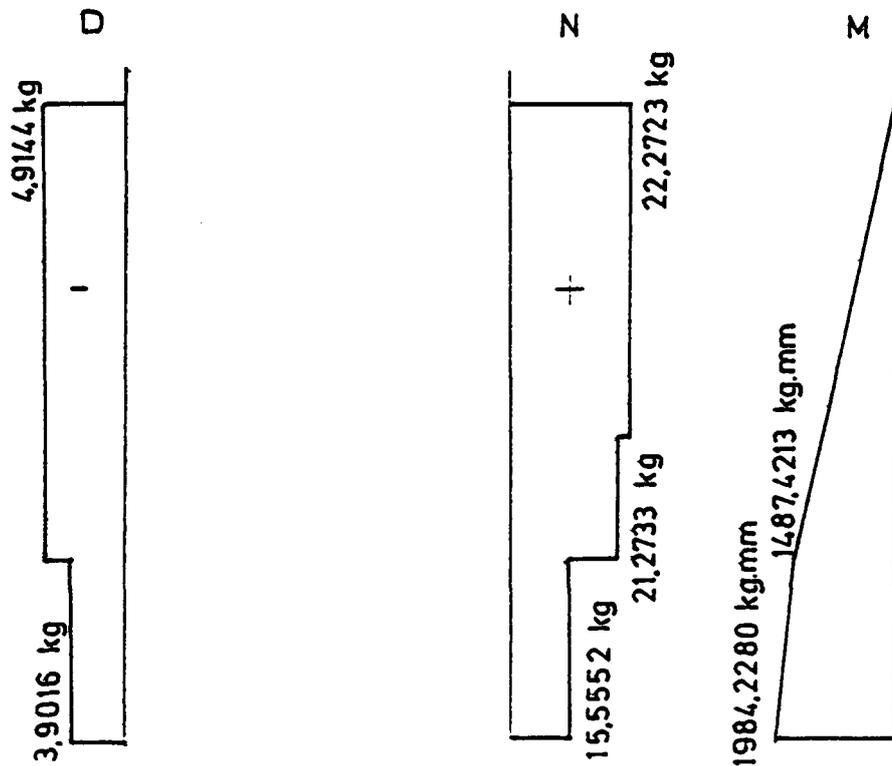
Untuk pengecekan arah horisontal

$$\Sigma H = 0$$

$$-H_E + H_{ST} + H_L = -4,9144 + 1,0128 + 3,9016 = 0 \quad (\text{ok})$$

Dari hasil perhitungan didapatkan gaya pada titik L pada arah horisontal $H_L = 3,9016 \text{ kg}$, vertikal $V_L = 15,5463 \text{ kg}$ dan momen $M_L = 1999,8344 \text{ kg.mm}$, sehingga dapat digambarkan diagram bidang gaya normal, geser dan momennya.(gambar 5.11).

Gaya beserta momen inilah yang akan digunakan untuk menentukan besar kaki las-lasan dan juga ukuran dari baut yang digunakan untuk meletakkan sistem lengan ini pada meja yang diam.



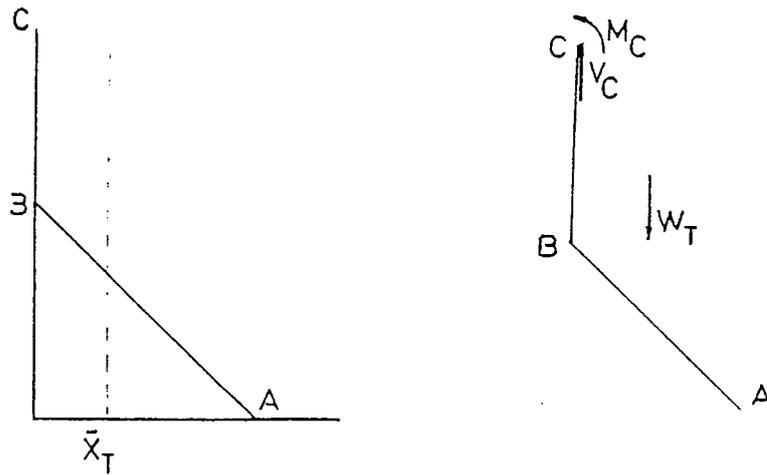
gambar 5.11 Diagram Bidang Normal N, Geser D dan Bidang Momen M

1.2 ANALISA GAYA PADA SAAT LENGAN HORIZONTAL MENDATAR

Dengan cara perhitungan yang sama pada analisa gaya saat naik atau membuat sudut, maka perhitungan pada saat lengan horisontal mendatar tidak memperhitungkan sudut kenaikan lengan.

1.2.1 Torch Las

Pada saat lengan horizontal pada posisi mendatar, titik berat *torch* berjarak $\bar{x}_T = 86,25$ mm dari titik pusat. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar dibawah ini (gambar 5.12).



gambar 5.12 Torch Las

- Jumlah momen di titik C

$$\Sigma M_C = 0$$

$$W_T \cdot X_{TC} - M_C = 0$$

$$3 \cdot 28,75 - M_C = 0$$

$$M_C = 86,25 \text{ kg.mm}$$

- Jumlah momen di titik A

$$\Sigma M_A = 0$$

$$-W_T \cdot X_{TA} - M_C + V_C \cdot X_{CA} = 0$$

$$-3 \cdot (115 - 28,75) - 86,25 + V_C \cdot 115 = 0$$

$$V_C = 3 \text{ kg } \uparrow$$

- Jumlah gaya dalam arah vertikal

$$\Sigma V = 0$$

$$-W_T + V_C = -3 + 3 = 0 \quad (\text{ok})$$

Untuk perhitungan saat lengan mendatar, gaya V_C yang terjadi adalah sama dengan lengan membentuk sudut, namun momen yang terjadi lebih kecil yaitu sebesar 86,25 kg.mm yang arahnya berlawanan dengan arah jarum jam.

1.2.2 Plat Pencekam

Untuk memudahkan analisa maka gaya-gaya yang terjadi pada plat digambarkan seperti dibawah ini (gambar 5.13).

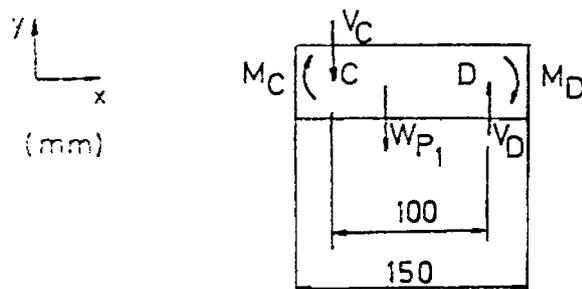
- Jumlah momen di titik D

$$\Sigma M_D = 0$$

$$-M_C - V_C \cdot X_{CD} - W_{P1} \cdot X_{PID} + M_D = 0$$

$$86,25 - 3 \cdot 100 - 0,6007 \cdot (150 - 25 - 66,4412) + M_D = 0$$

$$M_D = 248,9263 \text{ kg.mm })$$



gambar 5.13 Plat Pencekam

- Jumlah momen di titik C

$$\Sigma M_C = 0$$

$$M_C + W_{P1} \cdot X_{P1C} - V_D \cdot X_{CD} + M_D = 0$$

$$86,25 + 0,6007 \cdot (66,4412 - 25) - V_D \cdot (150 - 50) + 248,9263 = 0$$

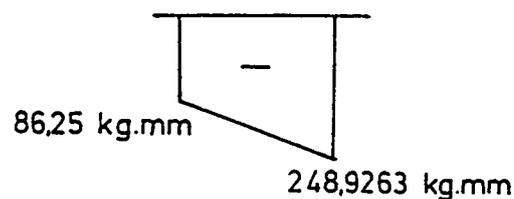
$$V_D = 3,6007 \text{ kg } \uparrow$$

- Jumlah gaya dalam arah vertikal

$$\Sigma V = 0$$

$$-V_C - W_{P1} + V_D = -3 - 0,6007 + 3,6007 = 0 \quad (\text{ok})$$

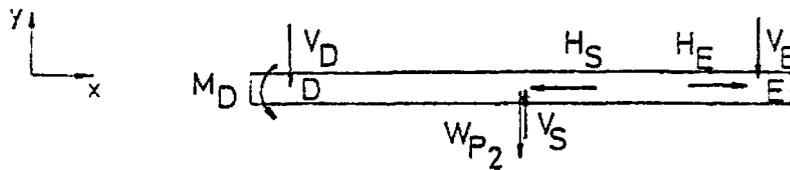
Dari hasil perhitungan maka didapatkan besar gaya vertikal ke atas $V_D = 3,6007 \text{ kg}$ dan momen M_D sebesar $248,9263 \text{ kg.mm}$ searah jarum jam. Dengan demikian dapat digambarkan diagram bidang M sehingga dapat diketahui momen maksimumnya. (gambar 5.14).



gambar 5.14 Diagram Bidang Momen Plat Pencekam

1.2.3 Lengan

Untuk memudahkan analisa maka gaya-gaya yang terjadi pada lengan digambarkan seperti dibawah ini (gambar 5.15).



gambar 5.15 Lengan

- Jumlah momen di titik E

$$\Sigma M_E = 0$$

$$-M_D - V_D \cdot X_{DE} - W_{P2} \cdot X_{P2E} + V_S \cdot X_{SE} = 0$$

$$-248,9263 - 3,6007 \cdot 305 - 0,777 \cdot (175 - 20) + V_S \cdot 150 = 0$$

$$V_S = 9,7838 \text{ kg} \uparrow$$

- Jumlah momen di titik S

$$\Sigma M_S = 0$$

$$-M_D - V_D \cdot X_{DS} - W_{P2} \cdot X_{P2S} + V_E \cdot X_{SE} = 0$$

$$-248,9263 - 3,6007 \cdot (305 - 150) - 0,777 \cdot (175 - 20 - 150) + V_E \cdot 150 = 0$$

$$V_E = 5,4061 \text{ kg} \downarrow$$

- Jumlah gaya dalam arah vertikal

$$\Sigma V = 0$$

$$-V_D - W_{P2} + V_S - V_E = -3,6007 - 0,777 + 9,7838 - 5,4061 = 0 \quad (\text{ok})$$

- Gaya di titik S

$$R_S = V_S / \sin \beta_1 = 9,7838 / \sin 62,0468^\circ = 11,0760 \text{ kg}$$

$$H_S = R_S \cdot \cos \beta_1 = 11,0760 \cdot \cos 62,0468^\circ = 5,1919 \text{ kg} \leftarrow$$

- Jumlah gaya dalam arah horisontal

$$\Sigma H = 0$$

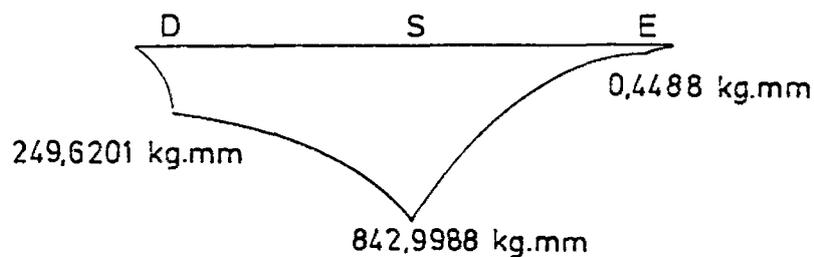
$$-H_S + H_E = 0$$

$$-5,1919 + H_E = 0$$

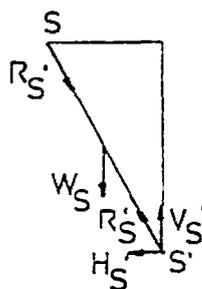
$$H_E = 5,1919 \text{ kg} \rightarrow$$

Dari hasil perhitungan maka didapatkan gaya-gaya yang lebih kecil daripada saat lengan membentuk sudut. Gaya-gaya yang terjadi yaitu pada titik S, $V_S = 9,7838 \text{ kg}$, $H_S = 5,1919 \text{ kg}$, $R_S = 11,0760 \text{ kg}$, pada titik E, $V_E = 5,4061 \text{ kg}$ dan $H_E = 9,7838 \text{ kg}$. Dengan demikian dapat digambarkan diagram bidang M untuk mendapatkan momen maksimum yang terjadi pada lengan. (gambar 5.16)

Selanjutnya analisa gaya pada silinder pneumatik, dimana pada saat silinder pneumatik tanpa langkah mempunyai berat $0,546 \text{ kg}$. (gambar 5.17)



gambar 5.16 Diagram Bidang Momen Lengan



gambar 5.17 Silinder Pneumatik

$$W_s = 0,546 \text{ kg}$$

$$W_{sH} = 0,546 / \cos \alpha_1 = 0,546 / \cos 27,9532^\circ = 0,6181 \text{ kg}$$

- Jumlah gaya dalam arah horisontal

$$\Sigma H = 0$$

$$R_s + W_{sH} - R_s' = 0$$

$$11,0760 + 0,6181 - R_s' = 0$$

$$R_s' = 11,6941 \text{ kg}$$

- Gaya yang terjadi di titik S'

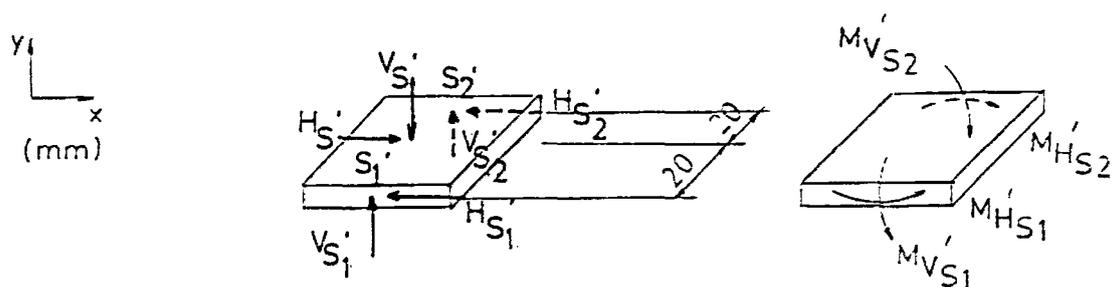
$$H_s' = R_s' \cdot \sin \alpha_1 = 11,6941 \cdot \sin 27,9532^\circ = 5,4816 \text{ kg} \rightarrow$$

$$V_s' = R_s' \cdot \cos \alpha_1 = 11,6941 \cdot \cos 27,9532^\circ = 10,3298 \text{ kg} \downarrow$$

Maka dari hasil perhitungan didapatkan besar gaya vertikal V_s' yang diterima oleh plat penyangga adalah 10,3298 kg dan gaya horisontal H_s' sebesar 5,4816 kg.

1.2.4 Plat Penyangga

Untuk memudahkan analisa maka gaya-gaya yang terjadi pada plat digambarkan seperti dibawah ini (gambar 5.18), sehingga dihasilkan gaya-gaya seperti dibawah ini.



gambar 5.18 Plat Penyangga

- Gaya di titik S'

$$V_{S'} = 10,3928 \text{ kg} \downarrow$$

$$H_{S'} = 5,4816 \text{ kg} \rightarrow$$

- Momen yang terjadi di titik S'

$$M_{VS'} = 51,9640 \text{ kg.mm}$$

$$M_{HS'} = 27,4080 \text{ kg.mm}$$

- Gaya reaksi yang terjadi di titik S₁' dan S₂'

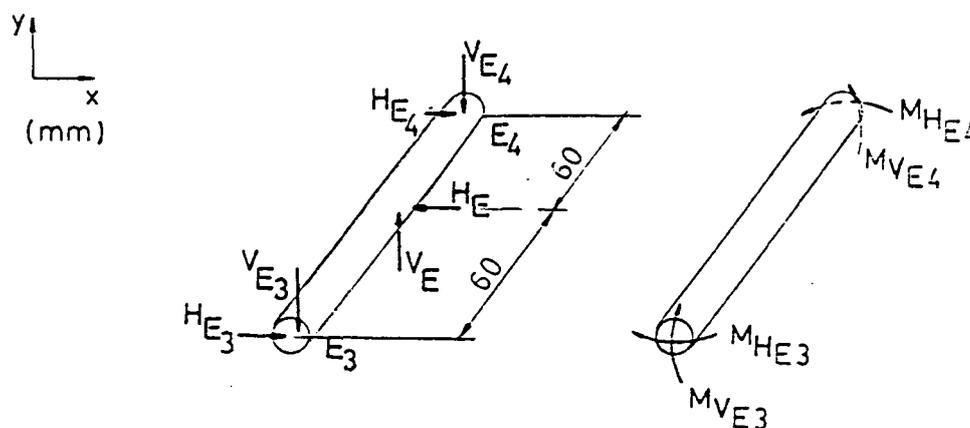
$$V_{S_1'} = V_{S_2'} = 5,1964 \text{ kg} \uparrow$$

$$H_{S_1'} = H_{S_2'} = 2,7408 \text{ kg} \leftarrow$$

Pada plat penyangga didapat gaya vertikal 5,1964 kg dan gaya horisontal 2,7408 kg serta momen vertikal 51,9640 kg.mm dan momen horisontal 27,4080 kg.mm.

1.2.5 Engsel

Untuk memudahkan analisa gaya-gaya yang terjadi pada poros engsel (gambar 5.19), maka didapatkan gaya-gaya seperti dibawah :



gambar 5.19 Engsel

- Gaya yang terjadi di titik E

$$V_E = 5,4061 \text{ kg } \uparrow$$

$$H_E = 5,1919 \text{ kg } \leftarrow$$

$$R_E = 7,4954 \text{ kg}$$

- Momen yang terjadi di titik E₃ dan E₄

$$M_{E3V} = M_{E4V} = 81,0915 \text{ kg.mm}$$

$$M_{E3H} = M_{E4H} = 77,8785 \text{ kg.mm}$$

$$M_{ER} = 112,4317 \text{ kg.mm}$$

- Gaya reaksi yang terjadi di titik E₃ dan E₄

$$V_{E3} = V_{E4} = 2,7031 \text{ kg } \downarrow$$

$$H_{E3} = H_{E4} = 2,5960 \text{ kg } \rightarrow$$

$$R_E = 9,1232 \text{ kg}$$

Dari hasil perhitungan didapatkan gaya vertikal ke bawah sebesar 2,7031 kg, gaya horisontal sebesar 2,5960 kg, gaya resultan 7,4954 kg, momen vertikal 81,0915 kg.mm, momen horisontal 77,8785 kg.mm dan momen resultan 112,4317 kg.

1.2.6 Kolom

Untuk memudahkan analisa maka gaya-gaya yang terjadi pada plat digambarkan seperti dibawah ini (gambar 5.20).

- Jumlah momen di titik L

$$\Sigma M_L = 0$$

$$-H_{ET} \cdot Y_{EL} + H_{ST} \cdot Y_{SL} + M_L = 0$$

$$-6,4899 \cdot 434 + 1,3704 \cdot (434 - 302,6659) + M_L = 0$$

$$M_L = 2636,6363 \text{ kg.mm}$$

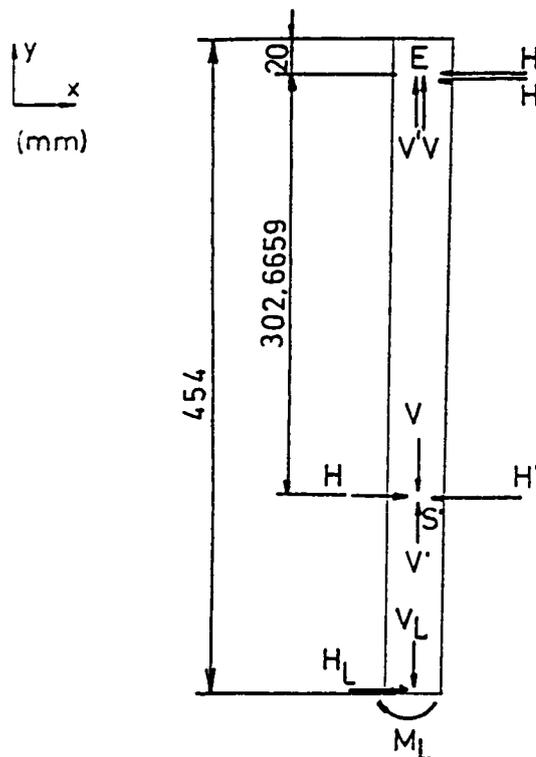
- Jumlah momen di titik E

$$\Sigma M_E = 0$$

$$-H_{ST} \cdot Y_{ES} - H_L \cdot Y_{EL} + M_L = 0$$

$$-1,3704 \cdot 302,6659 - H_L \cdot 434 + 2636,6363 = 0$$

$$H_L = 5,1195 \text{ kg} \rightarrow$$



gambar 5.20 Kolom

- Jumlah gaya dalam arah vertikal

$$\Sigma V = 0$$

$$V_E - V_S - W - V_L = 0$$

$$6,7577 - 2,5982 - 1,0079 - V_L = 0$$

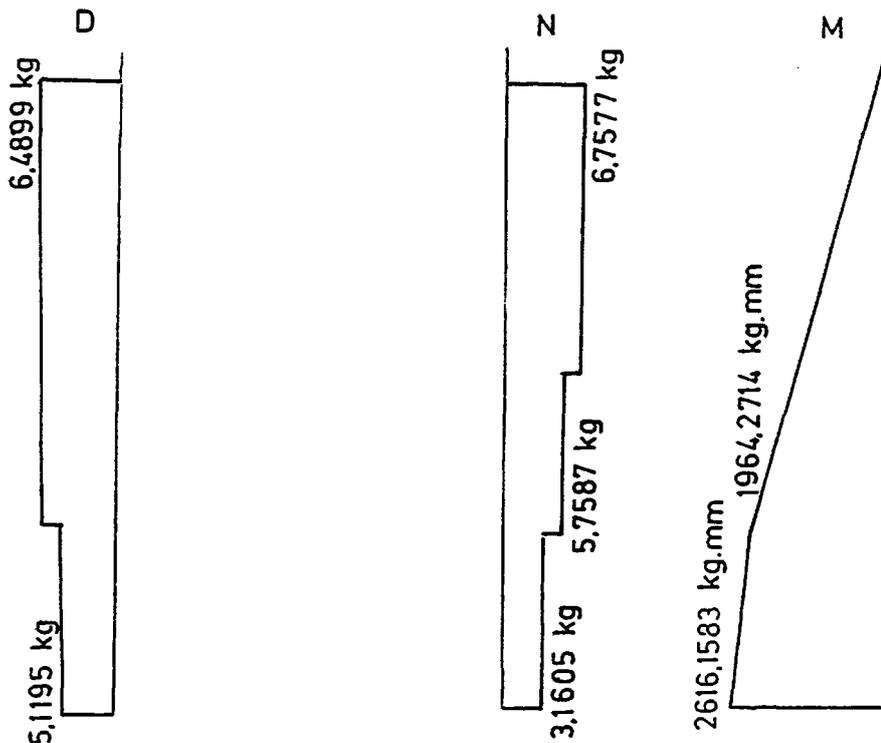
$$V_L = 3,1516 \text{ kg} \downarrow$$

- Jumlah gaya dalam arah horisontal

$$\Sigma H = 0$$

$$-H_{ET} + H_{ST} + H_L = -6,4899 + 1,3704 + 5,1195 = 0 \quad (\text{ok})$$

Dari hasil perhitungan maka didapatkan gaya vertikal pada L sebesar 3,1516 kg kebawah, gaya horisontal sebesar 5,1195 kg dan momen sebesar 2636,6363 kg.mm. Dengan demikian dapat digambarkan diagram bidang normal, geser dan momen.(gambar 5.21)



gambar 5.21 Diagram Bidang Normal N, Geser D, dan Bidang Momen M

1.3 ANALISA TEGANGAN

Analisa ini dilakukan untuk melihat apakah bahan-bahan yang digunakan cukup aman bila mendapat atau dikenai beban luar yang bekerja pada bagian-bagian tersebut. Dalam analisa ini diperhatikan jenis material dan macam beban yang bekerja.

1.3.1 Plat Pencekam

Dengan melihat gaya-gaya yang terjadi, maka pada plat pencekam dilakukan analisa terhadap bending. Dari hasil perhitungan pada dua posisi lengan, maka momen maksimum didapatkan sebesar 516,1551 kg.mm yang terjadi saat lengan horisontal membentuk sudut 60,7674°.

Besar tegangan bending yang terjadi dapat dihitung dengan :

$$\sigma_b = \frac{M_b \cdot c}{\frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3} = \frac{516,1551 \cdot 25}{\frac{1}{12} \cdot 4,5 \cdot 50^3} = 0,2753 \text{ kg/mm}^2$$

dari tegangan bending yang terjadi, kemudian dibandingkan dengan tegangan ijin material. Material yang digunakan adalah SS 41 yang mempunyai tegangan yield $S_{yp} = 25 \text{ kg/mm}^2$, maka tegangan ijinnya sebesar :

$$\sigma_i = \frac{S_{yp}}{N} = \frac{25}{3} = 8,3333 \text{ kg/mm}^2$$

karena tegangan yang terjadi lebih kecil dari tegangan ijin material yang berarti material tersebut aman untuk digunakan.

1.3.2 Lengan Horizontal

Dengan melihat gaya-gaya yang terjadi, maka pada lengan horizontal dilakukan analisa terhadap bending. Dari hasil perhitungan pada dua posisi lengan, didapatkan momen maksimum sebesar 842,9988 kg.mm yang terjadi saat lengan horizontal mendatar. Material yang digunakan berupa pipa kotak, tegangan bending yang terjadi dapat dicari dengan persamaan seperti dibawah :

$$\sigma_b = \frac{M_b \cdot c}{\frac{1}{12} \cdot (b_o \cdot h_o^3 - b_i \cdot h_i^3)} = \frac{842,9988 \cdot 20}{\frac{1}{12} \cdot (40 \cdot 40^3 - 37 \cdot 37^3)} = 0,2950 \text{ kg/mm}^2$$

Material yang digunakan adalah sama yaitu SS 41, tegangan ijinnya sebesar 8,3333 kg/mm², yang berarti material ini aman untuk digunakan.

1.3.3 Plat Penyangga

Dari gaya-gaya yang bekerja pada plat penyangga, dapat diketahui bahwa pada plat penyangga ini terjadi tegangan bending. Melalui analisa gaya dari kedua posisi seperti pada perhitungan sebelumnya, didapatkan momen terbesar dalam arah vertikal yang terjadi pada saat analisa lengan membentuk sudut 60,7674°. Besar momennya adalah 114,3615 kg.mm. Material yang digunakan sebagai penyangga berupa plat strip SS 41 dengan tegangan ijin 8,3333 kg/mm², tegangan bending yang terjadi dihitung dengan persamaan seperti dibawah :

$$\sigma_b = \frac{M_b \cdot c}{\frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3} = \frac{114,3615 \cdot 2,25}{\frac{1}{12} \cdot 40 \cdot 4,5^3} = 0,8471 \text{ kg/mm}^2$$

Dengan tegangan bending yang terjadi yaitu $0,8471 \text{ kg/mm}^2$ maka material ini aman untuk digunakan.

1.3.4. Engsel

Dari gaya-gaya yang bekerja pada poros engsel, maka dapat diketahui bahwa pada poros engsel ini terjadi tegangan bending dan tegangan geser. Melalui analisa gaya dari kedua posisi seperti pada perhitungan sebelumnya, didapatkan momen terbesar yang terjadi pada saat analisa lengan horisontal membentuk sudut $60,7674^\circ$. Besar momen dan gaya tersebut adalah $114,3615 \text{ kg.mm}$ dan $18,2464 \text{ kg}$. Material yang digunakan sebagai poros engsel berupa poros pejal dengan penampang lingkaran. Tegangan bending yang terjadi :

$$\sigma_b = \frac{M_b \cdot c}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot r^4} = \frac{114,3615 \cdot 7}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 7^4} = 0,4245 \text{ kg/mm}^2$$

sedangkan untuk menghitung tegangan geser yang terjadi pada poros :

$$\tau_s = \frac{R_g}{2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2} = \frac{18,2464}{2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 14^2} = 0,0593 \text{ kg/mm}^2$$

Untuk penampang lingkaran, tegangan geser maksimum yang terjadi perlu dicari.

Nilai maksimumnya :

$$\tau_{\max} = \frac{4}{3} \tau_s = \frac{4}{3} \cdot 0,0593 = 0,0791 \text{ kg/mm}^2$$

Karena pada satu poros bekerja dua macam tegangan yang berbeda, yaitu tegangan bending dan tegangan geser, maka perlu dicari tegangan kombinasinya.

Besar tegangan kombinasinya :

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_b^2 + 3 \cdot \tau_s^2} = \sqrt{0,4245^2 + 3 \cdot 0,0791^2} = 0,4461 \text{ kg/mm}^2$$

Kemudian dengan cara yang sama seperti diatas, tegangan yang terjadi dibandingkan dengan tegangan ijin material. Material yang digunakan adalah sama yaitu S30C dengan tegangan ijinnya sebesar $8,3333 \text{ kg/mm}^2$. Sehingga dengan tegangan yang terjadi yaitu $0,4461 \text{ kg/mm}^2$, material ini aman untuk digunakan.

1.3.5 Kolom

Dari gaya-gaya yang bekerja pada kolom, maka dapat diketahui bahwa pada kolom ini terjadi tegangan tekan pada keseluruhan panjang kolom dan tegangan geser pada daerah sekitar lubang poros engsel. Material yang digunakan sebagai kolom berupa pipa kotak dengan ukuran maupun kekuatan yang sama dengan material pada lengan horisontal.

Melalui analisa gaya dari kedua posisi seperti pada perhitungan sebelumnya, momen terbesar didapatkan pada saat lengan horisontal dalam keadaan mendatar. Gaya vertikal terbesar pada saat posisi lengan horisontal membentuk sudut $60,7674^\circ$. Perhitungan dilakukan pada kedua posisi dan hasilnya dipilih yang terbesar.

Pada saat posisi lengan horisontal membentuk sudut $60,7674^\circ$, momen terbesarnya adalah $1999,8344 \text{ kg.mm}$ dan gaya vertikal terbesar yang terjadi adalah $22,2723 \text{ kg}$. Pada posisi lengan horisontal mendatar, momennya sebesar $2636,6363 \text{ kg.mm}$ dan gayanya $6,7577 \text{ kg}$. Untuk menganalisanya digunakan :

$$\sigma = \frac{P}{b_o \cdot h_o - b_i \cdot h_i} + \frac{M_b \cdot c}{I} = \frac{22,2723}{40^2 - 37^2} + \frac{1999,8344 \cdot 20}{\frac{1}{12}(40 \cdot 40^3 - 37 \cdot 37^3)}$$

$$= 0,7962 \text{ kg/mm}^2$$

dengan cara yang sama, maka tegangan pada saat posisi lengan horisontal pada keadaan mendatar adalah $0,9519 \text{ kg/mm}^2$.

Kemudian tegangan yang terjadi pada kolom dibandingkan dengan tegangan yang diijinkan pada material dan ternyata tegangan yang terjadi masih lebih kecil dari tegangan ijin material sehingga material tersebut aman digunakan. Namun material ini perlu dicek pula terhadap tegangan geser yang dapat merusak pada daerah sekitar lubang. Bila ternyata pada pengecekan ini tegangan yang terjadi juga lebih kecil dari tegangan ijin, maka material ini aman digunakan.

Analisa kerusakan sekitar lubang pada plat dari pipa kotak akibat tegangan tekan, yaitu dengan :

$$\sigma_t = \frac{R_F}{4 \cdot d \cdot t} = \frac{18,2464}{4 \cdot 14 \cdot 1,5} = 0,2172 \text{ kg/mm}^2$$

ternyata tegangan yang terjadi lebih kecil dari tegangan ijin, maka material ini aman untuk digunakan.

1.4 ANALISA SAMBUNGAN LAS

Sambungan las hanya digunakan pada plat penyangga dan pada kaki kolom. Pada daerah ini sambungan las dianggap penting sebab pada plat penyangga ini merupakan tempat dudukan dari silinder pneumatik melakukan kerja. Sedangkan pada kaki kolom, las-lasan merupakan tempat bertumpunya semua sistem lengan.

1.4.1 Plat Penyangga

Pada plat penyangga pengelasan dilakukan pada sisi yang berhubungan dengan kolom. Pengelasan dilakukan pada bagian bawah plat strip sehingga kaki las mendapat gaya tekan sebesar 22,8723 kg. Material las yang digunakan mempunyai tegangan yield 25 kg/mm².

Untuk menentukan tinggi kaki las-lasan minimum, dilakukan analisa tegangan-tegangan yang terjadi, yaitu :

1. Analisa terhadap tegangan tekan

$$\sigma_t = \frac{V_s}{2 \cdot l \cdot 0,707 \cdot a}$$

$$\sigma_t \leq \sigma_u = \frac{S_{yp}}{N}$$

$$a = \frac{V_s}{\frac{S_{yp}}{N} \cdot 2 \cdot l \cdot 0,707} = \frac{22,8723}{\frac{25}{3} \cdot 2 \cdot 40 \cdot 0,707} = 0,0485 \text{ mm}$$

Dari hasil analisa tegangan tekan, tinggi kaki las-lasan minimum adalah 0,0485 mm.

2. Analisa terhadap tegangan geser

Pada plat penyangga ini juga terjadi tegangan geser akibat gaya horisontal yang besarnya 5,4816 kg, sehingga tinggi kaki las-lasan yang didapat nantinya dibandingkan dengan tinggi kaki las-lasan akibat gaya tekan.

$$\tau_s = \frac{H_s}{2 \cdot l \cdot 0,707 \cdot a}$$

$$\tau_s \leq \tau_{si} = \frac{0,58 \cdot S_{yp}}{N}$$

$$a = \frac{H_s}{\frac{0,58 \cdot S_{yp}}{N} \cdot 2 \cdot l \cdot 0,707} = \frac{5,4816}{\frac{0,58 \cdot 25}{3} \cdot 2 \cdot 40 \cdot 0,707} = 0,0201 \text{ mm}$$

karena dari hasil analisa terhadap tegangan geser tinggi kaki las-lasan hanya 0,0201 mm, maka tinggi kaki las-lasan minimum yang digunakan adalah 0,0485 mm.

1.4.2 Kolom

Pengelasan dilakukan pada keliling dari kaki kolom. Kaki las-lasan harus dapat menerima gaya tekan, geser maupun bending. Analisa dilakukan pada ketiga macam gaya untuk mendapatkan dimensi kaki las yang terbesar.

1. Analisa terhadap tegangan tekan

Gaya tekan yang bekerja pada kaki kolom sebesar 15,5463 kg, untuk perhitungan digunakan cara seperti analisa las-lasan pada plat penyangga. Dengan $F = 4 \cdot l \cdot 0,707 \cdot a$, maka didapatkan tinggi kaki las-lasan minimum

$$a = V / (S_{yp} \cdot 4 \cdot l \cdot 0,707 / N) = 15,5436 / (25 \cdot 4 \cdot 40 \cdot 0,707 / 3)$$

$$a = 0,0165 \text{ mm}$$

2. Analisa terhadap tegangan geser

Tegangan geser ini timbul akibat adanya gaya horisontal pada kaki kolom, besarnya gaya yang bekerja 5,1195 kg. Untuk analisa ini dengan $F = 4 \cdot l \cdot 0,707$.

a, sehingga dari hasil perhitungan didapat tinggi kaki las-lasan minimum

$$a = H / (0,58 \cdot Syp \cdot 4 \cdot l \cdot 0,707 / N)$$

$$a = 5,1195 / (0,58 \cdot 25 \cdot 4 \cdot 40 \cdot 0,707 / 3)$$

$$a = 0,0094 \text{ mm}$$

3. Analisa terhadap tegangan bending

Tegangan ini timbul akibat adanya momen bending pada kaki kolom yang besarnya adalah 2636,6363 kg.mm. Untuk analisisnya digunakan persamaan

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b} = \frac{M_b \cdot 6 \cdot l}{0,707 \cdot l^3 \cdot a - (0,707 \cdot a - t) \cdot (l - t)^3}$$

$$\frac{Syp}{N} \geq \sigma_b$$

$$\frac{25}{3} = \frac{2636,6363 \cdot 6 \cdot 40}{0,707 \cdot 40^3 \cdot a - (0,707 \cdot a - 1,5) \cdot (40 - 1,5)^3}$$

$$a = 1,9716 \text{ mm}$$

sehingga dari ketiga macam analisa tinggi kaki las-lasan disimpulkan tinggi kaki las-lasan minimum 1,9716 mm.

1.5 ANALISA SAMBUNGAN BAUT DAN MUR

Pembahasan ini dibatasi hanya pada kaki kolom dimana mur-baut digunakan untuk melekatkan plat kaki dari kolom terhadap meja yang diam. Mur-baut ini harus dapat menerima tegangan geser maupun momen bending.

1.5.1 Analisa Terhadap Tegangan Geser

Tegangan geser ini timbul karena adanya gaya horisontal sebesar 5,1195 kg pada kaki kolom, seperti pada gambar dibawah ini maka baut dikatakan mengalami tegangan geser langsung dan tegangan geser karena momen. Besar tegangan geser langsung didapatkan dengan persamaan :

$$H_1 = 2 \cdot H_L / 4 = 2 \cdot 5,1195 / 4 = 2,5598 \text{ kg}$$

sedangkan tegangan geser karena momen didapatkan dengan persamaan :

$$M = H_L \cdot 45 = 5,1195 \cdot 45 = 230,3775 \text{ kg} \cdot \text{mm}$$

$$2 \cdot r \cdot H_2 = M$$

$$H_2 = 230,3775 / (2 \cdot 96,1769) = 1,5974 \text{ kg}$$

$$H = \sqrt{H_1^2 + H_2^2 + 2 \cdot H_1 \cdot H_2 \cdot \cos \alpha}$$

$$= \sqrt{2,5598^2 + 1,5974^2 + 2 \cdot 2,5598 \cdot 1,5974 \cdot \cos 27,8973^\circ} = 4,0413 \text{ kg}$$

$$d_b \geq \sqrt{\frac{4 \cdot H}{\pi \cdot \frac{0,58 \cdot S_{yp}}{N}}}$$

$$d_b \geq \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 4,0413}{\pi \cdot \frac{0,58 \cdot 24}{3}}}$$

$$d_b \geq 1,0531 \text{ mm}$$

5.1.2 Analisa Tegangan karena Momen

Seperti tampak pada gambar 5.22, maka pada baut terjadi tegangan tarik akibat momen yang bekerja pada kaki kolom. Besar momen yang terjadi adalah 2636,6363 kg.mm, kemudian dari momen yang terjadi dicari gaya tarik terbesar yang bekerja pada baut untuk perhitungan selanjutnya.

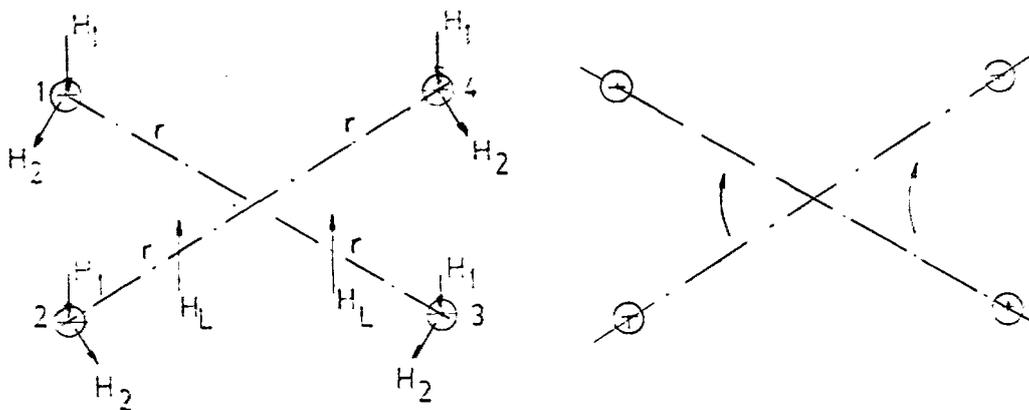
- Jumlah momen di titik 1

$$\Sigma M_1 = 0$$

$$M - V_2 \cdot 2 \cdot r = 0$$

$$2636,6363 - V_2 \cdot 2 \cdot 90 = 0$$

$$V_2 = 29,2960 \text{ kg}$$



gambar 5.22 Gaya yang Terjadi pada Baut

- Jumlah momen di titik 2

$$\Sigma M_2 = 0$$

$$M + V_1 \cdot 2 \cdot r = 0$$

$$2636,6363 + V_1 \cdot 2 \cdot 90 = 0$$

$$V_1 = -29,2960 \text{ kg}$$

Untuk mendapatkan diameter baut digunakan persamaan tegangan tarik dengan gaya tarik sebesar 29,2960 kg, yang dapat dihitung dengan :

$$d_b \geq \sqrt{\frac{4 \cdot V_t}{\frac{S_{yp}}{N} \cdot \pi}}$$

$$d_b \geq \sqrt{\frac{4 \cdot 29,2960}{\frac{24}{3} \cdot \pi}}$$

$$d_b \geq 2,1593 \text{ mm}$$

diameter baut yang digunakan dipilih sebesar 12 mm.

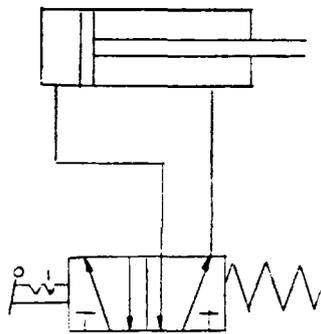
2. PERENCANAAN PNEUMATIK

Pneumatik ini digunakan untuk menaikkan dan menurunkan lengan agar posisi *torch* dapat diatur sesuai dengan kebutuhan proses pengelasan. Pneumatik yang digunakan adalah jenis kerja ganda (*double acting*). Dari analisa gaya pada sistem lengan didapatkan gaya terbesar yang harus diberikan oleh silinder pneumatik sebesar 23,3382 kg (227,8686 N), yaitu pada saat lengan membentuk sudut 60,7674°. Tekanan udara yang telah tersedia sebesar 6 bar.

2.1 Perencanaan Dimensi Silinder Pneumatik

Setelah gaya dan tekanan diketahui maka diameter silinder piston dapat ditentukan dengan cara langsung melihat pada tabel 3.18 dan didapatkan diameter silinder piston sebesar 25 mm. Untuk panjang langkah standar dari silinder berdiameter 25 mm dapat dilihat pada lampiran 6.

Silinder pneumatik yang digunakan adalah *type DSNU 25 P - A* dengan panjang langkah 100 mm dan berat total 0,6768 kg. Agar silinder pneumatik dapat berfungsi dengan baik maka digunakan engsel pada kedua ujungnya. Bentuk beserta ukuran engselnya dapat dilihat pula pada lampiran 6. Gambar rangkaian pnumatiknya dapat dilihat pada gambar 5.23. Engsel yang digunakan yaitu *rod clevis type SG* sebagai penghubung pada ujung depan dan sebagai penghubung pada bagian belakang digunakan dudukan kaki (*clevis foot mounting type LBN*).



gambar 5.23 Diagram Rangkaian Pneumatik

2.2 Kebutuhan Udara

Kebutuhan udara dari silinder piston dapat dilihat pada gambar 3.10 dan didapatkan sebesar 0,025 l / cm.stroke untuk diameter 25 mm pada tekanan 6 bar.

Sedangkan ukuran dari katup yang akan digunakan dapat dilihat dari tabel 3.19 dan didapatkan ukuran katup (*valve*) yaitu M5.