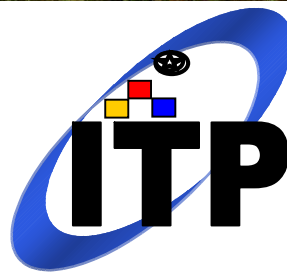


CONTOH PENYELESAIAN SOAL

MATA KULIAH MEKANIKA REKAYASA II TSS3263

Jilid I

**Oleh :
H. Ir. Armeyn Syam, MT**



**PROGRAM STUDI - S1 TEKNIK SIPIL
JURUSAN TEKNIK SIPIL
INSTITUT TEKNOLOGI PADANG**

Mei 2013

Mekanika Rekayasa II

Pendahuluan

Penyelesaian soal soal Mekanika Rekayasa II jilid 1, ini di buat guna untuk dipelajari dan di perluas bagi mahasiswa yang membutuhkan semakin banyak membahas soal soal akan semakin paham dalam menganalisa suatu struktur memang sulit untuk membahasnya dan membuatnya tetapi setelah kita peroleh terasa mudah dan nikmat terasa.

Tulisan ini saya persembahkan kepada Orang Tua saya, anak anak saya, Guru guru SD, SMP, SMA, Dosen S1, Dosen S2, dan Teman-teman sekalian

- Saudaraku YTH: “ Orang HEBAT dan KUAT “ tidak dihasilkan melalui kemudahan dan kesenangan, mereka dibentuk melalui kesulitan, rintangan dan cucuran air mata , bahkan tetesan darah. Ketika engkau mengalami sesuatu yang sangat sulit, susah, berat, dan merasa ditinggalkan sendiri dalam hidup ini MAKA : Angkatlah kepalamu dan tataplah kedepan, ketahuilah : SESUNGGUHNYA TUHAN sedang mempersiapkan kamu untuk menjadi orang pilihan yang luar biasa . Sebagaimana Tuhan telah menunjuk orang2 yang beriman tetap segar, tegar dan semangat KESUKSESAN MENANTI KITA AMIN

Jika terdapat kesalahan pada susunan penyelesaian soal soal Mekanika Rekayasa II ini mohon dapat dipebaiki dan sarannya.

Terima kasih kepada mahasiswa ITP Riswan Kariadi No. BP : 27210005 yang telah membantu mengetik penyelesaian soal Mekanika Rekayasa II ini. Dan untuk Mekanika Rekayasa II Jilid 2 menyusul akan diterbitkan

Semoga bermanfaat

Ditulis dan dihimpun oleh

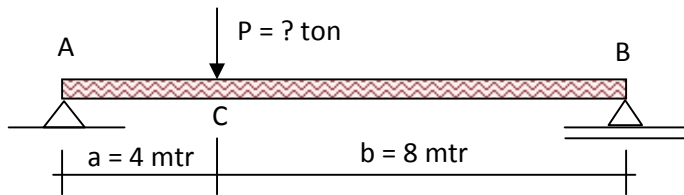


H. Ir. Armeyn Syam, MT

dan

Mahasiswa ITP : Riswan Kariadi

Mekanika Rekayasa II



Diketahui :

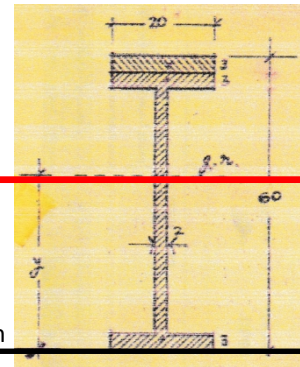
$$\sigma_b = 1000 \text{ kg/cm}^2$$

$$E = 2 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

Ditanyakan :

- Besarnya Pmax yang dapat didukung
- Zakking pada potongan C dibawah muatan P tersebut

Sisi bawah



Jawab :

- Cari dahulu letak garis netral
- Hitung momen inersia terhadap garis netral
- Hitung tegangan lentur $\sigma_{\max}$ dengan rumus
- Hitung Pmaks yang menimbulkan $\sigma_{\max}$ tersebut
- Hitung zakking (lendutan) dengan rumus

$$\sigma = \frac{M \cdot y}{I_n}$$

$$z = \frac{P \cdot a^2 \cdot b^2}{3EI_1}$$

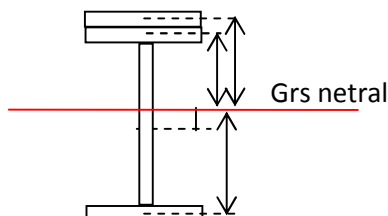
Letak garis netral : yaitustatis momen terhadap sisi bawah ;

$$y_b = \frac{20 \cdot 3 \cdot 1,5 + 54 \cdot 2 \cdot 30 + 20 \cdot 3 \cdot 58,5 + 20 \cdot 3 \cdot 61,5}{3 \cdot 20 \cdot 3 + 54 \cdot 2}$$

$$y_b = \frac{A_1 \cdot y_1 + A_2 \cdot y_2 + A_3 \cdot y_3 + A_4 \cdot y_4}{A_{\text{total}}}$$

$$= \frac{90 + 3240 + 7200}{108 + 108} \text{ cm} = \frac{10530}{288} \text{ cm} = 36,56 \text{ cm}$$

Momen inersia terhadap garis netral :



$$\begin{aligned} I_n &= 3 \cdot \frac{1}{12} \cdot 20 \cdot 3^3 = 135 \text{ cm}^4 \\ &20 \cdot 3 \cdot 35,06^2 = 73752 \text{ cm}^4 \\ &20 \cdot 3 \cdot 21,94^2 = 28882 \text{ cm}^4 \\ &20 \cdot 3 \cdot 35,06^2 = 73752 \text{ cm}^4 \\ &\frac{1}{12} \cdot 2 \cdot 54^3 = 26244 \text{ cm}^4 \\ &2 \cdot 54 \cdot 6,56^2 = 4647 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

Cek Jarak titik berat masing2 tampang terhadap grs Netral

$$\text{Jumlah} = 170980 \text{ cm}^4$$

$$M_{\max} = \frac{P \cdot a \cdot b}{l} = \frac{4 \cdot 8 \cdot P}{12} = \frac{8}{3} P \text{ tm}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{M \cdot y}{I_n} = \frac{\frac{8}{3} P \cdot 36,56 \cdot 10^5}{170980} \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Jadi Pmax yang dapat didukung} = \frac{170000 \cdot 1000}{\frac{8}{3} P \cdot 36,56 \cdot 10^5} \text{ ton} = 17,55 \text{ ton}$$

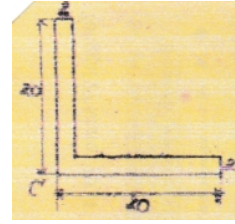
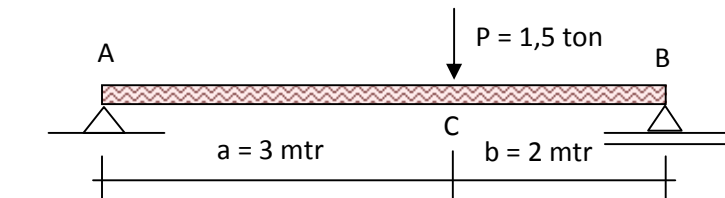
Zakking (lendutan) pada potongan C dibawah muatan P :

$$\text{Catatan : rumus} \quad z_c = \frac{P \cdot a^2 \cdot b^2}{3EI} = \frac{17,55 \cdot 16 \cdot 64 \cdot 10^{11}}{3 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 170980 \cdot 12 \cdot 10^2} \text{ cm} = \frac{17,55 \cdot 16 \cdot 64}{6 \cdot 170 \cdot 98 \cdot 12} \text{ cm} = 1,46 \text{ cm}$$

$$z_c = \frac{P \cdot a^2 \cdot b^2}{3EI}$$

- Hanya boleh digunakan bila :
- Hanya ada satu muatan P
 - P diantara A dan B
 - Potongan C tepat dibawah P

Mekanika Rekayasa II

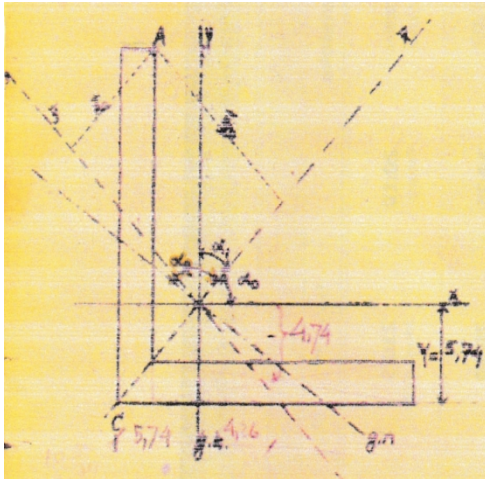


Diketahui : $\sigma_b = 1200 \text{ kg/cm}^2$
 $E = 2.10^8 \text{ kg/cm}^2$

Ditanyakan : a) P max yang diperkenankan

b) Zakking (lendutan) vertikal di C dibawah muatan jika $P = 1 \frac{1}{2} \text{ ton}$

dijawab : Hitung Letak titi berat : dicari momen statis terhadap sisi bawah



$$20 \cdot 2 \cdot 1 + 18 \cdot 2 \cdot 11 = \psi \cdot (20 \cdot 2 + 18 \cdot 2)$$

$$40 + 398 = y \cdot 76 \text{ maka } y = 5.74$$

Karena bentuknya siku maka letak titik berat terhadap sisi kiri sama (simetris) dengan terhadap sisi bawah. Juga $I_x = I_y$.

$$I_x = \frac{1}{2} \cdot 20 \cdot 2^3 + 20 \cdot 2 \cdot 4.74^2 + \frac{1}{12} \cdot 2 \cdot 18^3 + 2 \cdot 18 \cdot 5.26^2$$

$$= 13.33 + 896 + 972 + 997.2 \text{ cm}^4 = 2878.63 \text{ cm}^4$$

$$C_{xy} = 20 \cdot 2 \cdot (-4.74)(4.26) + 18 \cdot 2 \cdot (-4.74)(5.28)$$

$$= -806 - 896 \text{ cm}^4 = -1702 \text{ cm}^4$$

$$\tan 2\alpha = \frac{xy}{\frac{I_x - I_y}{2}} = +\infty (I_x - I_y) 2\alpha = 90^\circ \quad \alpha = 45^\circ$$

$$I_{extrim} = \frac{I_x + I_y}{2} \pm \sqrt{\frac{(I_x - I_y)^2}{4} + (cxy)^2} = 2878.53 \pm 1702 \text{ cm}^4$$

$$I_{\max} = I_x = 4580.53 \text{ cm}^4$$

$$I_{\min} = I_y = 1176.53 \text{ cm}^4$$

As $I_{\max}$ inilah as yang merupakan sumbu simetri yaitu as x

$\sigma_{\max}$ terjadi pada titik terjauh, dimana titik terjauh dicari dengan menggambarkan grs netral secara kira-kira yaitu grs tengah sekawan dari grs kekuatan dalam elips inertia central. Dapat juga grs netral dicari dengan mencari sudut terhadap sumbu x.

$$\text{Rumus : } \tan \alpha_1, \tan \alpha_2 = \frac{I_x}{I_y}$$

α_1 = sudut antara sumbu x dengan grs kekuatan

α_2 = sudut antara sumbu x dengan grs netral

$$\tan \alpha_1, \tan \alpha_2 = \frac{4580.53}{1176.53}$$

$$\tan 45^\circ, \tan \alpha_2 = -3.898$$

$$\tan \alpha_2 = -3.898 \quad \alpha_2 = 104.4^\circ$$

jadi titik terjauh ialah titik A

jika didapatkan dua titik terjauh yang hampir sama jaraknya terhadap grs netral, boleh dihitung di kedua titik kemudian dipilih yang terbesar.

Koordinat titik A : $x_a = 7.4$ $y_a = 12.7$

$$\sigma_A = \frac{M \cos \alpha_0 \cdot y_a}{I_x} + \frac{M \sin \alpha_0 \cdot x_a}{I_y} = \frac{M \cdot \frac{1}{2} \sqrt{2.21,7}}{4580,53} + \frac{M \cdot \frac{1}{2} \sqrt{2,7.4}}{1176,53} = 1200 \text{ kg/cm}^2$$

$$29,38 M = 5996636$$

$$M = \frac{5996636}{29,38} \text{ kgcm} = 1,87 \text{ tm}$$

$$M = \frac{P \cdot a \cdot b}{I} = \frac{6}{5} P \cdot \text{tm} \quad P - \frac{5}{6} \cdot 1,87 \text{ ton} = 1,56 \text{ ton}$$

$$P = 1 \frac{1}{2} \text{ ton}$$

Untuk ini P diurai pada sumbu-sumbu dan pengaruh dari masing-masing uraian dijumlahkan

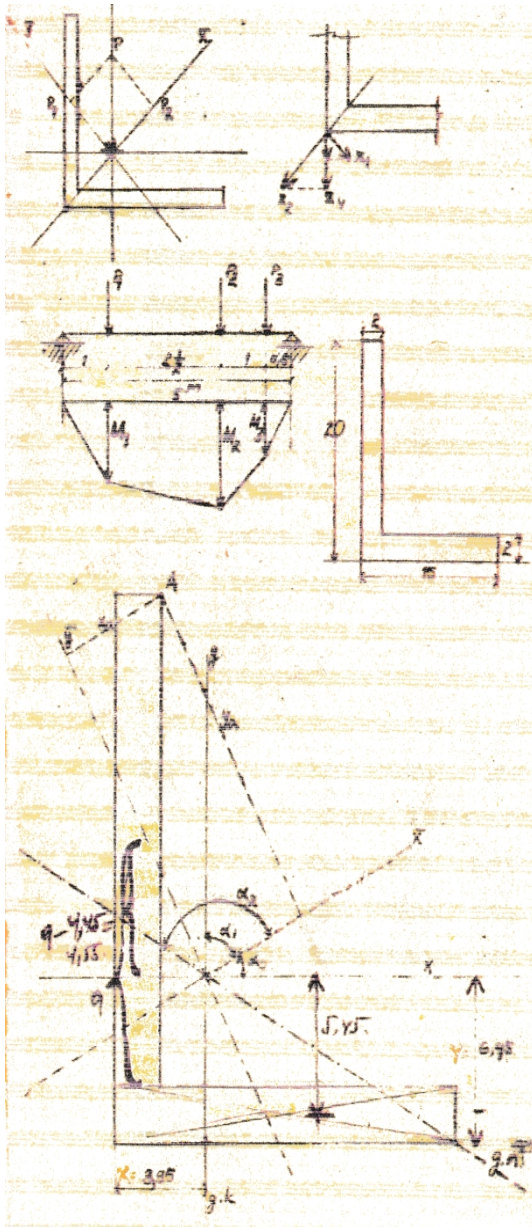
$$P_1 = P_2 = 1,55 \text{ ton}$$

$$z_1 = \frac{P_1 a^2 b^2}{3EI_x l} = \frac{1060(200)^2}{3.2.10.4580,53.500} = \frac{38160}{137415,9} = 0,277$$

$$z_2 = \frac{P_2 a^2 b^2}{3EI_y l} = \frac{1060(200)^2(300)^2}{3.2.10.1176,53.500} = \frac{38160}{35295,9} = 1,08$$

Maka zakking vertikal

$$= 1,09 \sin 45^\circ + 0,277 \sin 45^\circ = 0,958 \text{ cm}$$



Diketahui :

Bentuk profile baja L

Ukuran seperti tergambar

σ diperkenankan = 1200 kg/cm²

$E = 2 \cdot 10^6$, $P_1 = P_2 = P_3 = 1$ ton

Berat sendiri diabaikan.

Soal.

- Selidikilah pengaruh momen seperti tergambar, pada bentuk baja tersebut
- Hitunglah zakking (lendutan) yang terjadi (Z_{max}) secara praktis

Jawab :

Hitung Reaksi Perletakan dan Hitung moment yang paling besar

$$R_A = \frac{1.4 + 1.1 \frac{1}{2} + 1 \frac{1}{2}}{5} = 1.2 \text{ ton}$$

$$R_B = \frac{1.4 \frac{1}{2} + 1.3 \frac{1}{2} + 1.1}{5} = 1.8 \text{ ton}$$

$$M_1 = 1,2 \text{ tm}$$

$$M_2 = 1,7 \text{ tm}$$

$$M_3 = 0,9 \text{ tm}$$

Jadi M yang paling besar adalah $M_2 = 1,7 \text{ tm}$

Perbedaan jenis soal ini dengan profile siku adalah putaran sumbu koordinat tidak 45°.

Letak titik berat

Statisch momen terhadap sisi bawah $15 \cdot 2 \cdot 1 + 18 \cdot 2 \cdot 11 = y(15 \cdot 2 + 18 \cdot 2)$

$$y = 6,45$$

statisch momen thd sisi kanan $= 18 \cdot 2 \cdot 1 + 15 \cdot 2 \cdot 2 \frac{1}{2} = x(66)$

$$x = 3,95$$

perhitungan momen inersia

$$I_x = \frac{1}{12} \cdot 15(2)^3 = 10$$

$$15 \cdot 2 (5 \cdot 45)^2 = 892,50$$

$$\frac{1}{12} \cdot 2(8)^3 = 972$$

$$18 \cdot 2(4,55)^2 = \frac{747}{2621,50 \text{ cm}^4}$$

$$I_y = \frac{1}{12} \cdot 18(2)^3 = 12$$

$$18 \cdot 2(2 \cdot 95)^2 = 313,2$$

$$\frac{1}{12} \cdot 2(15)^3 = 562,5$$

$$15 \cdot 2(3,55)^2 = \frac{378}{1265,7 \text{ cm}^4}$$

$$C_{XY} = 15 \cdot 2 \cdot (-5,45)(3,55) = -580,50$$

$$18 \cdot 2 \cdot (-2,95)(4,55) = \underline{-484,20}$$
$$-1064,70 \text{ cm}^4$$

Perputaran sumbu

$$\tan 2\alpha_0 = \frac{-C_{XY}}{I_x - I_y} = \frac{1064,7}{377,9} = 1,57$$

$$\alpha_0 = 57,6$$

$$\alpha_0 = 28,8$$

Momen inersia sesudah diputar

$$I_{ex} = \frac{I_x + I_y}{2} \pm \sqrt{\frac{(I_x - I_y)^2}{4} + (C_{XY})^2}$$

$$1943,6 \pm \sqrt{(637,9)^2 + (1064,7)^2}$$

$$1943,6 \pm 1252 \text{ cm}^4$$

$$I_{\max} = I_x = 3195,6 \text{ cm}^4$$

$$I_{\min} = I_y = 691,6 \text{ cm}^4$$

Kemudian mencari titik yang mengalami akibat pengaruh momen yang paling besar (titik yang letaknya terjauh dari garis netral)

Letak garis netral dapat diketahui secara kasar dengan menggambar elips inertia atau lebih teliti dengan menghitung sudut antara garis netral dengan sumbu x

Terlihat titik yang terjauh adalah titik A

Koordinat titik A

$$YA = 12,8 \text{ cm} \quad XA = 4,86 \text{ cm}$$

$$\tan \alpha_1 \tan \alpha_2 = \frac{-I_x}{I_y} = \frac{3195,6}{891,6} = -4,62$$

$$\tan 61,2^\circ \tan \alpha_2 = -4,62$$

$$1,818 \tan \alpha_2 = -4,62$$

$$\tan \alpha_2 = -2,34$$

$$\alpha_2 = 111,5$$

$$\sigma_A = \frac{170000 \cos 28,8^\circ \cdot 12,8}{3195,6} + \frac{170000 \sin 28,8^\circ \cdot 4,86}{691,6}$$

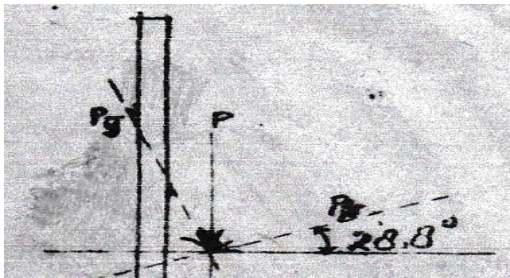
$$591 + 575 = 1171 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{tanda} = - (\text{tekan})$$

Ternyata masih lebih kecil dari 1200 (σ juga diperkenankan)

Jadi bentuk diatas dengan profile baja tersebut masih dapat dipakai.

Mencari zakking max secara praktis :

$$Z_{\max} = \sum_{i=1}^{i=n} \frac{PL}{48EI} (I^3 - 6L(U_i)^3 - 4L(U_i)^3)$$



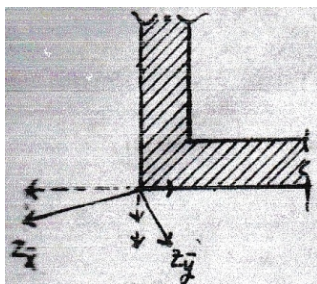
Terjadi ditengah-tengah batang

P_1 , P_2 , dan P_3 diuraikan pada kedua sumbu. Karena ketiga P sama besar maka uraian masing-masing sama besar juga

$$P_y = 1 \cos 28,8^\circ = 0,876 \text{ ton}$$

$$P_x = 1 \sin 28,8^\circ = 0,481 \text{ ton}$$

Zakking karena pengaruh P_y



$$\frac{0,876 \cdot 10^3}{48 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 3195,6} (500^3 - 6 \cdot 500 \cdot 150^2 + 4 \cdot 150^3) \text{ cm} = 0,203 \text{ cm}$$

$$\frac{0,876 \cdot 10^3}{48 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 3195,6} (500^3 - 6 \cdot 500 \cdot 100^2 + 4 \cdot 100^3) \text{ cm} = 0,283 \text{ cm}$$

Mekanika Rekayasa II

$$\frac{0,876 \cdot 10^3}{48 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 3195,6} (500^3 - 6 \cdot 500 \cdot 200^2 + 4 \cdot 200^3) \text{ cm} = 0,106 \text{ cm}$$

$$Z_y = 0,592 \text{ cm}$$

Zaking karena pengaruh P_x :

$$\frac{0,481 \cdot 10^3}{48 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 691,6} (500^3 - 6 \cdot 500 \cdot 150^2 + 4 \cdot 150^3) \text{ cm} = 0,515 \text{ cm}$$

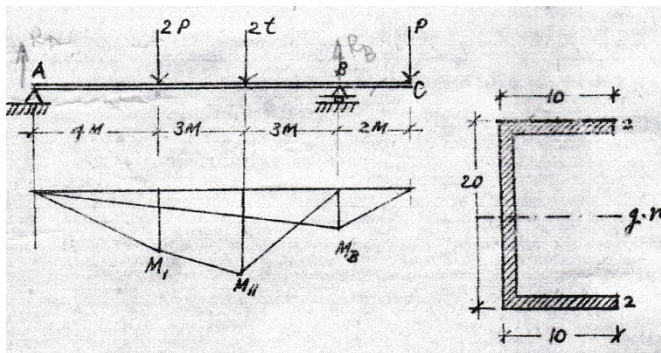
$$\frac{0,876 \cdot 10^3}{48 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 691,6} (500^3 - 6 \cdot 500 \cdot 100^2 + 4 \cdot 100^3) \text{ cm} = 0,716 \text{ cm}$$

$$\frac{0,876 \cdot 10^3}{48 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 691,6} (500^3 - 6 \cdot 500 \cdot 200^2 + 4 \cdot 200^3) \text{ cm} = 0,268 \text{ cm}$$

$$Z_y = 1,499 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{Zaking vertikal} &= 0,592 \cos 28,8^\circ + 1,499 \sin 28,8^\circ \\ &= 1,239 \text{ cm (kebawah)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Zaking horizontal} &= -0,592 \sin 28,8^\circ + 1,499 \cos 28,8^\circ \\ &= 1,025 \text{ cm (kekiri)} \end{aligned}$$



Diketahui :

$$\sigma \text{ diperkenankan} = 1200 \text{ kg/cm}^2$$

$$E = 2.106 \text{ kg/cm}^2$$

Ditanyakan :

a) $P_{\max}$ juga diperkenankan

b) Zaking di C pada $P_{\max}$

Dijawab :

Karena bentuk potongan normal simetris maka grs. netral ialah grs. simetri.

Momen inersia terhadap grs. netral :

$$I_n = 2 \frac{1}{12} 10 \cdot 2^3 + 2 \cdot 10 \cdot 2 \cdot 9^2 + \frac{1}{12} \cdot 2 \cdot 16^3 = 13,33 + 3240 + 682,66 \text{ cm}^4 = 3936 \text{ cm}^4$$

$$\sigma_{\max} = \frac{M \cdot y}{I_n} = \frac{M \cdot 10}{3936} = 1200$$

Jadi $M_{\max}$ yang dapat ditahan

$$= \frac{1200 \cdot 3936}{10} \text{ kg cm} = 4,72 \text{ tm}$$

$$R_A = \frac{2P \cdot 6 + 2 \cdot 3 - 2P}{10} = P + 0,6$$

$$R_B = \frac{P \cdot 12 + 2 \cdot 7 - 2P \cdot 4}{10} = 2P + 1,4$$

$$M_I = (P + 0,6) \cdot 4 = 4P + 2,4$$

$$M_{II} = (P + 0,6) \cdot 7 = 2P \cdot 3 + 4,2$$

$$M_B = -P \cdot 2 = -2P$$

Jadi momen terbesar harus dipilih diantara M_I dan M_{II}

(M_B tak mungkin karena $2P < 4P + 2,4$)

Jika $M_I = M_{II}$, maka $4P + 2,4 = P + 4,2$

$3P = 1,8$ untuk $P > 0,6$ $4P + 2,4 > P + 4,2$ berarti M_I terbesar

$P = 0,6$ untuk $P < 0,6$ $4P + 2,4 > P + 4,2$ berarti M_{II} terbesar

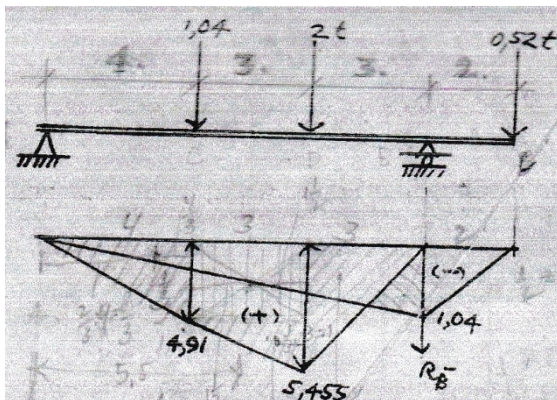
Dimisalkan $P > 0,6$ maka $M_{\max} = 4P + 2,4 = 4,72$

$$4P = 2,32$$

$$P = 0,58 < 0,6 \text{ pemisalan salah}$$

Dimisalkan $P < 0,6$ maka $M_{\max} = P + 4,2 = 4,72$

$$P = 0,52 < 0,6 \text{ jadi } P_{\max} = 0,52 \text{ ton}$$



Dihitung lebih dahulu besarnya M_I dan M_{II}

(M_I dan M tanpa pengaruh muatan overstek)

$$M_I = 4,91 \text{ tm}$$

$$M_{II} = 5,455 \text{ tm}$$

Kemudian dengan ditambah pengaruh muatan overstek bidang M dianggap sebagai muatan

$$M_B = -1,04 \text{ tm}$$

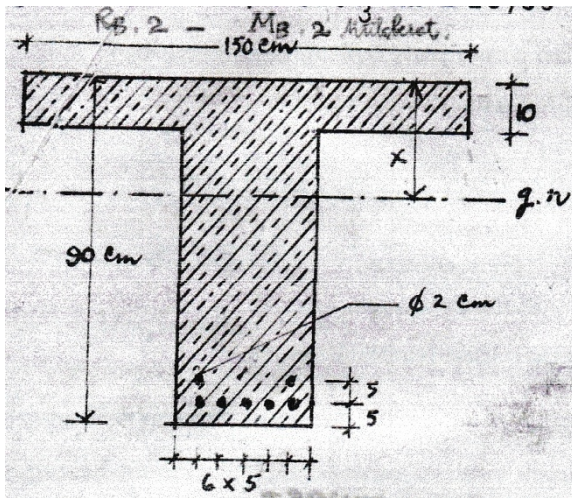
R_B dihitung dengan mengabaikan bidang momen di daerah overstek

$$R_B = \frac{1}{2} \cdot 4,91 \cdot 4 \cdot \frac{8}{3} + 4,91 \cdot 3 \cdot 5,5 + \frac{1}{2} \cdot 0,545 \cdot 3,5 + \frac{1}{2} \cdot 5,455 \cdot 3 \cdot 8 - \frac{1}{2} \cdot 1,04 \cdot 10 \cdot \frac{20}{3} = 14,19 \text{ tm}^2$$

$$M_C = 14,19 \cdot 2 - 1,04 \cdot 2 \cdot \frac{4}{3} \text{ tm} = 26,99 \text{ tm}^3$$

Maka

$$Z_C = \frac{C}{EI} = \frac{26,99 \cdot 10^9}{2 \cdot 10^6 \cdot 3936} = 3,42 \text{ cm}$$



Diketahui

$$\sigma_1 = 1200 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{btn} = 60 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{btarik} = 0$$

$$n = 15$$

Ditanyakan : besarnya M_{max} juga dapat ditahan oleh sayap dengan ukuran tergambar

Jawab :

Dimisalkan gr.netral terletak diluar sayap

Jumlah momen statis terhadap gr.netral = 0

$$150x \cdot \frac{1}{2}x - 120(x-10) \cdot \frac{1}{2}(x-10) - 2.15 \cdot \frac{\pi \cdot 2^2}{4}(80-x) - 5.15 \cdot \frac{\pi \cdot 2^2}{4}(85-x) = 0$$

$$75x^2 - 60 \cdot (x-10)^2 - 30\pi(80-x) - 75\pi(85-x) = 0$$

$$15x^2 - (1200 - 105)x - (6000 + 10935\pi) = 0$$

$$x^2 + (80 + 7\pi)x - (400 + 729\pi) = 0$$

$$x = \frac{-(80 + 7\pi) + \sqrt{(80 + 7\pi)^2 + 4(400 + 729\pi)}}{2} = \frac{-102 + 145,4}{2} = 17,2 \text{ cm}$$

Momen inersia terhadap gr.netral :

$$I_n = \frac{1}{3} \cdot 150 \cdot 17,2^3 = 254,420 \text{ cm}^4$$

$$\frac{1}{3} \cdot 120 \cdot 7,2^3 = 14,930 \text{ cm}^4$$

$$2.15 \cdot \frac{2.2}{4} (62,8^2) = 371,150 \text{ cm}^4$$

$$5.15 \cdot \frac{2.2}{4} (67,8^2) = \frac{1084,760 \text{ cm}^4}{1725,620 \text{ cm}^4}$$

Jika σ_1 mencapai max, maka

$$\sigma_1 = \frac{M \cdot y \cdot 15}{I_n} \text{ kg/cm}^2 = 1200 \text{ kg/cm}^2$$

Maka

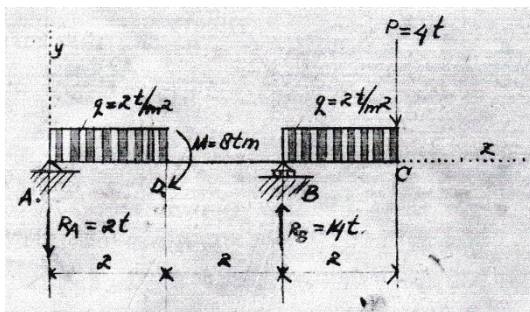
$$M_{\max} = \frac{1200 \cdot I_n}{15 \cdot y \cdot y} = \frac{1200 \cdot 1725620}{15 \cdot 67,8} = 20,34 \text{ tm}$$

Pada $M_{\max}$ tsb

$$\sigma_{btm} = \frac{M \cdot y}{I_n} = \frac{20,34 \cdot 17,2}{1725620} \text{ kg/cm}^2 = 60 \text{ kg/cm}^2$$

Jadi $M_{\max}$ yang dapat ditahan = 20,34 tm

Jika $M_{\max}$ diperhitungkan dari $\sigma_{btm} = 60 \text{ kg/cm}^2$, maka σ_i melampaui, σ_i juga diperkenankan



Diketahui :

Batang dengan keadaan muatan seperti tergambar.
 $E = 2 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2$. Inertia momen batang = 15,760 cm^4 .

Soal :

- Tentukan zakking (deflection) pada titik C dan D
- Tentukan juga besar sudut rotasi pada titik B

Dalam menentukan deflection pada contoh diatas dipakai metode bahwa bidang moment dianggap sebagai muatan. Tetapi kadang-kadang metode itu kurang menguntungkan sebab bentuk muatan kadang-kadang juga tidak menguntungkan. Untuk ini dipakai jalan seperti dibawah ini rumus umum (universal formula) baca teori.

Jawab :

$$M = 0 \quad R_A \cdot 4 - 2 \cdot 2 \cdot 3 + 4 \cdot 2 + 2 \cdot 2 \cdot 1 + 8 = 0$$

$$R_A = -2 \text{ (arah kebawah)}$$

$$K_Y = 0 \quad R_B = 14$$

Ambil sendi A sebagai asal $Y_a = Y_o = 0$ (Y pada $Z = 0$) kemudian dicari besar sudut dengan berdasar bahwa $Y = 0$ pada $Z = 4 \text{ m}$.

$EIY_z = 4 =$ pengaruh + pengaruh momen + pengaruh R_A dan R_B + pengaruh muatan terbagi rata (perhatikan tandanya).

$$\theta = EI\theta_o \cdot 4 + \frac{8(4-2)^2}{2} - \frac{2(4-0)^3}{6} - \frac{2(4-0)^4}{24} + \frac{2(4-2)}{24}$$

$$\theta_o = \theta_o = \frac{6,33}{EI}$$

Zakking (lendutan) pada C ($z = 6$ m)

$$EIY_c = 6,33.6 + \frac{8(6-2)^2}{2} - \frac{2(6-0)^3}{6} + \frac{14(6-4)^3}{6} - \frac{2(6-2)^4}{24} + \frac{2(6-2)^4}{24} - \frac{2(6-4)^4}{24}$$

$$Y_c = \frac{-3,93.10^0}{2.10^6.15760} = -1,26 \text{ cm}$$

Zakking pada titik D

$$EIY_d = 6,33.2 - \frac{2(2-0)^3}{6} - \frac{2(2-0)^4}{24} = 8,67.10^9 \text{ kg/cm}^3$$

$$Y_d = \frac{8,67.10^9}{6} = 0,275 \text{ cm}$$

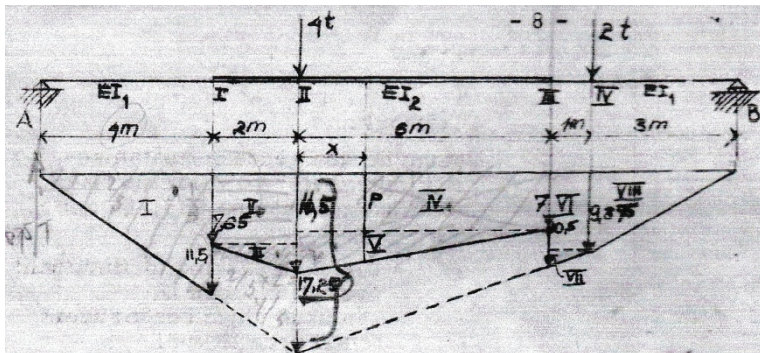
Sudut rotasi di B ditentukan dengan keadaan $z = 4$ m (perhatikan rumusnya)

$$EIY'_b = 6,33.6 + 8(4-2) - \frac{2.4^3}{2} - \frac{2.4^3}{6} + \frac{2(4-2)^3}{6} = -12,3 \text{ tm}^2 = 12,3.10^7 \text{ kg/cm}^2$$

Y'_b = turunan pertama dari persamaan garis elastic inilah yang menentukan besarnya sudut rotasi (baca teori)

$$\theta_o = \frac{-12.3.10^7}{6} = -39.10^{-4} \text{ radians}$$

$2.10.15760$



Diketahui :

$$E.I_1 = 8.10^{10} \text{ kg/cm}^2$$

$$E.I_2 = 12.10^{10} \text{ kg/cm}^2$$

Ditanyakan :

Z_{III} dan z_{max}

Jawab :

Digambar lebih dulu bidang momen

$$RA = \frac{4.10 + 2.3}{16} = 2,875 \text{ ton}$$

$$RB = \frac{4.6 + 2.3}{16} = 3,125 \text{ ton}$$

$$M_I = 2,875.4 \text{ tm} = 11,5 \text{ tm}$$

$$M_{II} = 2,875 \cdot 6 \text{ tm} = 17,25 \text{ tm}$$

$$M_{III} = 2,875 \cdot 12 - 4 \cdot 6 \text{ tm} = 10,5 \text{ tm}$$

$$M_{IV} = 3,125 \cdot 3 \text{ tm} = 9,375 \text{ tm}$$

Kemudian bidang M diantara potongan I dan III doroduksi

$$M_x = \frac{EI_1}{EI_2}$$

$$M_x = \frac{2}{3} - M_x$$

Dengan bidang M yang sudah direduksi dianggap sebagai muatan dihitung besarnya luas bagian-bagian bidang M

$$I = \frac{1}{2} \cdot 4 \cdot 11,5 = 23 \text{ tm}^2$$

$$II = 2 \cdot 7,65 = 15,3 \text{ tm}^2$$

$$III = \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 3,85 = 3,85 \text{ tm}^2$$

$$IV = 6 \cdot 7 = 42 \text{ tm}^2$$

$$V = \frac{1}{2} \cdot 6 \cdot 4,5 = 13,5 \text{ tm}^2$$

$$VI = 1 \cdot 9,375 = 9,375 \text{ tm}^2$$

$$VII = \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot 1,125 = 0,5625 \text{ tm}^2$$

$$VIII = \frac{1}{2} \cdot 3 \cdot 9,375 = 14,0625 \text{ tm}^2$$

$$121,65 \text{ tm}^2$$

$$\Sigma M_B = 0$$

$$RA = \frac{23 \left(12 + \frac{4}{3} \right) + 15,3 \cdot 11 + 3,85 \left(10 + \frac{2}{3} \right) + 42 \cdot 7 + 13,5 \cdot 8 + 9,375 \cdot 3,5 + 0,5625 \left(3 + \frac{2}{3} \right) + 14}{16}$$

$$RA = \frac{23 \left(12 + \frac{4}{3} \right) + 15,3 \cdot 11 + 3,85 \left(10 + \frac{2}{3} \right) + 42 \cdot 7 + 13,5 \cdot 8 + 9,375 \cdot 3,5 + 0,56 \left(3 + \frac{2}{3} \right) + 14,06 \cdot 2}{16}$$

$$\frac{306,66 + 168,3 + 41,07 + 294 + 108 + 32,7 + 2,06 + 28,125}{416} \text{ tm}^2 = \frac{980,388}{16} = 61,3 \text{ tm}$$

$$RB = \frac{23\frac{8}{3} + 15,3 \cdot 5 + 3,85(4+3) + 42,9 + 13,5 \cdot 8 + 9,375 \cdot 12,5 + 0,56\left(12 + \frac{1}{3}\right) + 14,06 \cdot 14}{16}$$

$$= \frac{61,33 + 76,5 + 20,04 + 378 + 108 + 117,3 + 6,94 + 196,875}{16} \text{ tm}^2 = \frac{965,085}{16} = 60,35 \text{ tm}^2$$

$$M_{III} = 60,35 \cdot 4 - 14,0625 \cdot 2 - 0,5625 \cdot 0,33 - 9,375 \cdot 0,5 \text{ tm}^3 = 208,305 \text{ tm}^3$$

Maka

$$Z_{III} = \frac{M_{III}}{EI_1} = \frac{208,305 \cdot 10^9}{8 \cdot 10^{10}} = 2,61 \text{ cm}$$

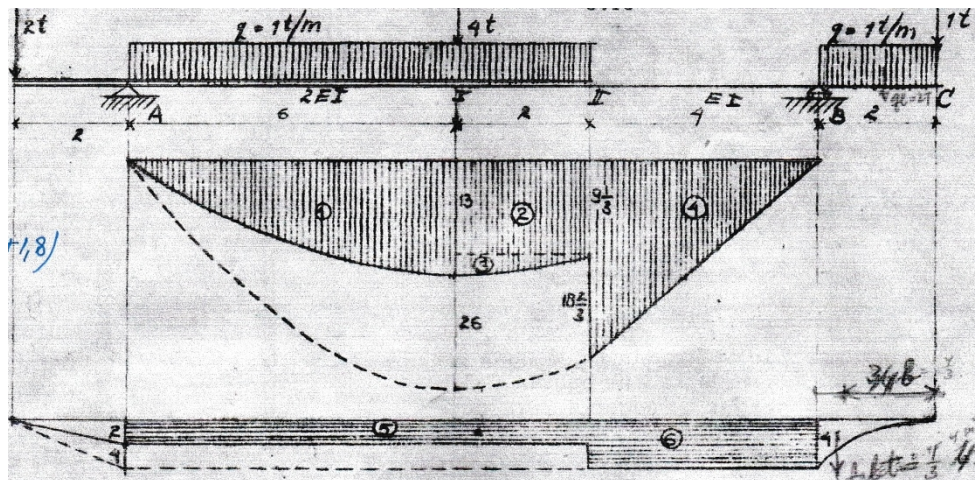
Menghitung z_{max} : $Dx = 0$

$RA > (I + II + III)$ tetapi $< (I + II + III + IV)$ jadi $Dx = 0$ terjadi diantara potongan II dan III

Luas bagian dari luas IV dan V sepanjang

$$x = x \cdot 11,5 - \frac{1}{2}x \left(11,5 - \frac{6-x}{6} \cdot 11,5 \right) = 11,5x - \frac{3}{8}x^2$$

$$Dx = 61,3 - 23 - 15,3 - 3,85 - 11,5x \frac{3}{8}x^2 = 0$$



Diketahui

Batang dengan muatan seperti tergambar. $E = 2 \cdot 10^6$ $I = 8 \cdot 10^3 \text{ cm}^4$

Ditanyakan : zacking pada C

Jawab :

Pada keadaan ini akan sebaiknya jika bidang momen dibagi 2 ialah antara A dan B kemudian bidang moment karena pengaruh muatan overhang.

$$RA = \frac{8 \cdot 8 + 4 \cdot 6}{12} = \frac{88}{12} = 7,33 \text{ t}$$

$$M_{II} = 7,33 \cdot 8 - 8 \cdot 4 - 4,2 = 18,66$$

$$RB = \frac{8.4 + 4.6}{12} = 4,66t$$

$$M_I = 7,33 \cdot 6 - 6 \cdot 3 - 6 \cdot 3 = 26$$

Pengaruh overhang

$$M_A = 2.2 = -4$$

$$M_B = -(1,2 + 2.1) = -4$$

Setelah bidang M digambar kemudian ada bagian yang direduksi.

$$Mx = \frac{EI}{2EI} Mx \text{ (lihat gambar)}$$

Luas bidang moment (lihat gambar)

$$1 = \frac{2}{3} \cdot 6 \cdot 13 = 52$$

$$2 = 9,33 \cdot 2 = 18,66$$

$$3 = \frac{2}{3} \cdot 2 \cdot 3,66 = 4,90$$

$$4 = \frac{1}{2} \cdot 4 \cdot 18,66 = 37,33$$

$$5 = 8 \cdot 2 = 16$$

$$6 = 4 \cdot 4 = 16$$

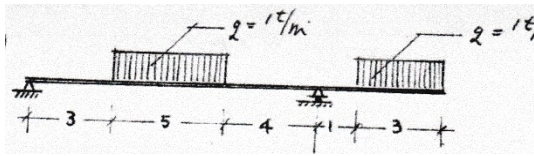
$$RA = \frac{52 \cdot \left(\frac{3}{8} \cdot 6 + 6 \right) + 18,66 \cdot 5 + 4,9 \cdot 5 \cdot \frac{1}{4} + 37,33 \cdot 2,66 - 16 \cdot 8 - 16 \cdot 2}{12} = 40,625$$

$$RB = \frac{52 \cdot \left(\frac{5}{8} \cdot 6 \right) + 18,66 \cdot 7 + 4,9 \cdot 6,75 + 37,33 \cdot 9,33 - 16 \cdot 4 - 16 \cdot 10}{12} = 40,275$$

$$M_C = 40,275 \cdot 2 - \frac{1}{3} \cdot 4 \cdot 2 \cdot \frac{3}{4} \cdot 2 = 76,55tm^3$$

$$Zc = \frac{76,55 \cdot 10^9}{16 \cdot 10^8} = 4,78cm$$

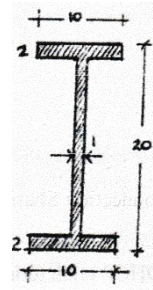
1.



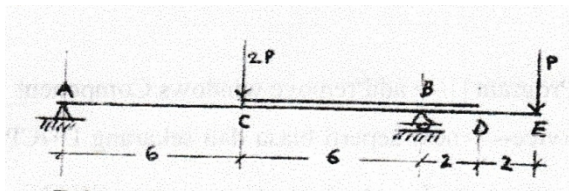
Diketahui : Batang dengan muatan tergambar

Profile I seperti tergambar $E = 2 \cdot 10^6$

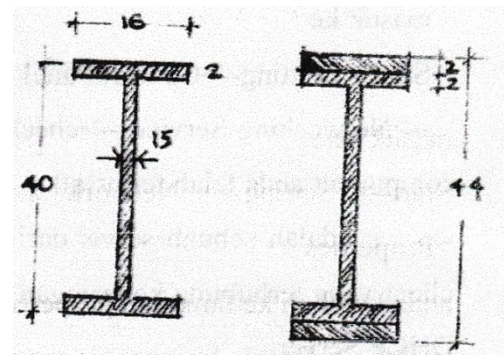
Dimana dan berapa Z_{max}



2. Soal dibawah ini adalah sejenis dengan contoh-contoh diatas. Buatlah untuk latihan



3.



Diketahui bagian AC dan DE dengan potongan pertama sedang bagian CD dengan potongan seperti gambar kedua

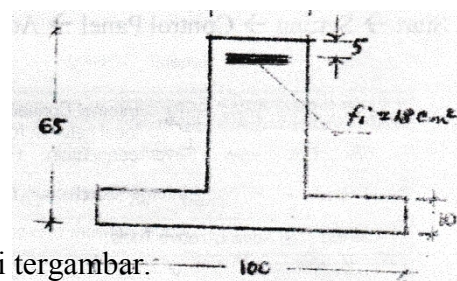
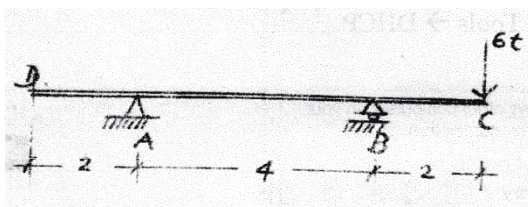
$E = 2 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2$

$\sigma = 1000 \text{ kg/cm}^2$

Hitung P_{max} kemudian Z_c dan Z_d dan Z_e pada

P_{max} tersebut.

3.



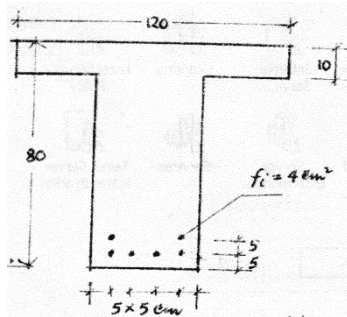
Diketahui balok beton dan tulangan dengan ukuran seperti tergambar.

$E = 2 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2$

$n = 15$ (beton tarik tidak bekerja)

hitunglah σ_{max} yang terjadi dan zacking di D

4.



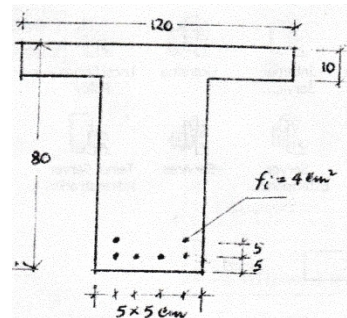
Diketahui lantai beton bertulang dengan ukuran tergambar

$$\sigma_i = 1200 \text{ kg/cm}^2$$

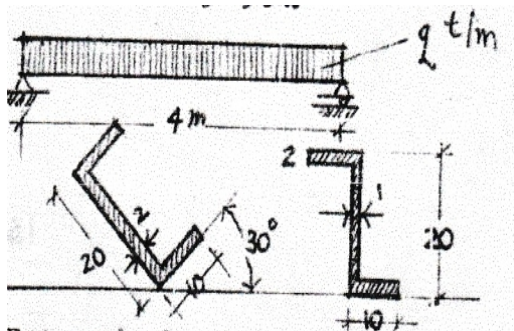
$$\sigma_{btm} = 80 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{bt} = 0 \text{ kg/cm}^2$$

Hitunglah Mmax yang dapat dipikul



5.

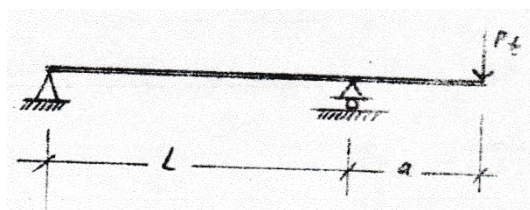


Batang baja dengan profil seperti diatas menahan muatan terbagi rata q t/m

$$\sigma \text{ yang diizinkan} = 1200 \text{ kg/cm}^2$$

Maka Hitung q yang diizinkan

6.

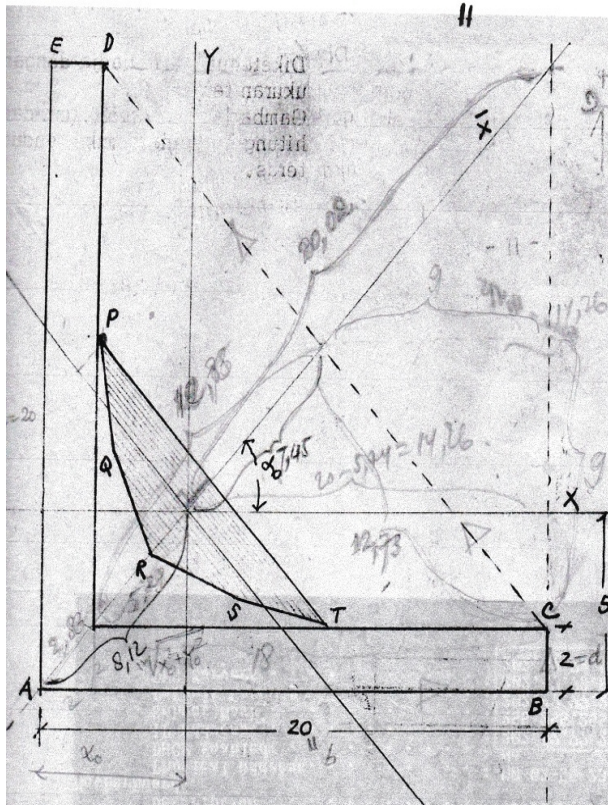


Dengan menganggap bidang moment sebagai muatan

Buktikan

$$Z_c = \frac{P.a^2}{3EI}(1+a)$$

(dengan demikian akan jelas bahwa bidang moment pada overstek tidak diperhitungkan)



Diketahui profil dengan ukuran tergambar.

Gambarlah teras/kern dan tentukan juga

koordinat titik teras tersebut.

Jawab :

- Carilah sumbu inersia pokok dan hitunglah momen inersia terhadap sumbu tersebut
- Dengan menganggap sisi yang terluar sebagai garis netral dapat dihitung titik teras.

Penyelesaian :

Luas tampang $A = 20 \cdot 2 + 18 \cdot 2 = 76 \text{ cm}^2$

Menghitung Letak titik berat dengan

Statisch momen terhadap sisi bawah :

$$20 \cdot 2 \cdot 1 + 18 \cdot 2 \cdot 11 = x(20 \cdot 2 + 18 \cdot 2)$$

$$x = 5,74 \text{ cm}$$

Menghitung Inersia

$$I_x = I_y = \frac{1}{12} 20(2)^3 + 20 \cdot 2(4,74)^2 + \frac{1}{12} 2(18)^3 + 2 \cdot 18(5,26)^2 = 2883,33$$

$$C_{xy} = 20,2(-4,74)(4,26) + 18 \cdot 2(-4,74)(5,26) = 1897,8$$

$$\alpha_0 = 45^\circ$$

$$I_{ex} = \frac{I_x + I_y}{2} + C_{xy} = 2883,33 + 1697,8$$

$$I_x = 4581,13$$

$$I_y = 1185,53$$

Maka

$$I_x^2 = \frac{4581,13}{76} = 60,25$$

$$I_y^2 = \frac{1185,53}{76} = 15,6$$

Untuk menentukan titik teras ditinjau sisi-sisi AB, CD dan BC dengan dianggap sebagai garis netral. Sedang sisi-sisi lainnya adalah simetris.

Ditinjau garis netral AB yang memotong sumbu x pada (8, 12, 0) dan y pada (0, 8, 12)

$$X_p \cdot 8,12 = 15,6 \rightarrow X_p = 1,94$$

$$Y_p \cdot 8,12 = 60,25 \rightarrow Y_p = 7,41$$

Garis netral CD yang memotong sumbu x pada (7,45; 0) dan y pada (0,0)

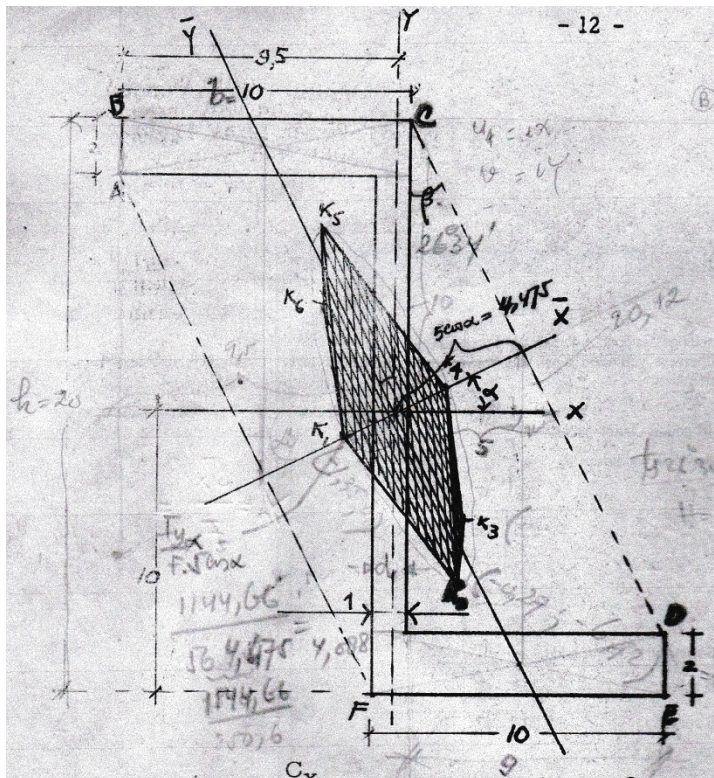
$$X_r \cdot 7,45 = 15,6 \quad X_r = 2,09 \quad R(-2,09; 0)$$

Garis netral BC yang memotong sumbu x pada (20,02;0) dan sumbu y pada (0,20, 02)

$$X_q \cdot 20,02 = 15,6 \quad X_q = 2,98 \quad Q(-0,772 + 2,98)$$

Catatan : titik psimetri dengan T dan titik Q dengan S

Cara mencari koordinat titik potong garis netral dengan sumbu adalah dengan melihat gambar perhitungan goniometrie biasa.



Diketahui profil baja dengan ukuran tergambar.

Gambarlah teras potongan dan hitung koordinat titik-titik sudut teras.

Jawab :

$$F = 2 \cdot 10 \cdot 2 + 1 \cdot 16 \text{ cm}^2 = 56 \text{ cm}^2$$

Letak titik berat ditengah-tengah potongan

$$I_x = 2 \cdot \frac{1}{12} \cdot 10 \cdot 2^3 = 13,33 \text{ cm}^4$$

$$2 \cdot 10 \cdot 2 \cdot 9^2 = 3240 \text{ cm}^4$$

$$\frac{1}{12} \cdot 1 \cdot 16^3 = 341,33 \text{ cm}^4$$

$$3594,66 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 2 \cdot \frac{1}{12} \cdot 10 \cdot 2^3 = 333,33 \text{ cm}^4$$

$$2 \cdot 10 \cdot 2 \cdot 4,5^2 = 810 \text{ cm}^4$$

$$\frac{1}{12} \cdot 16 \cdot 1^3 = 1,33 \text{ cm}^4$$

$$1144,66 \text{ cm}^4$$

$$C_{xy} = 10 \cdot 2 \cdot 4,5 \cdot -9 \text{ cm}^4$$

$$= -1620 \text{ cm}^4$$

$$\alpha = \frac{C_x}{\frac{I_x - I_y}{2}} = 1,322 \qquad 2\alpha_0 = 52^{\circ}54' \qquad \alpha_0 = 26^{\circ}27'$$

$$I_x = \frac{I_x + I_y}{2} + \sqrt{\frac{(I_x - I_y)^2}{4} + C_{xy}^2}$$

$$I_y = \frac{I_x + I_y}{2} - \sqrt{\frac{(I_x - I_y)^2}{4} + C_{xy}^2}$$

Sudut antara garis netral CD dan sumbu

$$y = \beta = \arctg \frac{9}{18} = \arctg 0,5 = 26^{\circ}34'$$

Jadi garis netral CD dapat dianggap sejajar dengan sumbu y

Letak titik sudut teras :

Garis netral CD memotong sumbu x pada absis = $5 \cos \alpha_0 = 5 \cdot 0,895 = 4,475$

Memotong sumbu y pada ordinat tidak terhitung karena CD dianggap // y

$$K_1 \rightarrow u_1 = \frac{338,66}{56 \cdot 4,475} = 1,35$$

$$v_1 = 0$$

$$K_1 (-1,35, 0)$$

Garis netral BC memotong sumbu x pada absis

$$= \frac{10}{\sin \alpha_0} = \frac{10}{0,445} = 22,4 \text{ cm}$$

Memotong sumbu y pada ordinat

$$= \frac{10}{\cos \alpha_0} = \frac{10}{0,895} = 11,35 \text{ cm}$$

$$K_2; u_2 = \frac{338,66}{56 \cdot 22,4} = 0,27$$

$$v_2 = \frac{4400,66}{56 \cdot 11,35} = 6,92$$

$$K_2 (-0,27, -6,92)$$

Garis netral AB memotong sumbu x pada absis

$$= \frac{9,5}{\cos \alpha_0} = \frac{9,5}{0,895} = 10,61 \text{ cm}$$

Garis netral AB memotong sumbu y pada ordinat

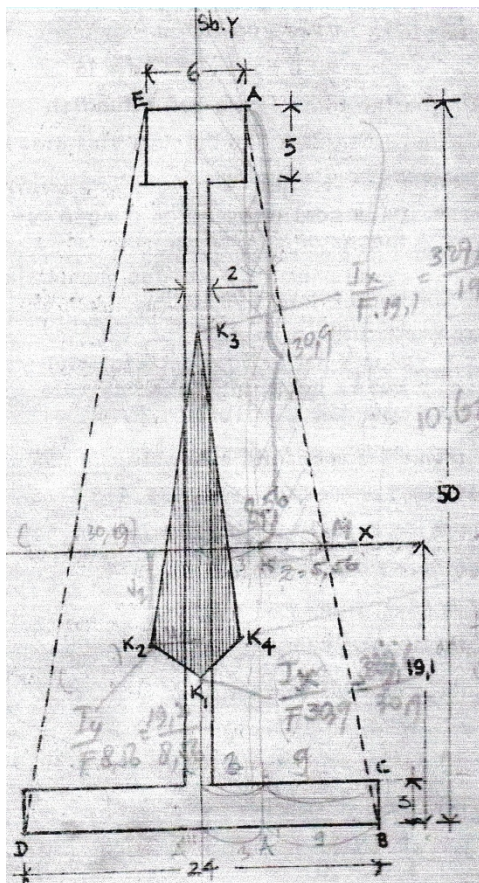
$$= \frac{9,5}{\sin \alpha_0} = \frac{9,5}{0,445} = 21,35 \text{ cm}$$

$$K_3 > u_3 = \frac{338,66}{56.10,6} = 0,57$$

$$v_3 = \frac{4400,66}{56.21,35} = 3,68$$

$$K_3 (+0,57, -3,68)$$

K_4, K_5, K_6 simetris dengan K_1, K_2, K_3



$$I_y = \frac{I_x}{P} = 327,6 \text{ cm}^2$$

$$I_y = \frac{1}{12} \cdot 5 \cdot (6)^3 = 90 \text{ cm}^4$$

diketahui profil baja dengan ukuran tergambar

gambar teras potongan dan hitung kekuatan

tekan maximum yang boleh bekerja di A jika

$\sigma_i = 1200 \text{ kg/cm}^2$. Dianggap C terletak pada AB

hitung juga yang terjadi di D pada Pmax tersebut.

Jawab : $F = 6, 5 + 42, 2 + 24, 3 \text{ cm}^2 = 186 \text{ cm}^2$

Letak titik berat :

$$y = \frac{6.5.47,5 + 42.2.24 + 24.3.1,5}{6.5 + 42.2 + 24.3} = 19,1 \text{ cm}$$

$$\frac{1}{12} \cdot 2 \cdot (42)^3 = 12348 \text{ cm}^4$$

$$6 \cdot 5 \cdot (28,4)^2 = 24196,8 \text{ cm}^4$$

$$2 \cdot 42 \cdot 4,92 = 2016,8 \text{ cm}^4$$

$$\frac{1}{12} \cdot 24 \cdot (3)^3 = 54 \text{ cm}^4$$

$$24 \cdot 3 \cdot 17 \cdot 6^2 = 22302,7 \text{ cm}^4$$

$$60980 \text{ cm}^4 I_x^2$$

$$\frac{1}{12} \cdot 24 \cdot 1(2)^3 = 28 \text{ cm}^4$$

$$\frac{1}{12} \cdot 3 \cdot (24)^3 = 3456 \text{ cm}^4$$

$$\text{Jumlah} = 3574 \text{ cm}^4$$

$$I_y^2 = \frac{I_y}{F} = 19,2 \text{ cm}^2$$

Letak titik sudut teras :

Garis netral EA memotong sumbu y pada ordinat = $50 - 19,1 \text{ cm} = 30,9 \text{ cm}$

$$K_1 : u_1 = 0$$

$$v_1 = \frac{327,6}{30,9} = 10,61$$

Garis netral AB memotong sumbu x pada absis

$$= 3 + \frac{30,9}{50} \cdot 9 \text{ cm} = 8,56 \text{ cm}$$

Memotong sumbu y pada ordinat

$$= \frac{8,56}{5,56} \cdot 30,9 \text{ cm} = 47,6 \text{ cm}$$

$$K_2 \rightarrow u_2 = \frac{19,2}{8,56} = 2,24$$

$$v_2 = \frac{327,6}{47,6} = 6,89$$

$$K_2 (2,24 \ 6,89)$$

Garis netral BD memotong sumbu y pada ordinat = $10,1 \text{ cm}$

$$K_2 \rightarrow u_3 = 0$$

$$v_3 = \frac{327,6}{19,1} = 17,16$$

$$K_3 (0 \ 17,16)$$

K_4 simetris dengan K_2

Jika di A bekerja kekuatan tekan P maka

$$\sigma_A = \frac{P}{F} \left(1 + \frac{u \cdot x}{i_y^2} + \frac{v \cdot y}{i_x^2} \right)$$

$$= \frac{P}{186} \left(1 + \frac{3.3}{19.2} + \frac{30.9.30.9}{327.6} \right)$$

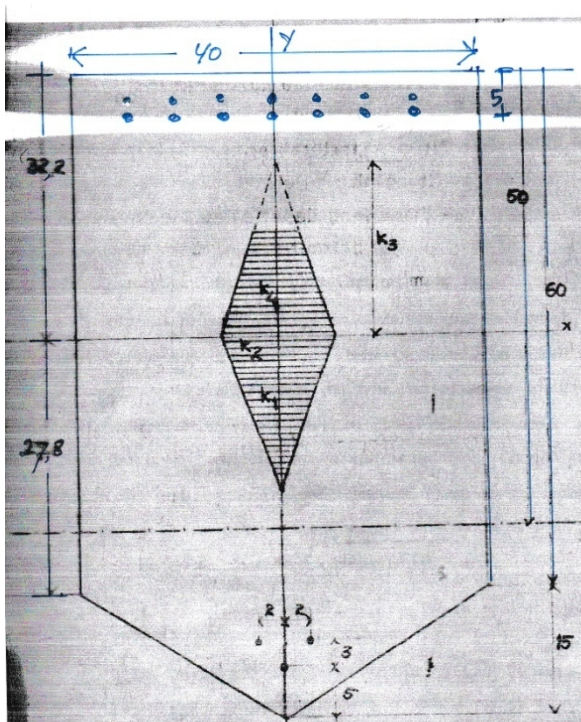
Jika di $\sigma_A = 1200 \text{ kg/cm}^2$ maka

$$P_{\max} = \frac{1200.186}{\left(1 + \frac{3.3}{19.2} + \frac{30.9.30.9}{327.6} \right)}$$

$$= \frac{1200.186}{1 + 0.47 + 2.92} \cdot 10^{-3} \text{ ton} = 50.9 \text{ ton}$$

Pada $P_{\max}$ tersebut

$$\sigma_D = \frac{50.9}{186} \left(1 + \frac{3.12}{19.2} + \frac{30.9.19.1}{327.6} \right) \cdot 10^3 \text{ kg/cm}^2$$



Diketahui :

Bentuk beton seperti disamping

$$\sigma_i = 1200 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{btm} = 80 \text{ kg/cm}^2$$

$$n = 15$$

Gambarlah teras / kern dan hitunglah juga $P_{\max}$ di A (30 cm dari sisi atas)

Jawab :

Pada soal teras beton dengan tulangan.

Pada umumnya potongan mempunyai bentuk yang simetris

(as inersia = sumbu simetris)

Hanya harus diperhatikan ialah bahwa beton tarik tak bekerja

Letak titik berat

Statistisch moment terhadap sisi atas

$$45.30.22 \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cdot 30.15 + 14.5.4.5 + 14.4.55 = x \left(45.30 + \frac{1}{2} \cdot 30.15 + 14.6.4 \right) 46105 = 1911x$$

$$x = 24.1 \text{ (dari sisi atas)}$$

catatan : dipakain = 14 berhubung $F1 = 24 > 1\% F_{set} = 1575$

$$I_x = \frac{1}{12} 30(45)^3 + 30.45(1,6)^2 + \frac{1}{36} 30(15)^3 + \frac{1}{12} 30.15(25,9)^2 + 14.5.4(19,1)^2 + 14.4(10,9)^2$$

$$227812,5 + 3460 + 2810 + 151000 + 102100 + 53400 = 540582,5 \text{ cm}^4$$

$$I_y = \frac{1}{12} 45(30)^3 + \frac{1}{12} 2.15(15)^3 + 14.2.4(5)^2 + 14.2.4(10)^2 + 101200 + 8737,5 + 2800 + 11200$$

$$= 123937,5 \text{ cm}^4$$

$$F = 1911$$

Jari-jari teras dicari dengan rumus $k = \frac{W}{F} / W = \text{werstand moment}$

$$k_1 = \frac{540582,5}{24,1.1911} = 11,72 \text{ cm}$$

$$k_2 = \frac{123937,5}{15.1911} = 4,31 \text{ cm}$$

$$k_3 = \frac{540582,5}{20,9.1911} = 13,51 \text{ cm}$$

$$k_4 = \frac{540582,5}{35,9.1911} = 8,07 \text{ cm}$$

Maka dengan demikian teras dapat digambar

Berapa besar P_{max} ? (bekerja di A)

Karena A ada didalam terasmaka dicari dengan moment teras

$$\sigma_b = \frac{P(5,9 + 8,07)}{1911.8,07} = \frac{P.13,97}{1911.8,07} \text{ (selidikilah untuk 1)}$$

Maka

$$P = \frac{80.8,07.1911}{13,97} = 88300 \text{ kg} = 88,3 \text{ ton}$$

Berarti P yang diperkenankan bekerja pada A = 88,3 ton

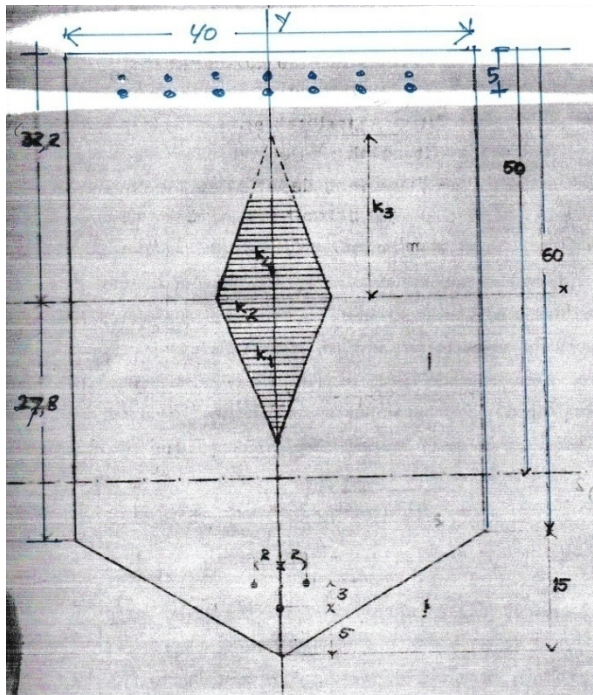
Diketahui : bentuk beton bertulang seperti disamping $\sigma_i = 1200 \text{ kg/cm}^2$

$\sigma_b = 60 \text{ kg/cm}$ $\sigma_b \text{ tarik} = 0 \text{ kg/cm}$

letak garis netral diketahui seperti tergambar (50 cm dari sisi atas)

gambarlah teras : letak titik A (titik pegang kekuatan) secara analitis

hitung juga P_{max} yang dapat bekerja pada A



Letak titik berat

Statis terhadap momen terhadap sisi atas

$$\frac{1}{12} \cdot 40 \cdot (60)^3 = 720000$$

$$40 \cdot 60 \cdot (2.2)^2 = 11600$$

$$\frac{1}{35} \cdot 40 \cdot (15)^2 = 3750$$

$$\frac{1}{2} \cdot 40 \cdot 15 \cdot (32.8)^2 = 322200$$

$$14 \cdot 7 \cdot 4 \cdot (27.2)^2 = 295000$$

$$14 \cdot 2 \cdot 4 \cdot (34.8)^2 = 135500$$

$$14 \cdot 4 \cdot (37.8)^2 = 80000$$

$$1563050 \text{ cm}^4$$

$$I_y = \frac{1}{12} \cdot 60 \cdot (40)^3 = 320000$$

$$\frac{1}{12} \cdot 2 \cdot 15 \cdot (20)^3 = 20000$$

$$14 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 4 \cdot (5)^2 = 2800$$

$$14 \cdot 2 \cdot 4 \cdot (10)^2 = 11200$$

$$14 \cdot 2 \cdot 4 \cdot (15)^2 = 25200$$

$$14 \cdot 2 \cdot 4 \cdot (2)^2 = 448$$

$$\text{Jumlah} = 379648 \text{ cm}^4$$

Menghitung jari-jari teras $k = \frac{W}{P}$

$$P = 3260 \text{ cm}^2$$

$$k_1 = \frac{1583050}{3260 \cdot 32.3} = 14.9 \text{ cm}$$

$$k_2 = \frac{379648}{3260 \cdot 32.3} = 5.82 \text{ cm}$$

$$k_3 = \frac{1583050}{3260 \cdot 27.8} = 17.25 \text{ cm}$$

$$k_4 = \frac{1563050}{3260.27,8} = 11,2 \text{ cm}$$

Dengan demikian teras dapat digambar

Garis netral berjarak 50 cm dari sisi atas dimana letak A?

$$\text{Rumus} = d \frac{In}{Sn}$$

In = Inersia momen terhadap garis netral dari bagian yang bekerja saja

Sn = statisch momen terhadap garis netral dari bagian yang bekerja saja

$$In = \frac{1}{3} \cdot 40(50)^3 + 14 \cdot 7.4(45)^2 + 15 \cdot 2.4(17)^2 + 15 \cdot 1.4(20)^2 = 2522480 \text{ cm}^4$$

$$Sn = 40 \cdot 50 \cdot 25 + 14 \cdot 74 \cdot 45 - 15 \cdot 2 \cdot 4 \cdot 17 - 15 \cdot 4 \cdot 20 = 64400 \text{ cm}^3$$

$$d = \frac{In}{Sn} = \frac{2522480}{64400} = 39,2 \text{ cm (dari garis netral)}$$

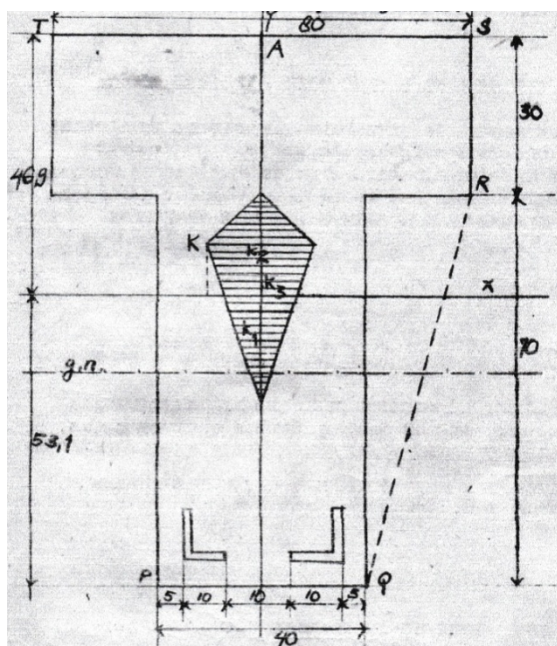
Berapa Pmax yang dapat bekerja di A

$$\sigma = \frac{\eta P}{Sn} = \frac{50P}{64400} \quad b = 60 \text{ maka } P_{\max} = 77200 \text{ kg} = 77,2 \text{ ton}$$

Ditinjau tegangan pada baja

$$\sigma_1 = \frac{15.45.77200}{64400} = < 1200 \text{ maka besar } P_{\max} \text{ ditentukan oleh betonnya}$$

$$\therefore P_{\max} = 77,2 \text{ ton}$$



Diketahui : column n dengan bentuk seperti disamping. Tulangan dengan besi kanal.

$$\sigma_b \text{ tekan} = 60 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_b \text{ tarik} = 0$$

$$\sigma_{\text{besi}} = 1200 \text{ kg/cm}^2$$

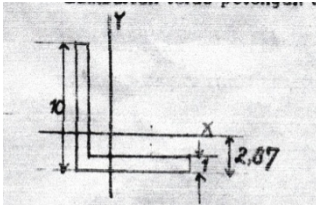
titik A terletak seperti pada gambar. Hitunglah :

- Pmax yang dapat bekerja di A (ingat beton tarik tak bekerja). Gambar teras column n tersebut.

Letak titik berat

Statisch momen terhadap sisi kiri

$$= 10 \cdot 1 \cdot \frac{1}{2} + 2 \cdot 10 \cdot 1.5$$



$$= x(18.1 + 2.10.1)$$

$$x = \frac{109}{38} = 2.87 \text{ cm}$$

Ditinjau besi profil dulu

$$I_x = \frac{1}{12} \cdot 1 \cdot 18^3 + 2 \cdot \frac{1}{12} \cdot 10(1)^3 + 2 \cdot 10 \cdot 1(9.5)^2 = 2292.66 \text{ cm}^4$$

$$I_y = \frac{1}{12} \cdot 18 \cdot 1^3 + 18 \cdot 1(2.371)^2 + 2 \cdot \frac{1}{12} \cdot 1(10)^3 + 2 \cdot 10 \cdot 1(2.13)^2 = 360.16 \text{ cm}^4$$

Titik A terang diluar teras dan garis netral akan memotong penampang dank arena beton tarik tak bekerja dicari dulu letak garis netral.

Rumus $I_n = d \cdot S_n$

I_n = Inertia momen terhadap garis netral dari bagian yang bekerja saja

S_n = statisch momen terhadap garis netral dari bagian yang bekerja saja

d = jarak A ke garis netral

mis : jarak A sampai garis netral = x

$$I_n = \frac{1}{3} \cdot 30 \cdot (x)^3 + 15.360.16 + 15.38(37.13 - x)^2 = 10x^3 + 5402.1 + 792000 + 570x^2$$

$$I_n = \frac{1}{3} \cdot 30 \cdot (x)^3 + 15.360.16 + 15.38(37.13 - x)^2 = 10x^3 + 5402.1 + 792000 + 570x^2$$

$$42250x = 10x^3 + 570x^2 - 42250x + 797402.1$$

$$S_n = 30 \cdot x \cdot \frac{1}{2} x - 15.38(37.13 - x) = 15x^2 - 21150 + 570x$$

Pers.

$$x(15x^2 - 21150 + 570x) = 10x^3 + 570x^2 - 42250x + 797402.1$$

$$5x^3 + 21100 - 797402.1 = 0$$

$$x^3 + 4220x - 159480.42 = 0$$

$$x = 30.9 \text{ (trial dan error)}$$

$$\therefore S_n = 30 \cdot \frac{1}{2} x^2 - 15.38(37.13 - 30.9) = 10760 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_b = 60 = \frac{\eta \cdot P}{S_n} - \frac{30.9 \cdot P}{10760}$$

$$P_{\max} = 20900 \text{ kg} = 20.9 \text{ ton}$$

Tinjauan pada besi

$$\sigma_i = \frac{15.9.1.20900}{10760} = 265 \text{ kg/cm}^2 < 1200 \text{ kg/cm}^2$$

Jadi besar Pmax ditentukan terhadap beton (melihat σ_i yang begitu kecil sebenarnya kita sudah rugi dalam bahan)

Gambarlah teras. Letak titik berat, statisch momen terhadap sisi atas.

Dipakai $n = 14$ ($F_i > 1\% F_{sel}$)

$$30.45.22 \frac{1}{2} + 14.38.37,13 = x(30,45 + 14,38)$$

$$50075 = x(1882) \quad x = 26,6$$

$$I_x = \frac{1}{12} 30(45)^3 + 45.30(4,1)^2 + 14.360,16 + 14.38(10,53)^2 = 314562,5 \text{ cm}^4$$

$$I_y = \frac{1}{12} 45(30)^3 + 14.2292,66 = 137100 \text{ cm}^4$$

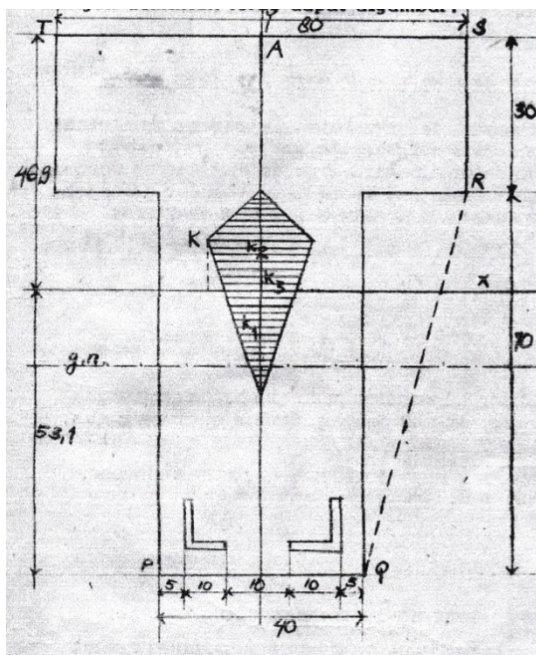
Jari-jari teras dapat dihitung dengan rumus

$$k = \frac{W}{F}$$

$$k_1 = \frac{314562,5}{26,6.1882} = 6,28 \text{ cm}$$

$$k_2 = \frac{314562,5}{18,4.1882} = 9,07 \text{ cm} \quad k_3 = \frac{137100}{15.1882} = 4,86 \text{ cm}$$

Dengan demikian teras dapat digambar



Diketahui bentuk beton dengan tulangan dari besi siku dapat tergambar

Garis netral berjarak 60 cm dari sisi atas.

$$\sigma_i = 1200$$

$$\sigma_{btm} = 40 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{tarik} = 0$$

$$n = 15$$

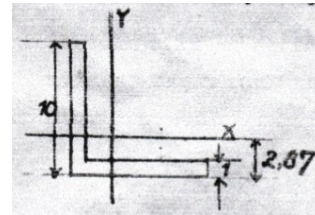
hitung :

- Letak A (titik pegang kekuatan secara analitis)
- Pmax yang diperkenankan di A
- Gambarlah teras potongan tersebut.

Ditinjau besi siku yang terpasang dulu. Kemudian hitung Letak titik berat, dengan statisch momen terhadap sisi bawah

$$10 \cdot 1 \cdot \frac{1}{2} + 9 \cdot 1 \cdot 5 \cdot \frac{1}{2} = x(19)$$

$$x = 2,87$$



$$I_x = I_y = \frac{1}{12} 9(1)^3 + 9 \cdot 1(2,37)^2 + \frac{1}{12} 1(10)^3 + 10 \cdot 1(2,13)^2 = 179,98 \text{ cm}^4$$

I_n = inersia momen terhadap garis netral dari bagian yang bekerja saja.

$$= \frac{1}{12} 80(30)^3 + 80 \cdot 30(45)^2 + \frac{1}{3} 40(30)^3 + 2 \cdot 15 \cdot 179,98 + 2 \cdot 15 \cdot 19(32,13)^2$$

$$= 5992399,4 \text{ cm}^4$$

S_n = statisch moment terhadap garis netral dari bagian yang bekerja saja

$$= 80 \cdot 30 \cdot 45 + 40 \cdot 30 \cdot 15 - 2 \cdot 15 \cdot 19 \cdot 32,13 = 107685,90 \text{ cm}^3$$

$$d = \frac{I_n}{S_n} = \frac{5992399,4}{107685,9} = 55,6 \text{ cm}$$

$\therefore$ jarak A = 55,6 cm dari garis netral.

Mencari $P_{\max}$

$$\sigma_{btm} = \frac{\eta P}{S_n} = \frac{60 \cdot P}{107685,9}$$

$$\sigma_{btm} \text{ diketahui} = 40 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_{\max} = 71680 \text{ kg} = 71,68 \text{ ton}$$

Diselidiki tegangan pada besi siku

$$\sigma_1 = \frac{15,35 \cdot 71680}{107685,9} < 1200$$

Jadi besar $P_{\max}$ ditentukan terhadap beton

$$\therefore P_{\max} = 71,68 \text{ ton}$$

Gambarlah teras letak titik berat, statisch momen terhadap sisi atas

$$F_1 = 38 \text{ cm}^2 \quad F_{sel} = 5200 \text{ cm}^2 \quad \text{ternyata } F_1 < 1\% \text{ } F_{sel} \text{ maka dipakai } n = 15$$

$$80 \cdot 30 \cdot 15 + 40 \cdot 70 \cdot 65 + 15 \cdot 2 \cdot 19 \cdot 92,13 = x(80,30 + 40,70 + 15 \cdot 2 \cdot 19)$$

$$270500 = x(5770) \quad x = 46,9 \text{ cm}$$

$$I_x = \frac{1}{12} 80(30)^3 + 80 \cdot 30(31,9)^2 + \frac{1}{12} 40(70)^3 + 40 \cdot 70(18,1)^2 + 15 \cdot 2 \cdot 179,98 + 15 \cdot 2 \cdot 19(45,23)^2$$

$$= 5858399,4 \text{ cm}^4$$

$$I_y = \frac{1}{12} 30.(80)^3 + \frac{1}{12} 70.(40)^3 + 15.2.179,98 + 15.2.19.(12,23)^2 = 1742932,73 \text{ cm}^4$$

Pada penggambaran teras dalam bentuk seperti ini dipandang garis-garis yang membatasi potongan seperti PQ QR RS ST dan sebagainya dan garis ini dianggap sebagai garis netral. Pada garis yang sejajar dengan sumbu dapat dipakai hubungan jari-jari teras dengan momen penahan $\left(K = \frac{W}{F}\right)$ sedang dengan mencari koordinat potongan garis yang tidak sejajar (QR) dapat ditentukan salah satu titik sudut dari teras.

$$K_1 = \frac{W}{F} (\text{lihat gambar}) = \frac{5858399,4}{5770,46.9} = 21,7 \text{ cm}$$

$$k_2 = \frac{5858399,4}{5770.53,1} = 19,15 \text{ cm}$$

$$k_3 = \frac{1742932,73}{5770,40} = 7,58 \text{ cm}$$

Mengenai garis netral QR

Memotong sumbu x pada (35,2 , 0)

Memotong sumbu Y pada (0, 123) ini tak terlihat pada gambar, perhitungan koordinat tersebut adalah dengan I ukur segitiga biasa.

$$x_k.35,2 = iy^2 = \frac{1742932,73}{5770}$$

$$\therefore x_k = 8,62$$

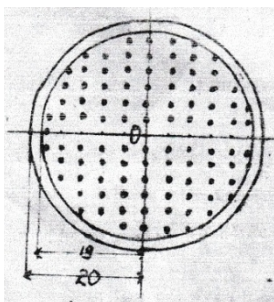
$$y_k.123,1 = \frac{5858399,4}{5770}$$

$$\therefore y_k = 8,25$$

Titik K dapat digambar dan selanjutnya Maka teras dapat digambar

Diketahui : fondasi tiang yang berselubung pipa baja mempunyai bentuk seperti disamping.

$$\sigma_1 = 1200 \text{ kg/cm}^2 \quad \sigma_b = 60 \text{ kg/cm}^2 \quad n = 15$$



ditanyakan :

- Gambarlah teras
- Berapa excentricitas max dari gaya aksial diperbolehkan agar pilar ini tetap mengalami tekanan

- Berapa P yang diperbolehkan bekerja di 0 agar tiang tersebut masih kuat dan tidak ditekuk.

Jawab :

Meskipun $P > 1\% F_{sel}$ tapi tetap dipakai $n = 15$ sebab baja tidak didalam beton

$$I = I_b + nI_i = \frac{1}{12} \pi (19)^4 + 15 \frac{1}{12} \pi (20^4 - 19^4) = 449240 \text{ cm}^4$$

$$P = 19^2 + 15 (20^2 - 19^2) = 2970 \text{ cm}^2$$

$$K = \frac{W}{F} = \frac{49240}{20.40.2970} = 7,56 \text{ cm}$$

Teras berbentuk lingkaran dengan jari-jari = 7,56 cm

Agar tetap tertekan maka gaya harus berada dalam teras max pada tepi teras maka excentricitas max = 7,56 cm.

P bekerja pada 0

$$\sigma = \frac{P}{F} = \frac{P}{2970}$$

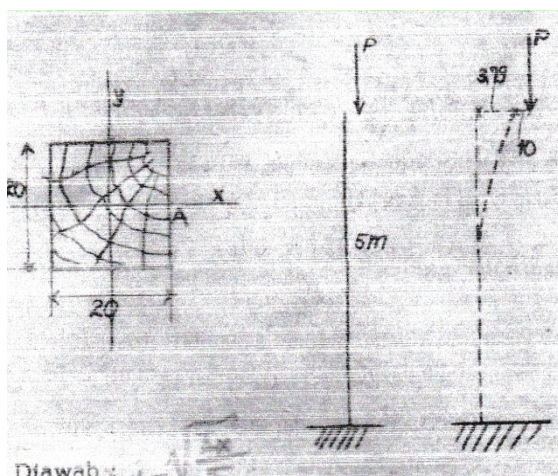
$$\sigma_b = 60 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_{\max} = 178200 \text{ kg} = 178,2 \text{ ton}$$

Ditinjau pada baja

$$\sigma_1 = \frac{178200,15}{2970} < 1200$$

Maka $P_{\max}$ ditentukan oleh beton. Sedang bahaya lakukan tak ada karena sekeliling tiang diliputi tanah (ditanam)



Diketahui : tiang dari kayu dengan ukuran

20 . 20 . panjang = 5 m

Bagian bawah terjepit sedang atas bebas.

Gaya P = 3 ton bekerja di A (excentris)

$$E_{\text{kayu}} = 105 \text{ kg/cm}^2$$

Ditanya :

- Penggeseran dari ujung bebas
- Tegangan extreem pada ujung yang terjepit

Jawab :

Karena bentuk potongan bujur sangkar maka

$$I_x = I_y = \frac{1}{12} 20(20)^3 = 13333,33 \text{ cm}^4$$

$$i = \sqrt{\frac{13333,33}{400}} = 5,77$$

$$I_k = \text{panjang tekuk} = 2 \cdot 500 = 1000 \text{ cm}$$

λ = (angka kelangsingan)

$$= \frac{I_k}{t} = \frac{100}{5,77} = 173,5 > 60(\text{kayu})$$

Rumus euler

$$P_k = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{I_k^2} = \frac{\pi^2 \cdot 105 \cdot 13333,33}{(1000)^2} = 13080 \text{ kg} = 13,08 \text{ ton}$$

$$n(\text{angka keamanan}) = \frac{P_k}{P} = \frac{13,08}{3} = 4,36$$

$$\text{Momen} = P \cdot 10 = 3000 \cdot 10 = 30000 \text{ kg.cm}$$

$$y(\text{karena moment}) = \frac{M \cdot I^2}{2EI} = \frac{30000(500)^2}{2 \cdot 105 \cdot 13333,33} = 2,92 \text{ cm}$$

$$y(\text{karena momen dan tekuk}) = \frac{n}{n-1}$$

$$y = \frac{4,36}{3,36} \cdot 2,92 = 3,79 \text{ cm}$$

Jadi pergeseran ujung bebas = 3,79 cm

Tegangan extreme pada ujung terjepit.

$$\text{Momen terhadap ujung terjepit} = P(10 + 3,79) = 3000 (13,79) = 41,3 \cdot 10^3 \text{ kg/cm}$$

$$\sigma = \frac{P}{F} \pm \frac{M \cdot y}{I} = \frac{3000}{400} + \frac{41,3 \cdot 10^4}{13333,33} = 38 \frac{1}{2} \text{ kg/cm}^2 (\text{tekan})$$

$$\sigma = 7 \frac{1}{2} - 31 = 23 \frac{1}{2} \text{ kg/cm}^2 (\text{tarik})$$

Ternyata σ_{batas} kayu belum terlampaui (untuk kayu jati $\sigma = 70 \text{ kg/cm}^2$)

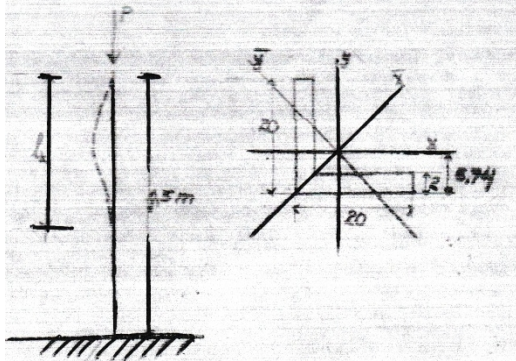
Diketahui suatu tiang panjang dengan potongan seperti disamping, ujung bawah terjepit sedang ujung atas bersendi. Muatan P melalui titik berat (centris)

$$E = 2 \cdot 106 \text{ kg/cm}^2 \cdot n(\text{angka keamanan}) = 3$$

Panjang tiang = 4,5 m

Hitunglah tiang = 4,5 m

Hitunglah Pmax yang diperbolehkan



Jawab :

$$T = 76 \text{ cm}^2$$

Jarak titik berat = 5,74 cm

$I_x = I_{max} = 4585,43 \text{ cm}^4$. Hitunglah sendiri

$I_y = I_{min} = 1174,88 \text{ cm}^4$

Karena P centris maka arah pelengkungan ke arah y. (Imin)

$$I_{min} = \frac{I_{min}}{F} = \frac{1174,88}{76} = 3,93 \text{ cm}$$

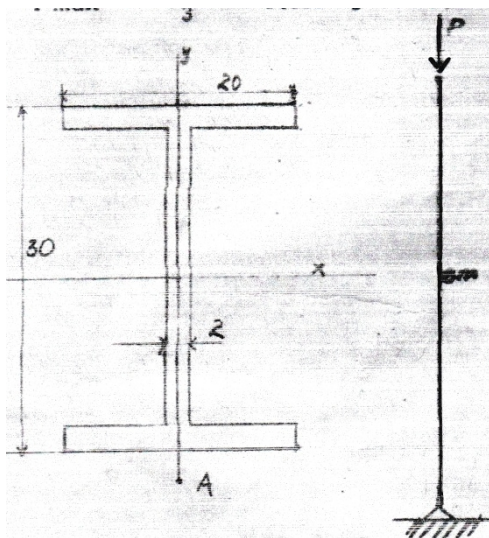
$$\tau(\text{angka kelangsingan}) = \frac{I_t}{I_{min}} = \frac{\frac{1}{2} \cdot 2.450}{3,93} = 80,9 < 105$$

Rumus euler tidak berlaku dan digunakan hasil penyelidikan dari tetmayer.

$$\sigma_k = 3100 - 11,4 \tau = 3100 - 11,4 \cdot 80,9 = 2176 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_x = F \cdot \sigma_k = 76,2176 = 165370 \text{ kg. } n(\text{angka keamanan}) = 3$$

$$P_{max} = \frac{165370}{3} = 55123 \text{ kg} = 55,123 \text{ ton}$$



Diketahui batang dengan ukuran seperti disamping, masing-masing ujung bersendi. P bekerja centris dan dipakai angka keamanan = 4.

- Hitunglah besar B yang diperkenankan
- Jika dengan muatan Ptab, tapi t bekerja pada A = 5 cm dari sisi bawah, hitunglah σ_{extrem} yang terjadi pada bentuk diatas
- Hitunglah juga perubahan tempat (zakking) ditempat tersebut.

Jawab :

$$I_x = 2 \cdot \frac{1}{12} \cdot 20(2)^3 + 2 \cdot 20 \cdot 2(4)^2 + \frac{1}{12} \cdot 2 \cdot (26)^3 = 19069,33 \text{ cm}^4$$

$$I_y = \frac{1}{12} \cdot 2 \cdot 2(20)^3 + \frac{1}{12} \cdot 26(2)^2 = 2684 \text{ cm}^4$$

$$F = 132 \text{ cm}^2$$

$$I_{min} = \sqrt{\frac{2684}{F}} = \sqrt{\frac{2684}{132}} = 4,45$$

$$l = 600 \text{ cm maka } I_x \text{ juga} = 600 \text{ cm}$$

$$\lambda = \frac{600}{4,45} = 134,8 > 105$$

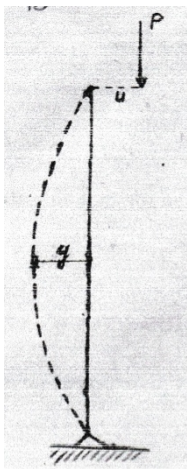
Hukum euler berlaku penuh

$$P_k = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{min}}{(I_k)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 2684}{(600)^2} = 147000 \text{ kg} = 147 \text{ ton}$$

$n = 4$, maka P yang diperkenankan

$$= \frac{147}{4} = 36,75 \text{ ton}$$

Bentuk garis elastis seperti pada gambar samping. Momen terbesar akan terjadi ditengah karena y disitu juga paling besar dan berarti pada potongan tersebut juga akan terjadi σ_{terbesar} .



$$M_{max} = \frac{P \cdot u}{\cos \frac{1}{2} al}$$

P = kekuatan

u = excentricitas

$$a^2 = \frac{P}{EI}$$

l = panjang batang

$$a = \sqrt{\frac{P}{EI}} = \sqrt{\frac{36750}{2 \cdot 10^6 \cdot 19069,33}} = 0,982 \cdot 10^{-3}$$

$$\frac{1}{2} al = \frac{1}{2} \cdot 0,982 \cdot 10^{-3} \cdot 6 \cdot 10^2 = 0,2946$$

$$\cos \frac{1}{2} al = \cos 0,2946 \text{ radial} = \cos 0,2976 \cdot \frac{180}{\pi} = 0,958$$

$$\tau = \frac{I_k}{I_{min}} = \frac{500}{5,32} = 94 < 105$$

$$M_{max} = \frac{P \cdot u}{0,958} = \frac{36750,20}{0,958} = 768000 \text{ kg.cm} = 7,68 \text{ ton.meter}$$

$$\sigma = \frac{P}{F} \pm \frac{M \cdot y}{I} = \frac{36750}{132} \pm \frac{768000,18}{19069,33} = 278 \pm 605$$

Bagian tertekan

$$= 278 + 605 = 883 \text{ kg/cm}^2$$

Bagian tertarik

$$= 278 - 605 = -327 \text{ kg/cm}^2 \text{ (tarik)}$$

Besar perubahan tempat (pada gambar = y) dihitung sebagai berikut

$$M = P(u + y) \text{ maka } 768000 = 36750(20 + y)$$

$$\therefore y = 0,9 \text{ cm}$$

Catatan

Cara diatas adalah cara mencari y secara teliti dengan rumus yang telah ada (baca kuliah) tetapi seringkali kita mendapat kesukaran dengan bekerja dengan bentuk koniometri lagi pula harus kita dapatkan dulu al...

Untuk perhitungan pendekatan (approximate formula) dipakai perhitungan pendekatan dari Thomas Young

$$y = \frac{P \cdot e \cdot I^2}{8EI} \cdot \frac{n}{(n-1)}$$

(Untuk bentuk diatas dengan kedua ujung bersendi)

Mis. Untuk contoh diatas

$$y = \frac{35.50.20(600)^2}{8.2.10^6.19069,33} \cdot \frac{n}{(n-1)} = 0,868 \cdot \frac{n}{(n-1)}$$

Pk (ditinjau tertekuk kearah sumbu x)

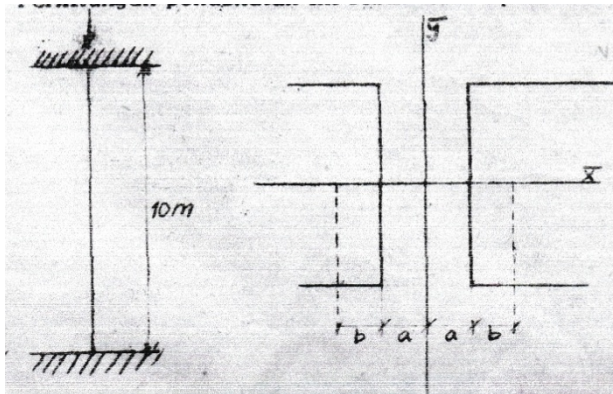
$$= \frac{x^2 \cdot 2.10^6.19069,33}{(600)^2} = 1040 \text{ ton}$$

$$n = \frac{1040}{36,75} = 28,3$$

$$\therefore y = \frac{28,3}{27,3} \cdot 0,868 = 0,901 \text{ cm}$$

(Bandingkan dengan pendapatan yang diatas)

Perhitungan pendekatan ini lebih teliti apabila muatan kecil atau al kecil.



Diketahui suatu column dari sepasang besi profil U

Panjang = 10 m

Ujung atas dan bawah terjepit

Muatan centris = 30 ton

Angka keamanan = 3

Rencanakanlah column tersebut (berapa ukuran besi yang dipakai)

Hitunglah jarak 2a.

Jawab :

$$I_x = 2 I_x \quad \text{sedang } I_y = 2 I_y + 2F(a + b)^2$$

$$P_k = n \cdot P = 3 \cdot 30 = 90 \text{ ton}$$

$$I_k = \frac{1}{2} \cdot l = 5 \text{ m}$$

$$P_k = \frac{\tau^2 \cdot E \cdot I}{2} = \frac{\pi^2 \cdot e \cdot 10^6 \cdot I_{\min}}{(500)^2}$$

Maka

$$I_{\min} = \frac{9 \cdot 10^4 \cdot 25 \cdot 10^4}{2 \cdot 2 \cdot 1^6}$$

$$= 1135 \text{ cm}^4$$

$I_{\min} = I_x = 2 I_x$ (dalam perencanaan diambil I kesemua arah sama besar)

$$I_x = \frac{1}{2} \cdot 1135 = 567,5 \text{ cm}^4$$

Diambil besi profil U 6 13 inch (lihat dalam table)

Dimana $I_x = 674 \text{ cm}^4$ $d = 1,3 \text{ cm}$

$I_y = 42,9 \text{ cm}^4$ $F = 23,8 \text{ cm}^2$

Koreksi

$$I_{\min} = \sqrt{\frac{2 \cdot 674}{2 \cdot 23,8}} = 5,32$$

$$\tau = \frac{Ik}{I_{min}} = \frac{500}{5,32} = 94 < 105$$

Dipakai hasil penyelidikan tetmayer

$$\sigma_k = 3100 - 11,4$$

$$\tau = 3100 - 11,4 \cdot 94 = 2030 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_k = F$$

$$\sigma_k \quad 90000 = F \cdot 2030 \quad \text{maka } F = 44,4 \text{ cm}^2$$

Profil dapat dipakai karena luasnya masih cukup

Dalam perencanaan I kesemua arah diusahakan sama besar karena itu $I_x = I_y$

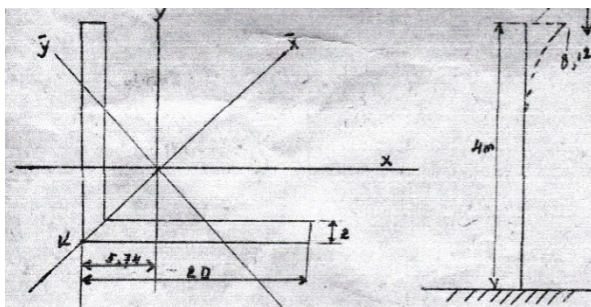
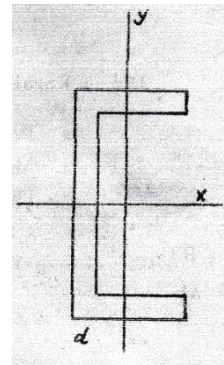
$$I_x = 2 I_y = 2 \cdot 674 = 1348 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 2 I_x + 2 F(a + b)^2$$

$$\text{Pers} \quad 674 = 42,9 + 23,8 (a + 1,3)^2$$

$$a^2 + 2,6a - 24,8 = 0 \quad a = 3,72 \text{ cm}$$

$$\text{jarak } 2a = 7,44 \text{ cm}$$



diketahui colum n dengan bentuk seperti disamping $P = 10 \text{ ton}$ bekerja di K. Bagian bawah terjepit sedang bagian atas bebas.

Hitunglah :

- P kritis
- Penggeseran dari ujung A
- σ_{extrem} di B

$$I_x = 4535,43 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 1174,88 \text{ cm}^4$$

$$d = 5,74 \text{ cm}$$

perhitungan lihat soal sebelumnya

$$I_{min} = \sqrt{\frac{1174,88}{76}} = 3,93$$

$$I = 4 \text{ m} \quad \text{maka } I_k = 8 \text{ m}$$

$$\tau = \frac{800}{3,93} = 204 > 105$$

Rumus euler berlaku

$$Pk = \frac{2.E.I_{min}}{(Ik)^2} \frac{\pi^2 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 1174,88}{(800)^2} = 36200kg = 36,2ton$$

n (angka keamanan)

$$= \frac{36,2}{10} = 3,62$$

$$M = P \cdot 5,74 \sqrt{2} = 10000 \cdot 8,12 = 81200 \text{ kg.cm}$$

$$y(\text{pengaruh momen}) = \frac{M.I^2}{2EI} = \frac{81200(400)^2}{2 \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 1174,88} = 2,76cm$$

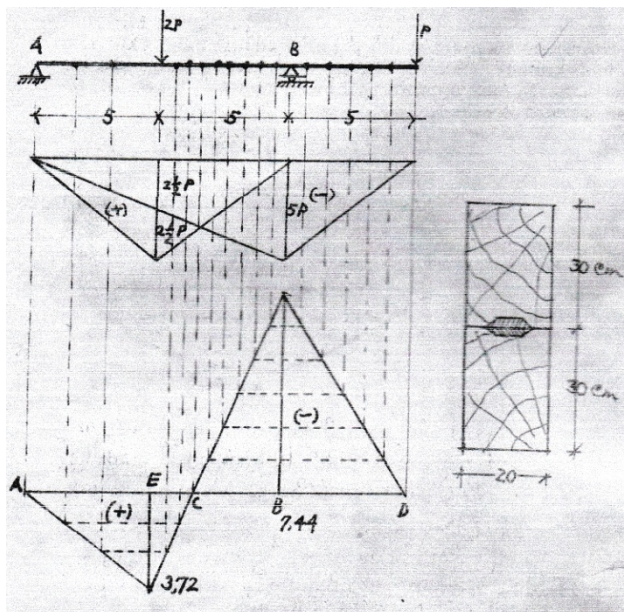
$$y = \frac{n}{n-1} \quad y = \frac{3,62}{2,62} \cdot 2,76 = 3,81cm$$

Maka penggeseran dari titik A = 3,81 cm

$$MB = 10000 (8,12 + 3,81) = 119300 \text{ kg.cm}$$

$$\sigma_B = \frac{10000}{76} + \frac{119300 \cdot 8,12}{1174,88} = 131,8 + 836 = 967,8kg/cm^2 (\text{tertekan})$$

Geseran dengan moment



Diketahui batang kayu seperti tergambar

$$\sigma_{kayu} = 80 \text{ kg/cm}^2$$

Duvel K = 4 ton

Hitunglah :

- Pmax
- Gambar tempat duvel dengan memakai bid M dengan muatan Pmax tersebut

Lihat gambar super posisi terang $Me = 2 \frac{1}{2} P(\text{positif})$

Dan Mb = 5.P (negative)

Maka besar dari Pmax ditentukan oleh Mb tersebut.

$$\sigma = \frac{M.y}{I}$$

$$I = \frac{4}{5} I$$

Yang sebenarnya, sebab duvel tak dapat membuat 2 balok yang terpisah menjadi 1 begitu sempurna hingga seperti 1 balok

$$80 = \frac{500 \cdot P \cdot 30}{\frac{4}{5} \cdot \frac{1}{12} \cdot 20(60)^3} = \frac{500 \cdot 30P}{280000}$$

Maka $P = 1490 \text{ kg} = 1,49 \text{ ton}$

$P_{\max} = 1,49 \text{ ton}$

Pemasangan duvel

$$M_e = 2 \frac{1}{2} P = 3,72 \text{ tm}$$

$M_b = 7,44 \text{ tm}$

Dihitung besarnya L (gaya geseran antara dua bidang)

Rumus :

$$L = \frac{(M_2 - M_1)S}{\frac{4}{5} I}$$

$(M_2 - M_1)$ = selisih besar moment

S = statisch momen dari bagian yang ditinjau terhadap garis netral

I = inersia momen keseluruhan

Untuk ini ditinjau beberapa bagian sebab L untuk bagian AC tak sama dengan L untuk bagian CD.

Bagian AE.

$$L = \frac{(3720000 - 0)20 \cdot 30 \cdot 15}{280000} = 11950 \text{ kg} = 11,95 \text{ ton}$$

K duvel = 4 ton

Bagian EC

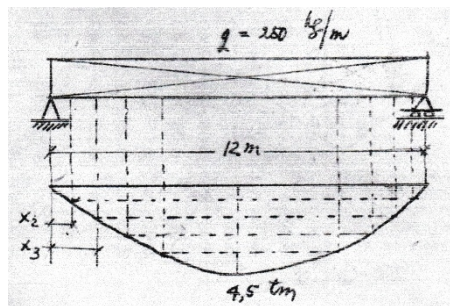
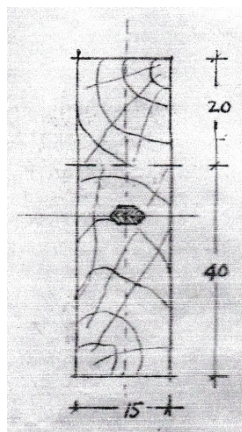
$\therefore L = 11,95$ ton juga, maka dipakai 3 buah duvel juga tapi pemasangan akan lebih dekat karena jarak EC juga lebih pendek.

Bagian BD

$$L = \frac{(744000 - 0) \cdot 9000}{280000} = 23,9 \text{ ton}$$

Maka dipakai 6 duwel

Biasanya dikehendaki L sama besar dari sebab itu diambil M (tambahan M) yang sama besar. Maka tiap M max dibagi menurut beberapa buah duvel yang akan dipakai di daerah tersebut sedang pada M max sendiri (dibawah muatan) tidak diperlukan duvel (perhatikan gambar diatas)



Diketahui batang dari kayu dengan ukuran seperti disamping. Ditangkupkan jadi satu dengan bantuan duvel (tebal balok tak sama). Kekuatan 1 duvel = 2,5 ton.

Hitunglah berapa duvel yang dibutuhkan dan tentukanlah letak dari duvel tersebut dengan bantuan bidang M dan bagaimana perhitungan analitisnya.

Jawab :

Duvel harus mengadakan perubahan memanjang pada batang.

$$M_{\max} = \frac{1}{8} q l^2 = \frac{1}{8} \cdot 250 (12)^2 = 4500 \text{ kg.m} = 450000 \text{ kg.cm}$$

L pada seluruh batang

$$= \frac{(M_{\max} - 0) \cdot S}{\frac{4}{5} I} = \frac{450000 \cdot 15 \cdot 20 \cdot 20}{\frac{4}{5} \cdot \frac{1}{12} \cdot 15 \cdot (60)^3} = \frac{450000 \cdot 6000}{216000} = 12500 \text{ kg} = 12,5 \text{ ton}$$

Jumlah duvel pada $\frac{1}{2}$ bagian

$$= \frac{12,5}{2,5} = 5 \text{ buah}$$

Tiap duvel diusahakan menahan L yang sama besar agar L sama besar maka M harus sama besar juga maka $M_{\max}$ dibagi 5 sama besar (lihat gambar). Jadi duvel yang dibutuhkan = 10 buah.

Perhitungan analitis

$x_1 = 0$ pada sendi

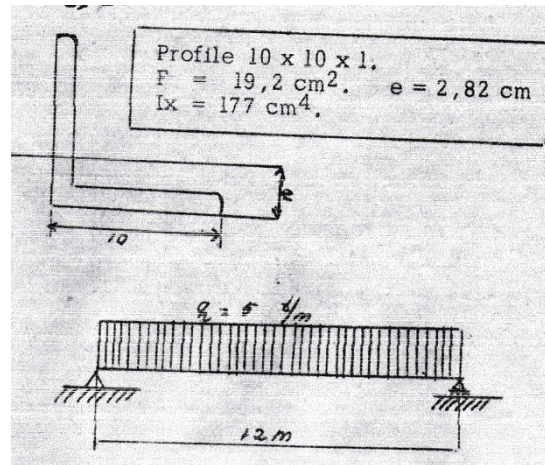
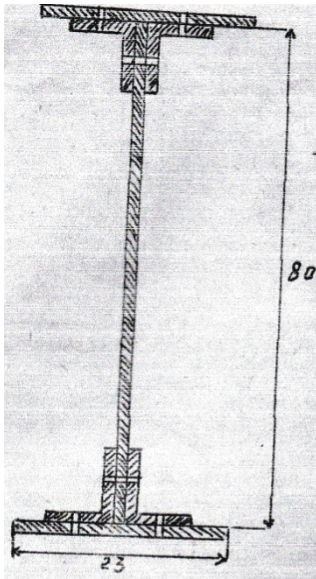
$$x_2 = \frac{1}{2} q x_2 (1 - x_2) = \frac{1}{5} \cdot \frac{1}{8} \cdot q l^2 \quad \rightarrow 225x_2^2 - 1500x_2 + 900 = 0$$

$$x_2 = 0,67 \text{ m}$$

$$x_3 = \frac{1}{2} q x_3 (1 - x_3) = \frac{2}{5} \cdot \frac{1}{8} \cdot q l^2 \quad \rightarrow 225x_3^2 - 1500x_3 + 1800 = 0$$

$$x_3 = 1,62 \text{ m}$$

Demikian seterusnya letak tiap duvel dapat dihitung



Diketahui profile dengan bentuk seperti tergambar

Hubungan dengan paku keling d (diameter) = 2 cm

Tebal = 1 cm

$$\tau = 960 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{desak}} = 1920 \text{ kg/cm}^2$$

Ditanya :

- hitunglah jarak paku keling pada sayap dan pada badan
- berapa besar τ_{extrem} .

Jawab :

$$I_x = 2 \frac{1}{12} \cdot 23 \cdot 1^3 + 2 \cdot 23 \cdot 1 \cdot (40,5)^2 + \frac{1}{12} \cdot 1 \cdot (80)^3 + 4 \cdot 177 + 4 \cdot 19,2 \cdot (37,18)^2 = 224995 \text{ cm}^4$$

I dari lubang (4 lubang)

$$= 4 \frac{1}{12} \cdot 2 \cdot (2)^3 + 4 \cdot 2 \cdot 2 \cdot (40)^2 = 25605 \text{ cm}^4$$

$$I_{\text{netto}} = 224995 - 25605 = 199390 \text{ cm}^4$$

Pada sayap paku keling akan patah karena geseran tapi pada sayap kekuatan geseran ini sangat kecil dibanding geseran pada badan (lihat grafik).

Maka praktis jarak dari paku keling menurut jarak pada badan (diambil sama)

Penyelidikan kekuatan paku

Patah karena

$$\tau K_1 = 2 \cdot \frac{d^2}{4} \cdot \tau = 6030 \text{ kg} \text{ (dikalikan 2 karena patah pada dua tempat)}$$

Patah karena $\sigma_{\text{desak}} K_2 = d \cdot s \cdot \sigma_{\text{desak}} = 2 \cdot 1 \cdot 1920 = 3840 \text{ kg}$ (s = tebal badan)

Maka diambil kekuatan paku = 3840 kg

$$D_{\max} = \frac{1}{2} q l = \frac{1}{2} 60 = 30 \text{ ton}$$

Statistik moment diambil dari bagian yang menggeser ialah bagian plat dan besi siku.

$$S = 23 \cdot 1 \cdot 40,5 + 2 \cdot 19,2 \cdot 37,18 = 2360 \text{ cm}^3$$

Untuk keamanan diambil S bruto

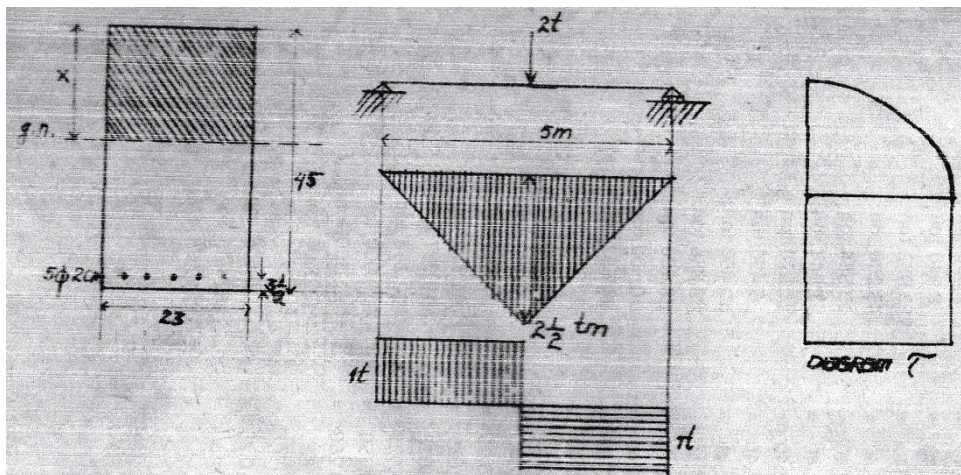
$$a = \frac{L.I}{D.S} = \frac{3840 \cdot 199390}{30000 \cdot 2360} = 10,8 \text{ cm}$$

Dalam praktek diambil = 10 cm (juga pada sayap)

$\tau_{\max}$ terjadi pada garis netral

$$\tau_{\max} = \frac{D_{\max} \cdot S_{\max}}{s \cdot I_n} = \frac{30000(23 \cdot 1 \cdot 40,5 + 2 \cdot 19,2 \cdot 37,8 + 40 \cdot 1 \cdot 20)}{1 \cdot 199390}$$

$$= 475 \text{ kg/cm}^2$$



Diketahui balok beton bertulang dengan ukuran seperti tergambar, beton tarik tak bekerja. $n = 15$.

Hitunglah τ_{ex} pada daerah beton tekan. τ pada daerah beton tarik (yang bekerja hanya tulangan saja) dan tegangan geser antara beton dan baja.

Jawab :

Dicari letak garis netral

$$23.x.\frac{1}{2}x = 15,3.\frac{\pi}{4}.(2)^2.\left(41\frac{1}{2}-x\right)$$

$$x = 20.65 \text{ cm}$$

$$I_n = \frac{1}{3}23(20,65)^3 + 15.5.\frac{\pi}{4}.(2)^2.20.85^2 = 170000 \text{ cm}^4$$

Untuk daerah tekan

$$\tau_{ex} = \frac{D.S_b \max}{b(I_b + nI_i)}$$

$$D = 1 \text{ ton}$$

S_b = Statisch moment beton tekan terhadap grs.netral

b = lebar

$$\tau_{ex} = \frac{1000.20,65.23.10,325}{23(17000)} = 1,26 \text{ kg/cm}^2$$

Untuk daerah tarik

$$\tau = \frac{D}{b\left(h_1 - \frac{1}{3}x\right)} = \frac{1000}{23.34.6} = 1,26 \text{ kg/cm}^2$$

Pada daerah tarik τ akan sama dengan τ_{max} pada daerah tekan dan besarnya tetap pada graik akan merupakan garis datar (lihat grafik)

Tegangan geser antara beton dan baja

$$rumus = \frac{D}{1.\pi.d\left(h_1 - \frac{1}{3}x\right)} = \frac{1000}{5.\pi.2(34,6)} = 0,92 \text{ kg/cm}^2$$

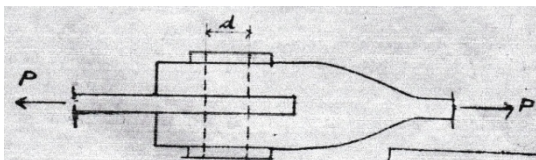
Catatan :

Besarnya seluruh gaya L yang akan berusaha menarik baja adalah luas bidang kontak dikalikan.

$$(i.\pi.d.250.0,92 = 7,22 \text{ ton})$$

Hal ini juga terlihat pada perhitungan dengan momen

$$M = L\left(h_1 - \frac{1}{3}x\right) \text{ ---- } 250000 = L(34,6) \text{ maka } L = 7,22 \text{ ton}$$



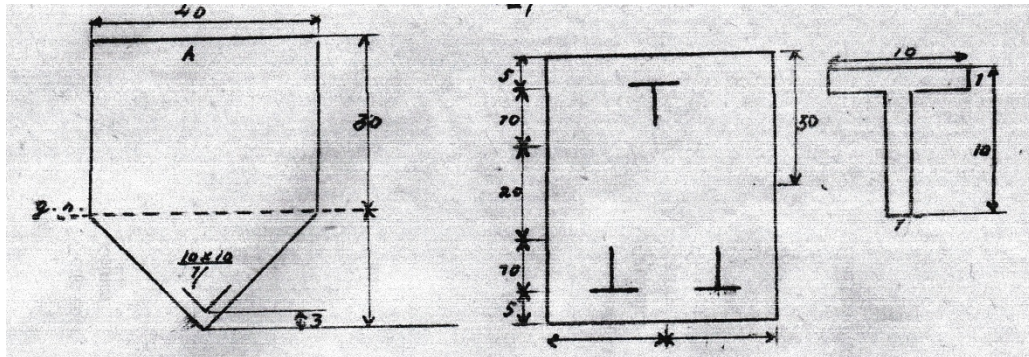
Geseran murni

Biasanya geseran selalu tercampur oleh momen baja pada beberapa konstruksi

Mekanika Rekayasa II

P boleh dianggap geseran murni.

Mis : pada paku keling. Sambungan berkait atau pada kaki kuda-kuda



$$\sigma_i = 1200 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_i = 1200 \text{ kg/cm}^2$$

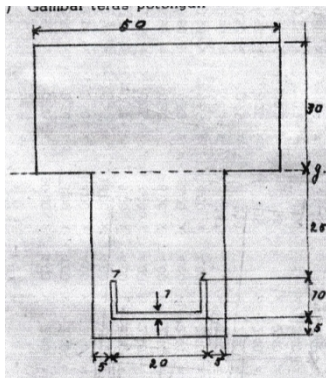
$$\sigma_{bt} = 60 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{btn} = 40 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{bt} = 0 \text{ n} = 15$$

- Tentukan letak A analitis
- Hitung Pmax diperkenankan di A
- Gambar teras potongan

Gambarkan teras potongan dan hitung besarnya Pmax diperkenankan di A

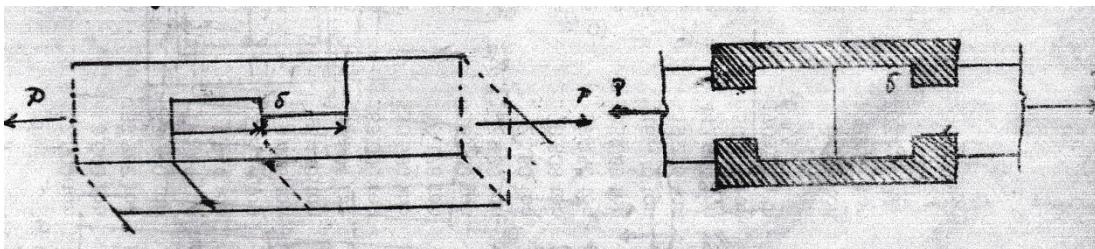


$$\sigma_i = 1200 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{btn} = 80 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{bt} = 0 \text{ n} = 15$$

- Tentukan letak a analitis
- Hitung Pmax diperkenankan di A
- Gambar teras potongan



Berapa panjang l yang dibutuhkan dari bentuk diatas untuk a) dan b) apabila $P = 5 \text{ ton}$ $\tau_w =$

$(\tau_{\text{penahan}}) = 7,75 \text{ kg/cm}^2$. Tentukan juga δ untuk a) dan b)

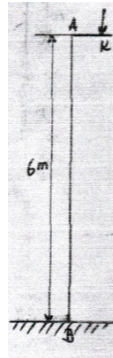
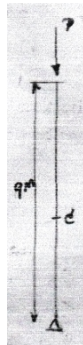
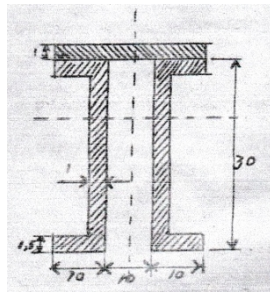
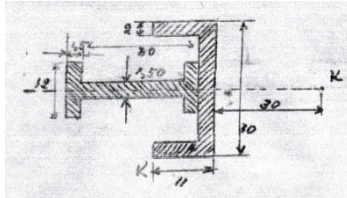
$$l = 25 \text{ cm} \quad \delta = 3,125 \text{ cm}$$

$$b. l = 25 \text{ cm} \quad \delta = 1,56 \text{ cm}$$

Mekanika Rekayasa II

Buatlah untuk latihan

Diketahui batang baja dengan bentuk dan ukuran tergambar, tinggi 6m. Kedua profile tersebut dihubungkan erat, muatan excentris $P = 20$ ton. P bekerja pada titik K seperti pada gambar. Bagian bawah terjepit sedang ujung atas bebas.



$$E_{\text{baja}} = 2 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

Hitung :

Pergeseran keluar dari ujung A (ujung bebas) tegangan extreem yang terjadi pada potongan B.

Jawab :

$$y = 4,378 \text{ cm}$$

$$\max = 1028 \text{ kg/cm}^2$$

$$\min = -532 \text{ kg/cm}^2$$

Diketahui tiang dengan ukuran tergambar. P centris, n (angka keamanan) = 4, $E_{\text{baja}} = 2 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2$,

Hitung :

- $P_{\max}$ yang diperkenankan
- Dengan $P_{\max}$ tersebut tapi excentris bekerja pada titik K (5 cm dari sisi atas) hitunglah tekan pada potongan c (tengah-tengah batang). Ingat ujung-ujung dengan sendi.

Batang AB panjang 6 m, terdiri atas

1. Profile T
2. Profile L dan 1 plat dengan ukuran seperti tergambar

Paku dengan diameter = 2 cm

$$\tau = 960 \text{ kg/cm}^2 \quad \sigma_{\text{desak}} = 1930 \text{ kg/cm}^2$$

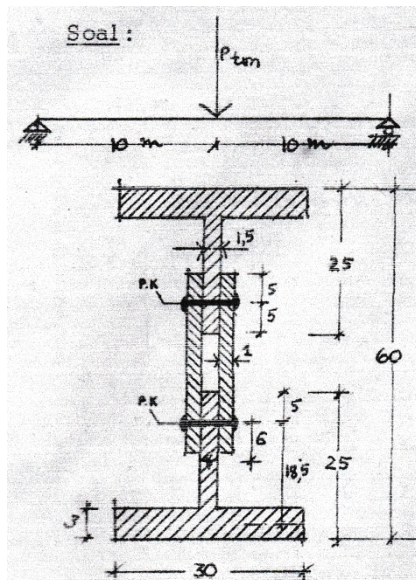
Hitunglah jarak paku yang diperlukan

Catatan :

Mekanika Rekayasa II

Jarak baut ini ditentukan oleh tegangan geser yang terjadi pada badan sebab disini terjadi tegangan geseran yang besar (lebar kecil) sedang jarak paku pada sayap (besi L) biasanya diambil sama.

Tegangan pada badan tersebut, hanya dihitung oleh karena pengaruh muatan 8 ton, (karena momen yang terjadi) sedang geseran murni (pure shear) yang disebabkan berat profile T tidak ditinjau.



Soal :

Ø baut = 2 cm

$\sigma = 1200 \text{ kg/cm}^2$

$\tau = 900 \text{ kg/cm}^2$

a) Pmax yang ditahan

b) Jarak baut (P.k) yang diperlukan

Penyelesaian

a) Karena sym. Tb ditengah-tengah

$$I_x = 2 \left(\frac{1}{12} \cdot 30 \cdot 3^3 + 30 \cdot 3 \cdot 28,5^2 + \frac{1}{12} \cdot 1,5 \cdot 22^3 \right) + 22 \cdot 1,5 \cdot 16^2 + \frac{1}{12} \cdot 1 \cdot 30^3 = 170175 \text{ cm}^4$$

$$M = \frac{Pab}{I} = \frac{P \cdot 10 \cdot 10}{20} = 5Ptm = 5P \cdot 10^5 \text{ kg / cm}$$

$$= \frac{M \cdot y}{I_x} \rightarrow 1200 = \frac{5P \cdot 10^5 \cdot 30}{170175}$$

$$P_{\max} = 13,62 \text{ ton}$$

b)
$$L = 2 \frac{\pi \cdot 2^2}{4} \cdot 900 = 5660$$

$$K = 2 \cdot 1,5 \cdot 1,6 \cdot 1200 = 5760$$

$$D = \frac{1}{2} P$$

$$S_n = 30 \cdot 3 \cdot 28,5 + 22 \cdot 1,5 \cdot 16 = 3093 \text{ cm}^3$$

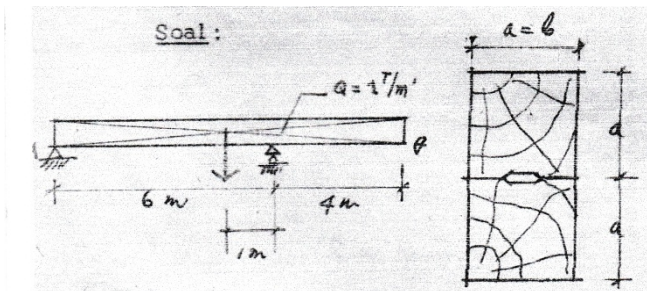
$$L = \frac{DaS}{I} \rightarrow 5660 = \frac{6810 \cdot a \cdot 3093}{170175} \rightarrow a = 45,8 \text{ cm (jarak baut)}$$

Tetapi jarak ini telah dilampaui oleh jarak max pada pemasangan p.k yaitu

$$3 \cdot d < a < 6d$$

∴ jarak baut tak dipengaruhi D; tapi cukup menurut peraturan.

Soal :



Duvel dengan $K = 2 \text{ ton}$

Batang dengan balok tersusun dengan muatan 1 t/m .

$$\sigma_{\text{kayu}} = 100 \text{ kg/cm}^2$$

a) Berapa a ?

b) Berapa banyak duvel yang perlu

Penyelesaian :

$$\text{a) } R_A = \frac{10.1}{6} = \frac{5}{3} \text{ ton}$$

$$R_B = \frac{10.5}{6} = \frac{25}{3} \text{ ton}$$

Misalkan M_{max} antara AB

$$\rightarrow M_x = \frac{5}{3} \cdot x - \frac{1}{2} \cdot 1x^2$$

$$\frac{dM_x}{dx} = 0 \rightarrow \frac{5}{3} = x.$$

$$M_{\text{max}} = 25 - \frac{25}{18}$$

$$= \frac{25}{18} \text{ t}$$

$$M_{\text{max}} = M_B = -4 \cdot 2 = -8 \text{ tm}$$

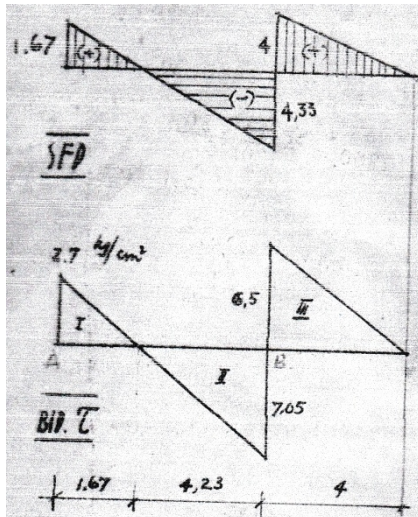
$$I_{\text{tersusun}} = \frac{4}{5} \cdot \frac{1}{12} \cdot a \cdot (2a)^3 = \frac{8}{15} a^4$$

$$W_{\text{tersusun}} = \frac{\frac{8}{15} a^4}{a} = \frac{8}{15} a^3$$

$$\sigma = \frac{M}{W_{\text{tersusun}}} \rightarrow 100 = \frac{8 \cdot 10^5}{\frac{8}{15} a^3} \rightarrow a = 24 \text{ cm}$$

$$\text{b) } R_A = \frac{6.3 - 4.2}{6} = 1,67 \text{ ton}$$

$$R_B = \frac{6.3 - 4.8}{6} = 8,33 \text{ ton}$$



$$I = 16,7 \frac{2,7}{2} = 224 \text{ kg / cm}$$

$$II = 7,05 \frac{433}{2} = 1525 \text{ kg / cm}$$

$$III = 6,5 \frac{400}{2} = 1300 \text{ kg / cm}$$

Luas bid. $\tau = 3049 \text{ kg/cm}$

L seluruh batang

= gaya geser yang ditahan oleh seluruh batang

= $(3049)(24) \text{ kg}$

= 73250 kg

Bilamana tiap duvel dapat menahan gaya geser 2000 kg maka diperkirakan seluruhnya

dibutuhkan $\frac{74}{2} = 37 \text{ duvel}$

Perincian : Bag I perlu $\frac{224,24}{2000} = 3 \text{ buah}$

Bag II perlu $\frac{1525,24}{2000} = 19 \text{ buah}$

Bag III perlu $\frac{1300,24}{2000} = 16 \text{ buah}$

Ternyata = 38 buah

Agar setiap duvel menahan gaya yang sama, maka bidang τ dibagi dalam 38 bagian yang sama luas dimana setiap bagian ditahan oleh sebuah duvel. Dengan begitu letak duvel dapat ditentukan.

$$\tau = \frac{D.S}{b.I_{tersusun}} = \frac{S}{b.I}.D$$

$$S = 24 \cdot 24 \cdot 12 = 6920 \text{ cm}^3$$

$$I_{tersusun} = \frac{8}{15} \cdot 24^4 = 177000 \text{ cm}^4$$

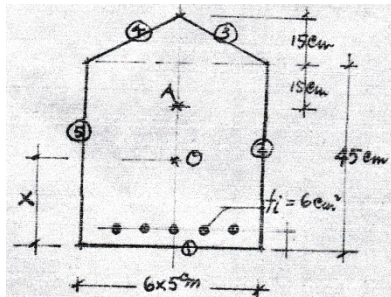
$$b = 24 \text{ cm}$$

$$D = 1670 \text{ kg}$$

$$\tau_A = 27 \text{ kg/cm}^2$$

L seluruh batang = luas bidang τ_b

Soal :



Kolom beton bertulang tergambar dengan $n = 15$

Pada titik A bekerja gaya $P = 30$

- Gambar teras potongan
- τ_{extr} pada beton

Penyelesaian :

$$a) F_1 = 6 \cdot 5 = 30 \text{ cm}^2$$

$$b) F_b = 30.45 + \frac{30.15}{2} = 1575 \text{ cm}^2$$

$$F_1 > 1\% F_b$$

$$F = 1675 + (15 - 1) \cdot 30 = 1995 \text{ cm}^2$$

T.B :

$$x = \frac{30.45 \cdot \frac{45}{2} + \frac{30.15}{2} \cdot 50 + 14.5 \cdot 5.5}{30.45 + \frac{30.15}{2} + 14.5 \cdot 5} = 23,6 \text{ cm (terhadap alas)}$$

$$I_x = \left(\frac{1}{12} \cdot 30.45^3 + 30.45 \cdot 1,1^2 \right) + \left(\frac{1}{36} \cdot 30.15^3 + \frac{30.15}{2} \cdot 26,4^2 \right)$$

$$I_y = \left(\frac{1}{12} \cdot 45.30^3 \right) + 2 \left(\frac{1}{36} \cdot 15.15^3 + \frac{15.15}{2} \cdot 5^2 \right) + 14.5 (2.5^2 + 2.10^2) = 150.000 \text{ cm}^4$$

Titik-titik kern :

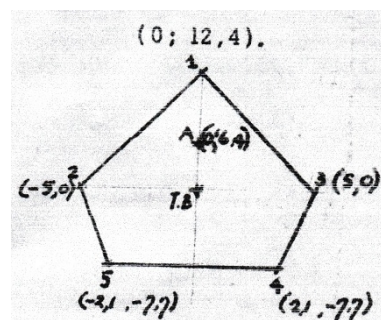
Dari sisi (1) didapat titik 1 (o, k_1)

Dari sisi (2) didapat titik 2 ($-k_2$, o)

Dari sisi (3) didapat titik 3 (u, v)

Dari sisi (4) didapat titik 4 ($-u$, v)

Dari sisi (5) didapat titik 5 (k_5 , o)



$$k_1 = \frac{I_x}{F} = \frac{580.000}{1995} = 290,5 \text{ cm}$$

$$k_2 = \frac{I_y}{15} = 15 \text{ cm}$$

Titik 3

$$u = -\frac{i_y^2}{x} = -\frac{76}{36,4} = -2,1 \text{ cm}$$

$$v = -\frac{i_x^2}{y} = -7,7 \text{ cm}$$

b) Pada A bekerja $P = 30 \text{ ton}$

koordinat A terhadap T.B (= 0) (0 ; 6,4)

∴ titik A didalam teras

Persamaan

$$\frac{u \cdot x}{i_y^2} + \frac{v \cdot y}{i_x^2} = -1$$

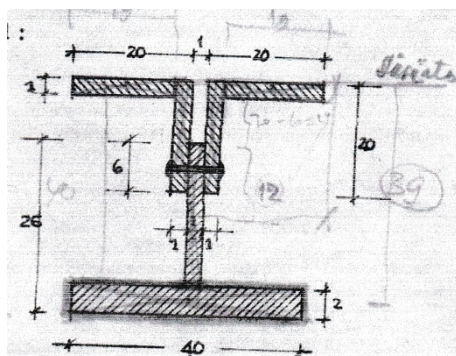
$$u = 0, v = 6,4$$

$$y = \frac{280}{6,4} = -43,75 \text{ (g.n)}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{N(7,7 + 6,4)}{7,7 \cdot 1995} = 27 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{\min} = \frac{30.000(12,4 - 6,4)}{12,4 \cdot 1955} = 7 \text{ kg/cm}^2$$

Soal :



Berat sendiri tak dipandang

$$\sigma_{\text{tarik}} = 1000 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma = 800$$

$$\sigma_{\text{tarik}} = 1600 \text{ kg/cm}^2$$

$$E = 2 \cdot 10^6$$

Tentukan k.:

a) $\sigma_{\max}$

b) Z_C dan Z_D

c) Jarak baut

Penyelesaian :

a) $\sigma = \frac{M}{W} \max$

$$R_A = \frac{7,5 \cdot 6 - 6 \cdot 2}{10} = 3,3 \text{ ton}$$

$$R_B = \frac{7,5 \cdot 4 - 6 \cdot 12}{10} = 10,2 \text{ ton}$$

$$M_{\max} = M_D = 3,3 \cdot 4 = 13,2 \text{ t.m}$$

Cari g.n $\rightarrow$ statis momen terhadap sisi atas :

$$x = \frac{2 \cdot (20 \cdot 10 + 19 \cdot 0,5) + 24 \cdot 1 \cdot 26 + 40 \cdot 2 \cdot 39}{2 \cdot 39 + 104}$$

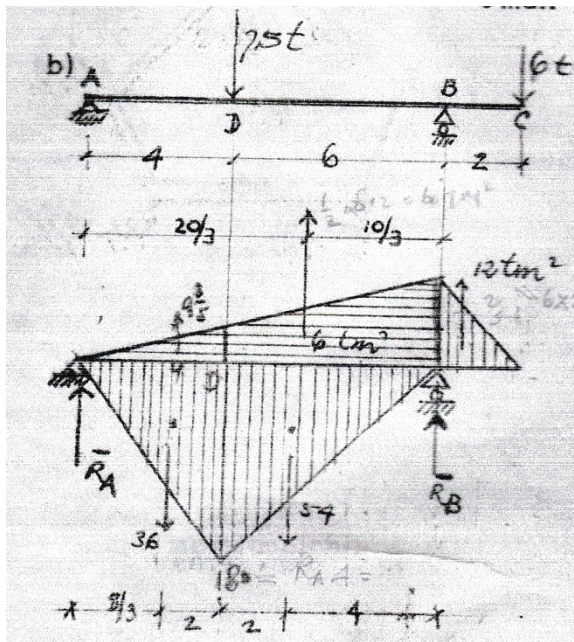
$$x = 22,87 \text{ cm}$$

$$\sigma_{\max} \text{ pos} \rightarrow Y_{\max} = 40 - 22,87 = 17,13 \text{ cm}$$

$$I_n = 47933 \text{ cm}^4$$

$$\sigma_{\max} = \frac{13,2 \cdot 17,13}{47933} = 453 \text{ kg/cm}^2$$

b) Bid. M sebagai bid.muatan



$$R_A = 28 \text{ tm}^2$$

$$R_B = 2 \text{ tm}^2$$

Overstek tak dipandang

$$M_c = 12 \cdot \frac{4}{3} - 2 \cdot 2 = 12 \text{ tm}^3$$

$$Z_c = \frac{M_c}{EI} = \frac{12 \cdot 10^9}{2 \cdot 10^6 \cdot 47933} = 0,125 \text{ cm}$$

$$M_D = 28 \cdot 4 + 9 \cdot \frac{3}{5} \cdot \frac{4}{3} - 36 \cdot \frac{4}{3} = 76,8 \text{ tm}^3$$

$$Z_D = \frac{M_D}{EI} = \frac{76,8 \cdot 10^8}{2 \cdot 10^6 \cdot 47933} = 0,8 \text{ cm}$$

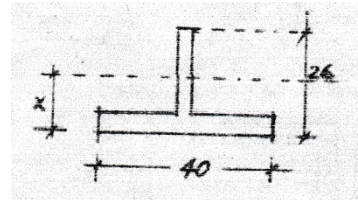
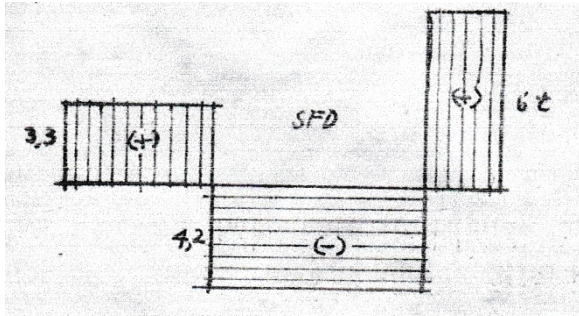
$$K = \frac{D \max \cdot a \cdot 5}{I_n}$$

Bag.tergeser $\rightarrow$ profil T

$$x = \frac{40 \cdot 2.1 + 24 \cdot 14}{104}$$

$$x = 4 \text{ cm}$$

c) Jarak baut = a cm



$$\text{statis momen besi } \perp \text{ terhadap g.n} = 104(17,13 - 4) = 1365,52 \text{ cm}^3$$

Kek.baut :

Karena

$$\tau \rightarrow K_1 = 2 \cdot \frac{d^2}{4} \cdot \tau = 2 \cdot \frac{3144}{4} \cdot 800 = 5024 \text{ kg}$$

Karena

$$\tau_{tek} \rightarrow K_2 = d \cdot s \cdot (\tau_{tek}) = 2 \cdot 1 \cdot 1600 = 3200 \text{ kg}$$

Diambil $L = K_2 = 3200 \text{ kg}$

$$a = \frac{3200 \cdot 47933}{6 \cdot 1^2 \cdot 136552} = 1887 \text{ cm}$$

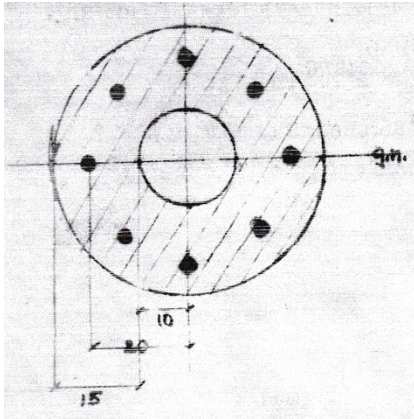
$$\sigma = \frac{26000}{161} + \frac{26000 (30 + 8,68 + 15,94) \cdot 8,68}{17168,535}$$

$$\sigma_B = 748,5 \text{ kg/cm}^2 \text{ (tekan)}$$

$$Y \text{ tarik} = 22,82$$

$$\sigma = \frac{26000}{161} + \frac{26000 \cdot 44,62 \cdot 22,82}{17168,535}$$

$$\sigma_B = -1378,5 \text{ kg/cm}^2 \text{ (tarik)}$$



Kolom beton bertulang; $n = 15$

$$\sigma_b = 40 \text{ kg/cm}^2, \sigma_l = 1200 \text{ kg/cm}^2$$

F tiap tulangan = 5 cm^2 .

a) Jari-jari kern = ?

b) Bilamana $g.tengah = g.n \rightarrow P_{max} = ?$

Titik pegang $P = ?$

Penyelesaian :

$$a) F_i = 5 \cdot 8 = 40 \text{ cm}^2$$

$$F_b = \pi \cdot 25^2 - \pi \cdot 10^2 = 1650 \text{ cm}^2 \quad F_i > 1\% F_b$$

$$F_n = F_b + (n - 1) F_i = 1650 + 14 \cdot 8 \cdot 5 = 2210 \text{ cm}^2$$

$$I_n = I_b + (n - 1) I_i = \frac{1}{4} \pi (25^4 - 10^4) + 14 \cdot 4 \cdot 5 \cdot (10\sqrt{2})^2 + 2 \cdot 5 \cdot 20^2$$

$$\therefore I_n = 408887,5 \text{ cm}^4$$

$$k = \frac{I_n}{r \cdot F} = \frac{408887,5}{25 \cdot 2210} = 7,39 \text{ cm} = \text{jari ker } n$$

$$\sigma = \frac{N}{F} \left(\frac{k + n}{k} \right)$$

Pada keliling teras $\rightarrow u = k$

Karena

$$\frac{\sigma_i}{n} > \sigma_b \rightarrow \text{yang dipakai } \sigma_b \text{ untuk mendapatkan } \sigma_{max} \text{ yang masih dapat ditahan}$$

$$\sigma = \frac{2N}{F} \rightarrow 40 = \frac{2N}{2210} \rightarrow P_{max} = N = 44,2 \text{ ton}$$

Control :

$$\sigma_b = N \left(\frac{1}{F} + \frac{u \cdot x}{I_y} + \frac{v \cdot y}{I_x} \right)$$

$$4t = N \left(\frac{1}{2210} + \frac{7,3425}{408887,5} \right) \rightarrow N = 44,2 \text{ ton}$$

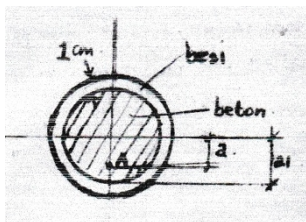
b) G.n melalui O

$I_n = I$ dari bagian yang bekerja (lain dengan I_n diatas)

$$= \frac{1}{8} \pi (25^4 - 10^4) + 14 \left\{ 2,5 \cdot (10\sqrt{2})^2 + 5 \cdot 20^2 \right\} + 15 \left\{ 2,5 \cdot (10\sqrt{2})^2 + 5 \cdot 20^2 \right\} = 224.444$$

$$S_n = \frac{1}{2} \pi 25^2 \cdot \frac{4}{3} \cdot \frac{25}{\pi} - \frac{1}{2} \pi \cdot 10^2 \cdot \frac{4}{3} \cdot \frac{10}{\pi} + (14 \cdot 5 \cdot 20 + 2 \cdot 14 \cdot 5 \cdot 10\sqrt{2}) - (15 \cdot 5 \cdot 20 + 2 \cdot 15 \cdot 5 \cdot 10\sqrt{2}) = 9504$$

$$d = \frac{I_n}{S_n} = \text{jarak titik pegang } P = \frac{224444}{9504} = 23,6 \text{ cm dari O}$$



Kolom pipa baja berisi beton

$$\sigma_1 = 1200; \sigma_b = 80; n = 15$$

Bagian beton tertarik tidak ikut bekerja

Kekuatan tekan P bekerja pada A

Ditanyakan :

- $a_{\max} = ?$ bila semua beton masih tertekan
- bila g.n melalui O $\rightarrow a = ?$
- pada keadaan b) berapakah $P_{\max}$?

Penyelesaian :

- Meskipun $P_L > 1\%$ $F_b \rightarrow$ dipakai n , bukan $(n - 1)$

Sebab besinya tidak didalam beton

$$I_n = I_b + n I_i = \frac{1}{4} \pi \cdot 194481 + \frac{15}{4} \pi (22^4 - 21^4) = 624000 \text{ cm}^4$$

$$F_n = F_b + n F_i = \pi \cdot 21^2 + 15 \cdot \pi (22^2 - 21^2) = 3410 \text{ cm}^2$$

Semua beton masih akan tertekan berarti

$a_{\max} =$ jari-jari kern

$$K = \frac{n}{Fn \cdot r} = \frac{198500}{1086 \pi \cdot 21} = 8171 \text{ cm}$$

b) g . n mel O

$$m = tb + n \pi i = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{4} \pi \cdot r^4 + 15 \frac{1}{4} \pi (R^4 - r^4) = 174310 \pi$$

(semua besi bekerja sedang 1/2 beton tak bekerja)

$$S_n = S_b + n S_i = \frac{1}{2} \pi r^2 \cdot \frac{4r}{3\pi} + 15 \cdot 0 = \frac{2}{3} r^3 = 6174$$

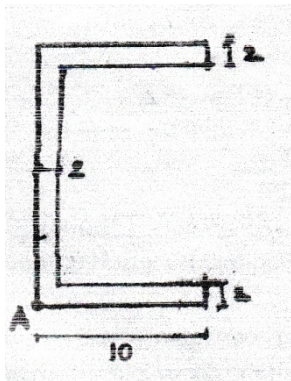
$$a = d = \frac{n}{S_n} = \frac{174310}{6174} = 88,8 \text{ cm}$$

$$\text{c) } \sigma_b = \frac{N}{S_n} \eta_b \rightarrow N = \frac{40 \cdot 6174}{21} = 11750$$

$$\frac{\sigma_i}{n} = \frac{N}{S_n} \eta_i \rightarrow N = \frac{1200 \cdot 6174}{15 \cdot 22} = 22400$$

$$P_{\max} = 11,75 \text{ ton}$$

Soal :



Profil tergambar dimuati P ton pada A, berapa Pmax, bila

$$\sigma_A = 1000 \text{ kg/cm}^2$$

Jawaban :

T.b :

$$x = \frac{16 \cdot 2 \cdot 1 + 2 \cdot (20 \cdot 5)}{22 \cdot 10 + 16 \cdot 2}$$

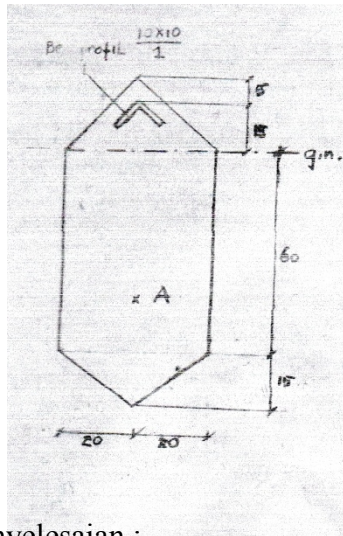
$$x = 3,22 \text{ cm (terhadap sisi kiri)}$$

$$I_x = 2 \left(\frac{1}{12} \cdot 10 \cdot 2^3 + 10 \cdot 2 \cdot 9^2 \right) + \frac{1}{12} \cdot 2 \cdot 16^3 = 3936,34 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 2 \left(\frac{1}{12} \cdot 10 \cdot 2^3 + 10 \cdot 2 \cdot 1,78^2 \right) + \frac{1}{12} \cdot 16 \cdot 2^3 + 16 \cdot 2 \cdot 2,22^2 = 628,44 \text{ cm}^4$$

$$\sigma = \frac{N}{I} \left(\frac{1}{F} + \frac{\mu \cdot x}{I_y} + \frac{v \cdot y}{I_x} \right) \rightarrow 1000 = N \left(\frac{1}{72} + \frac{(3,22)^2}{628,44} + \frac{10^2}{3936,34} \right)$$

$$\therefore P_{\max} = N = 17880 \text{ kg}$$



Kekuatan normal tekan P bekerja pada titik A menimbulkan g.n tergambar

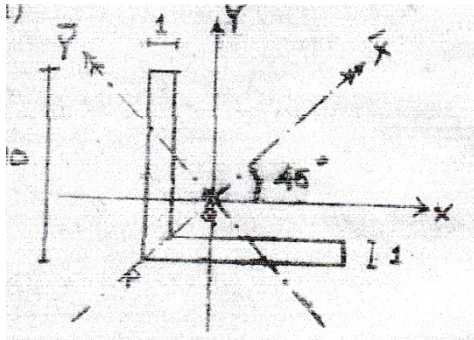
$$\frac{E_i}{E_b} = n = 15$$

$$\sigma_b = 50 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_1 = 1200 \text{ kg/cm}^2$$

- Letak titik A
- Besar $P_{\max}$ yang dapat didukung
- Gambarkan teras

Penyelesaian :



$$\text{letak t.b} \rightarrow 10 \cdot 1 \frac{1}{2} + 9 \cdot 1 \cdot 5 \frac{1}{2} = 19x$$

$$\tan 2\alpha_0 = \frac{C_{xy}}{\frac{I_x - I_y}{2}} = +\infty \rightarrow 2\alpha_0 = 90 \rightarrow \alpha_0 = 45^\circ$$

$$I_x = \frac{I_x + I_y}{2} + \frac{I_x - I_y}{2} \cos 2\alpha_0 - C_{xy} \sin 2\alpha_0$$

$$I_y = \frac{I_x + I_y}{2} + \frac{I_x - I_y}{2} \cos 2\alpha_0 + C_{xy} \sin 2\alpha_0$$

$$C_{xy} = 30 \cdot 1 \cdot 2,37 \cdot 2,13 + 9 \cdot 1 \cdot (-2,37)(2,63)$$

$$C_{xy} = -106,4 \text{ cm}^3$$

$$I_x = 75,6 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 28,4 \text{ m}$$

$$PQ = 2,87\sqrt{2} = 4,06 \text{ cm}$$

$$\text{Letak t.b batang dari sisi atas} = 5 - 4,06 = 9,06 \text{ cm}$$

$$I_n = \frac{1}{3} \cdot 40 \cdot 60^3 = 2.880.000$$

$$\frac{1}{36} \cdot 40 \cdot 15^3 = 3.750$$

$$\frac{1}{2} \cdot 40 \cdot 15 \cdot 85^2 = 1.267.500$$

$$15 \cdot 19 \cdot 10,94^2 = 4.296$$

$$15.286,4 = 31.000$$

$$4.186.446 \text{ cm}^4$$

$$S_n = 60 \cdot 40 \cdot 30 = 72.000$$

$$\frac{1}{2} \cdot 15 \cdot 40 \cdot 65 = 19.500$$

$$-15 \cdot 19 \cdot 10,94 = -3.117,9$$

$$87.882,1$$

$$\therefore d - \frac{I_n}{S_n} = \frac{4.186.446}{87882,1} = 47,7 \text{ m}$$

Letak A = 47,7 cm dari g.n kebawah

b) Kekuatan normal tekanan P bekerja diluar teras, sb menimbulkan g.n tergambar

$$\sigma_b = \frac{N \cdot P}{S_n} = \frac{47,7 \cdot P}{87882,1} \rightarrow P = 92000 \text{ kg} = 92 \text{ ton}$$

c) Menentukan teras

letak Titik Berat pada potongan normal $\rightarrow$ statisch momen terhadap sisi atas

$$x = \frac{\frac{1}{2} \cdot 40 \cdot 20 \left(\frac{2}{3} \cdot 20 \right) + 60 \cdot 40 \cdot 50 + \frac{1}{2} \cdot 40 \cdot 15 \cdot 85 + 14 \cdot 19 \cdot 9,06}{\frac{1}{2} \cdot 40 \cdot 20 + 60 \cdot 40 + \frac{1}{2} \cdot 40 \cdot 15 + 14,19}$$

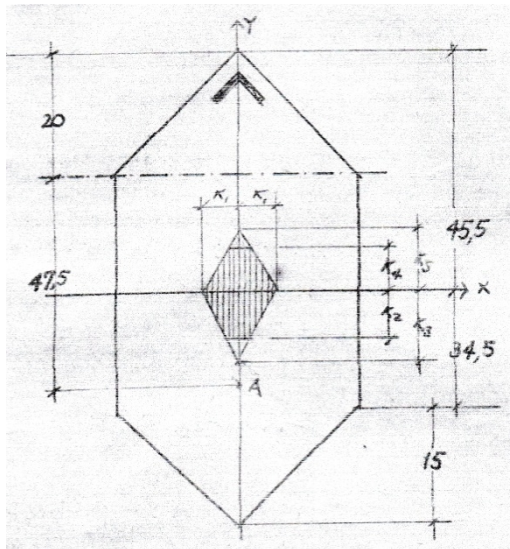
$$x = 45,5 \text{ cm}$$

$$F_n = 3336 \text{ cm}^2$$

$$I_x = \frac{1}{36} \cdot 40 \cdot 20^3 + \frac{1}{2} \cdot 40 \cdot 20 \left(45,5 - \frac{40}{3} \right)^2 + 14,19 \cdot (45,5 - 9,06)^2 + \frac{1}{12} \cdot 40 \cdot 60^3$$

$$+ 40 \cdot 60 \cdot (50 - 45,5)^2 + \frac{1}{36} \cdot 40 \cdot 15^3 + \frac{1}{2} \cdot 40 \cdot 15 (48 - 45,5)^2 + 14 \cdot 286,4 = 1962148,5 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 2 \cdot \frac{1}{12} \cdot 20 \cdot 20^3 + \frac{1}{12} \cdot 60 \cdot 40^3 + 2 \cdot \frac{1}{12} \cdot 15 \cdot 20^3 + 14 \cdot 75,6 = 367725,06 \text{ cm}^4$$



$$k_1 = \frac{367725,06}{3336 \cdot 20} = 5,5 \text{ cm}$$

$$k_2 = \frac{1962148,5}{3336 \cdot 45,5} = 12,95 \text{ cm}$$

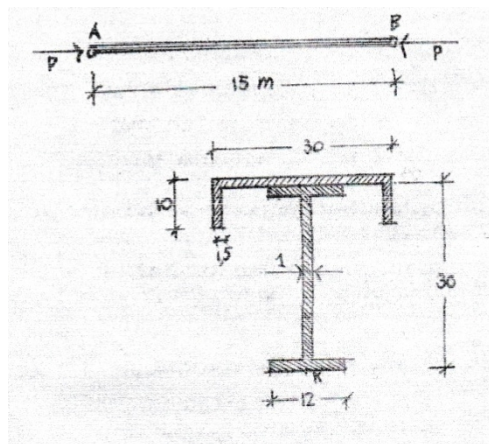
$$k_3 = \frac{1962148,5}{3336 \cdot 25,5} = 23,1 \text{ cm}$$

$$k_4 = \frac{1962148,5}{3336 \cdot 49,5} = 11,9 \text{ cm}$$

$$k_5 = \frac{1962148,5}{3336 \cdot 34,5} = 16,6 \text{ cm}$$

Soal

Batang AB panjang 15 meter kedua ujungnya bersendi.



a) P (tekan) bekerja centris, berapa Pmax, bila n = 3?

b) Bila Pmax itu dipindahkan ke titik K (excentris), berapa besar $\sigma_{\max}$?

$$\sigma_i = 1200 \text{ kg/cm}^2$$

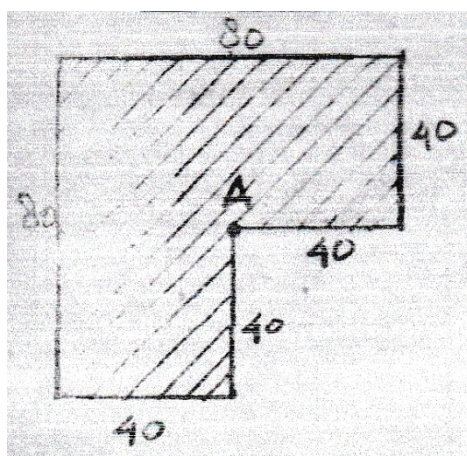
$$E_{\text{bahan}} = 2.106 \text{ kg/cm}^2$$

Kunci :

$$P_{\max} = 22,63 \text{ ton}$$

$$\sigma_{\max} = 980 \text{ kg/cm}^2$$

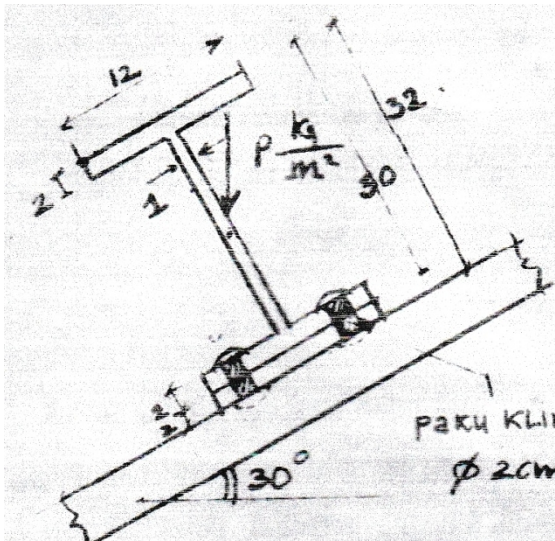
Soal latihan



Kolom dari beton dengan $\sigma_{\text{dip}} = 50 \text{ kg/cm}^2$ dengan potongan normal tergambar menahan kekuatan normal tekan P yang bekerja pada titik A

- Gambarkanlah teras potongan
- Gambarkan garis netral
- Hitung besar kekuatan normal P itu yang max dapat didukung

Soal latihan



Jarak antara kuda-kuda : 7 m

Jarak antara gording : 4 m

$E^{\text{bahan}} = 2.10^6 \text{ kg/cm}^2$

$\sigma = 1200 \text{ kg/cm}^2$

Batang gording dianggap didukung pada ujung-ujungnya dengan sendi dan rol

Tak ada puntiran

Berat sendiri gording tak dipandang

- Hitung besarnya muatan p yang max dapat didukung
- Hitung besarnya perubahan tempat vertikal z max pada batang gording karena muatan p max
- Hitung jarak antara paku klink yang diperlukan dan yang dipakai

Soal latihan :

Kekuatan normal N tekan bekerja di A membentuk g.n. tergambar

Hitunglah :

- Letak titik A
- N_{max} yang dapat ditahan
- Gambar teras potongan

Diketahui :

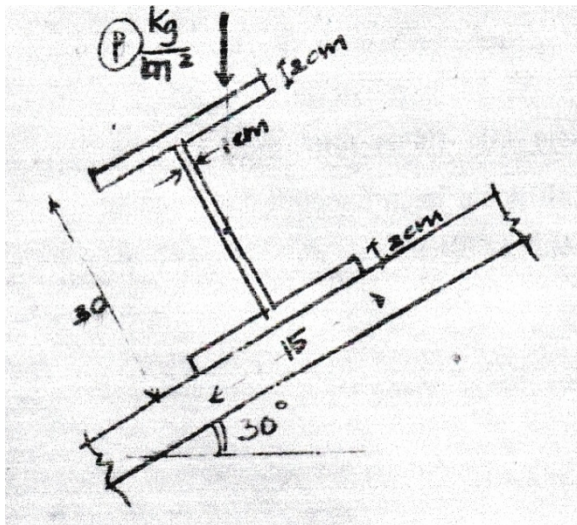
$N = 15$

$\sigma_A = 1200 \text{ kg/cm}^2$

$\sigma_{\text{Btarik}} = 0$; $\sigma_{\text{b tekan}} = 40 \text{ kg}$

Mekanika Rekayasa II

Soal latihan :



Jarak antara kuda-kuda = 6 m. Jarak antara gording = 4 m.

E bahan = $2 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2$

σ_{dip} = 1200 kg/cm^2

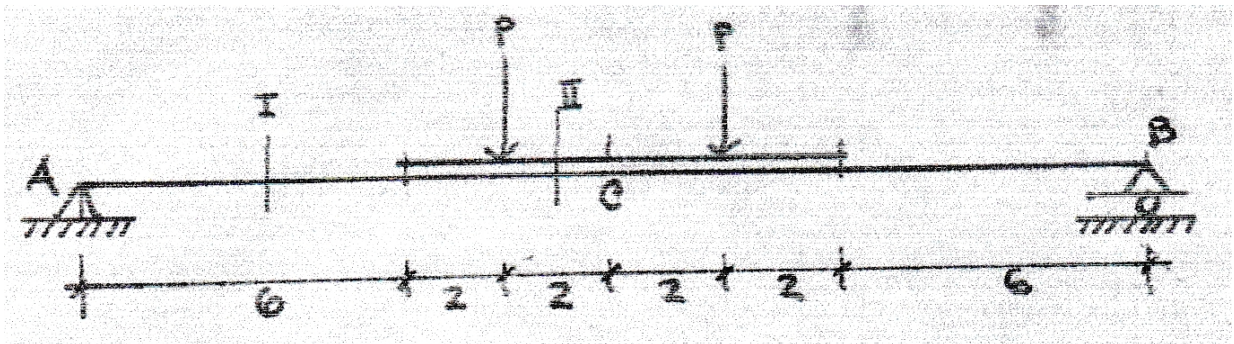
Batang gording dianggap didukung pada ujung-ujungnya dengan sendi dan rol.

Tidak ada puntiran, berat sendi gording t dipandang. Muatan atap p kg/cm²

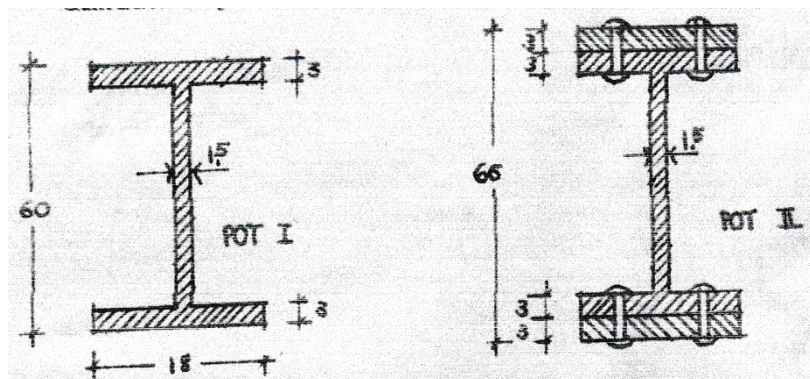
Hitunglah :

- Besar p yang max dapat didukung (177 kg/cm)
- λ_{max} yang timbul pada batang gording karena muatan pmax itu
- Perubahan tempat vertikal karena muatan pmax itu (4,5 cm)

Soal latihan



Batang AB dari baja dengan potongan normal I dan II seperti pada gambar dimuati seperti tergambar.



Paku keling $\varnothing 2 \text{ cm}$

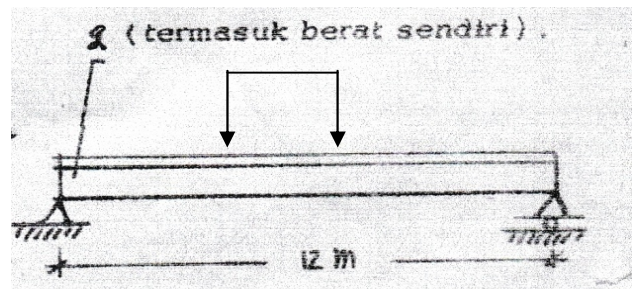
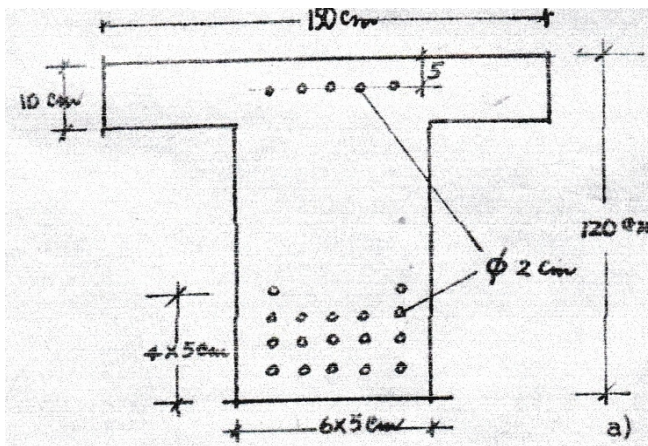
- Hitunglah besarnya masing-masing P yang max dapat dipikul
- Hitunglah besarnya perubahan tempat vertikal Z_c (pada potongan normal) karena $P_{\max}$ (dapat dianggap I pot II = 2 I pot I)
- Tentukan jarak antara paku keling yang dipakai
- Hitunglah besarnya τ pada paku keling pada sayap

$$\sigma_{\text{dip}} = 1200 \text{ kg/cm}^2$$

$$E = 2 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

Soal latihan

Batang beton bertulang dengan tulangan dan muatan tergambar



- Hitunglah besarnya $q_{\max}$ yang dapat didukung
- Hitunglah besarnya τ_{extr} pada keliling batang baja tarik pada $q_{\max}$ itu.

- Mari kita belajar pd **AKAR** yg **GIGIH MENCARI AIR**, menembus tanah bebatuan yg keras demi mengupayakan penghidupan, ketika **POHON TUMBUH, BERDAUN RIMBUN, BERBUNGA INDAH, BERBUAH LEBAT**, menampilkan elok pd dunia, dn mendapatkan pujian. **AKAR** tak pernah iri, dia tetap sembunyi dlm tanah tapi terus mengupayakan khidupan buat bagian2 lainnya. Inilah makna dari sbuah **KETULUSAN**, kiranya **KEIKHLASAN, KETULUSAN**, selalu menghiasi hati kita dari Armeyn Syam

SEMOGA BERMANFAAT



BIO DATA:

Nama	: H. Ir. Armeyn Syam, MT
Tempat / tanggal lahir	: Medan / 16 Agustus 1952
Pekerjaan	: Dosen Kopertis Wil X dpk di Institut Teknologi Padang
Pangkat / Golongan ruang	: Pembina / IVb
Jabatan akademik	: Lektor Kepala
Alamat	: Komplek Jondul IV Blok TT no 20 Parupuk Tabing Padang
Keluarga :	
Nama Istri	: Sri Indriati
Nama Anak	: Surya Ariansyah, ST. Jurusan Teknik Sipil : Ayu Arnita Putri, ST. Jurusan Teknik Lingkungan : Arief Cahyadi, ST. Jurusan Teknik Tambang : Taufiq Ardhan
Pengalaman kerja	
Akademik	:
Ketua Jurusan tahun	: 1/3-1987 s/d 20/8-1991 : Juli 1992 s/d 1996
Kepala Labor Sipil	: 1 Juli 2000 s/d 1 Desember 2003
Dekan FTSP	: 2 Desember 2003 s/d Desember 2007
Tingkat pendidikan SD	: Taman Harapan Medan 1 Juli 1965
SMP	: Yosua Medan 3 Desember 1968
SMA	: Yosua Medan 24 Nopember 1971
Perguruan tinggi	: USU Teknik Sipil 30 Juli 1983
Pascasarjana jurusan	: Struktur Bangunan USU 11 Pebruari 2012

Pengalaman kerja lain

1. Memonitor pekerjaan Rumah sakit Umum M.Jamil Padang PT. Grafos
2. Memonitor pekerjaan Pasar Raya Solok PT. Grafos
3. Pelaksaaan Gedung Kantor Pusat PT Semen Padang Indarung by Kontraktor PT. Karsa Wiyana
4. Melaksanakan pekerjaan land Skiping Unand Limau Manis Padang Sumbar.
5. Melaksanakan pekerjaan Ring Road tahap III Unand Limau Manis Padang Sumbar
6. Melaksanakan pekerjaan Gardu Induk Unand Limau Manis Padang Sumbar
7. Pengawasan jalan arteri Kota Padang Dana Khusus PT.Deserco Consultan
8. Pengawasan jalan arteri Kota Padang paket I by PT.Deserco Consultan
9. Perencanaan dan Pelaksanaan Gedung B di ITP Padang
10. Perencanaan Padang Arean Flood Control Projec by Nikken Consultan
11. Perencanaan Jalan dan Jembatan Paket I di P3T.NAS Sumbar by Deserco Consultan
12. Pengawasan Jalan dan Jembatan Paket I P3T.NAS Sumbar by Deserco Consultan
13. Pengawasan Jalan dan Jembatan Paket III P3T.NAS Sumbar by Deserco Consultan
14. Pengawasan Jalan dan Jembatan Paket III P3T.NAS Sumbar by PT.Tri Udaya Sena Sakti
15. Perencanaan Jembatan Kota Pariaman by PT.Kharisma Konsultan.
16. Perencanaan Jembatan Aek Nabirong di Pasaman Barat CV.Marras Konsultan
17. Pengawasan Kantor Dinas Peternakan Propinsi Sumbar PT. Artistik Engineering Consultant
18. Perencanaan Pasar Raya Padang Tahap II PT. Artistik Engineering Consultant