

untuk mengetahui tingkat efisiensi baik biaya maupun waktu penyelesaian dari dua sistim tersebut, sehingga akan memberi nilai tambah wawasan dalam pekerjaan perencanaan.

### 1.3 Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah untuk mengetahui efisiensi biaya terhadap disain balok beton tulangan sebelah dengan disain balok beton tulangan rangkap, pada kondisi pembebanan dan bentangan yang sama.

Adapun manfaatnya bagi penulis khususnya dan pembaca pada umumnya adalah, dapat mengetahui disain balok beton bertulang yang lebih ekonomis.

### 1.4 Batasan-batasan

Batasan yang diberikan baik itu pada beton bertulang tunggal maupun tulangan rangkap antara lain:

- 1) perhitungan dilakukan hanya untuk beban vertikal,
- 2) perhitungan dilakukan untuk bentangan 6 m dan diberi beban kerja yang sama, kecuali berat sendiri balok,
- 3) struktur balok dianggap bagian dari sistim portal dengan analisis balok persegi untuk daerah tumpuan dan balok T untuk daerah lapangan,
- 4) mutu bahan dipakai: mutu beton  $f_c' = 17$  MPa, dengan anggapan campuran beton 1 ; 2 ; 3 pada umur beton 28 hari, mutu baja  $f_y = 400$  MPa,
- 5) agregat kasar memakai batu pecah/split 2/3 dan agregat halus di ambil dari Kali Progo,

Tabel 3.3 Tegangan leleh baja

| $f_y$ (Mpa) | $f_y$ (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-------------|-----------------------------|
| 240         | 2400                        |
| 400         | 4000                        |

### 3.2.2 Analisa Perhitungan

Tegangan lentur hampir selalu menentukan geometris penampang beton bertulang. Proses disain yang mencakup pemilihan dan analisis penampang biasanya dimulai dengan pemenuhan persyaratan terhadap lentur, dan kemudian diikuti oleh persyaratan-persyaratan lainnya .

Apabila momen pada sebuah penampang diketahui, kemudian penentuan ukuran lebar  $b$  dan tinggi  $d$  ditetapkan dengan cara perkiraan kasar, yaitu dengan menggunakan hubungan empiris rasio antara lebar dan tinggi balok sebesar  $1,0 \leq d/b \leq 3,0$  , kemudian mutu beton dan mutu baja ditentukan, maka jumlah tulangan yang diperlukan dapat dihitung. Telah diketahui bahwa untuk kekuatan balok beton penampang persegi tulangan tarik saja adalah;

$$M_R = \phi N_{DZ} = \phi N_{TZ} = 0,8 \cdot (0,85f_c')ba \left( d - \frac{1}{2}a \right)$$

$$\text{Dengan } a = \frac{A_s \cdot f_y}{(0,85 f_c')b} = \frac{[bd \cdot f_y]}{(0,85f_c')b} = \frac{[ \cdot d \cdot f_y]}{(0,85f_c')}$$

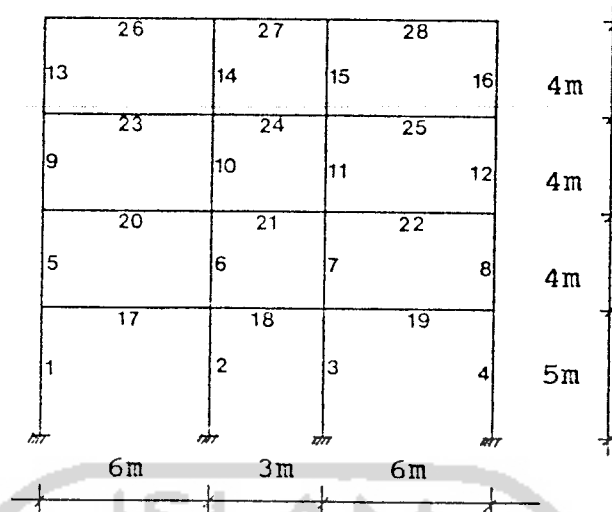
$$\text{ditetapkan nilai } \omega = [ \cdot f_y / f_c'$$

$$\text{maka } M_R = \phi(0,85f_c')(b) \left\{ \frac{d}{0,85} \right\} \left| d - \omega \frac{d}{2(0,85)} \right|$$

$$M_R = \phi b d^2 f_c' \omega (1 - 0,59\omega) \dots \dots \dots 3.1$$

nilai  $f_c' \omega (1 - 0,59\omega)$  dapat diungkapkan dengan  $k$

$$k = f_c' \omega (1 - 0,59\omega) \dots \dots \dots 3.2$$



Gambar 3.2 Potongan melintang

Pembebanan;

$$\text{beban hidup kerja} = (10)(6,0) = 60 \text{ kN/m}$$

$$\text{beban mati kerja} = (1,2)(6,0) = 7,20 \text{ kN/m}$$

$$\text{berat sendiri plat} = (0,125)(23)(6,0) = 17,25 \text{ kN/m}$$

berat sendiri balok diperhitungkan dengan menganggap lebar balok 300 mm, dan tingginya 800 mm

$$\text{berat sendiri balok} = (0,80 - 0,125)(0,3)(23) = 4,65 \text{ kN/m}$$

$$\text{beban hidup kerja total} = 60 \text{ kN/m}$$

$$\text{beban mati kerja total} = (7,20 + 17,25 + 4,65) = 29,1 \text{ kN/m}$$

$$\text{Beban rencana; } W_u = 1,2 W_{DL} + 1,6 W_{LL}$$

$$= 1,2(29,10) + 1,6(60) = 130,92 \text{ kN/m}$$

Momen dan gaya geser rencana:

Momen dan geser rencana dari beberapa dimensi balok yang disusun dalam bentuk tabel 3.4 seperti di bawah ini, yang dihitung dengan menggunakan program bantu microfeap P1.

Tabel 3.4 merupakan hasil momen dan gaya geser pada balok lantai 1 (satu) bentang 6 m, elemen 17 pada Gambar 3.2.

$$\begin{aligned} \text{Diagram } V_C &= (1/6\sqrt{f'_c}) \cdot bw \cdot d \\ &= 0,6872(300)(740)(10^{-3}) = 152,55 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\frac{1}{2} \cdot \phi \cdot V_C = \frac{1}{2} \cdot 0,6 \cdot 152,55 = 45,76 \text{ kN}$$

karena  $408,09 > 45,76$  maka diperlukan sengkang.

Menghitung  $V_S$  pada tumpuan

$$V_S \text{ perlu} = \frac{V_u}{\phi} - V_C = \frac{408,09}{0,6} - 152,55 = 527,60 \text{ kN}$$

$$\text{kemiringan diagram } V_S = \frac{130,93}{\phi} = \frac{130,93}{0,60} = 218,21 \text{ kN/m}$$

- 2) menentukan rentang panjang penulangan sengkang,  
jarak dari dukungan ketempat di mana diagram  $V_S = 0$

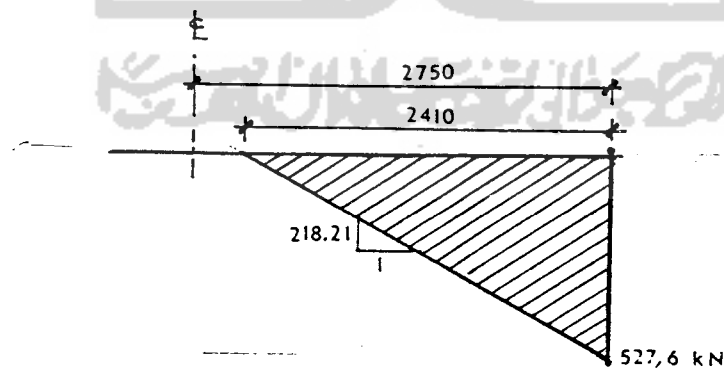
$$V_S = 0 \text{ pada } 527,60/218,21 = 2,41 \text{ m}$$

Sengkang harus ditempatkan pada nilai,

$$V_u = \frac{1}{2} \cdot \phi \cdot V_C = 45,76 \text{ kN}$$

panjang rentang penulangan sengkang ;

$$l = \frac{(408,09 - 45,76)}{130,93} = 2,76 \text{ m}$$



Gambar 3.5 Diagram  $V_S$

3) direncanakan pakai tulangan sengkang D10 ( $A_V = 157 \text{ mm}^2$ ), jarak spasi :

$$V_S = 527,60 - (740)(10)^{-3}(218,21) = 366,12 \text{ kN}$$

$$s_{\text{perlu}} = \frac{A_V \cdot f_y \cdot d}{V_S} = \frac{157 \cdot 240 \cdot 740 \cdot 10^{-3}}{366,12} = 76,15 \text{ mm}$$

digunakan jarak 75 mm

jarak spasi maksimum menurut SK SNI T-15-1991-03.

$$(1/3\sqrt{f'c})b_w d = 1,3743(300)(740)(10^{-3}) = 305,09 \text{ kN}$$

Dengan membandingkan terhadap  $V_S$  pada penampang kritis;

$$305,09 \text{ kN} < 527,60 \text{ kN}$$

Syarat  $s_{\text{maks}}$  adalah  $\frac{1}{2} d$  atau 600 mm,

$$\text{dengan } \frac{1}{2} d = \frac{1}{2} \cdot 740 = 370 \text{ mm}$$

Pemeriksaan  $s_{\text{maks}}$ ,

$$s_{\text{maks}} = \frac{3 \cdot A_V \cdot f_y}{b_w} = \frac{3(157)(240)}{300} = 376,80 \text{ mm}$$

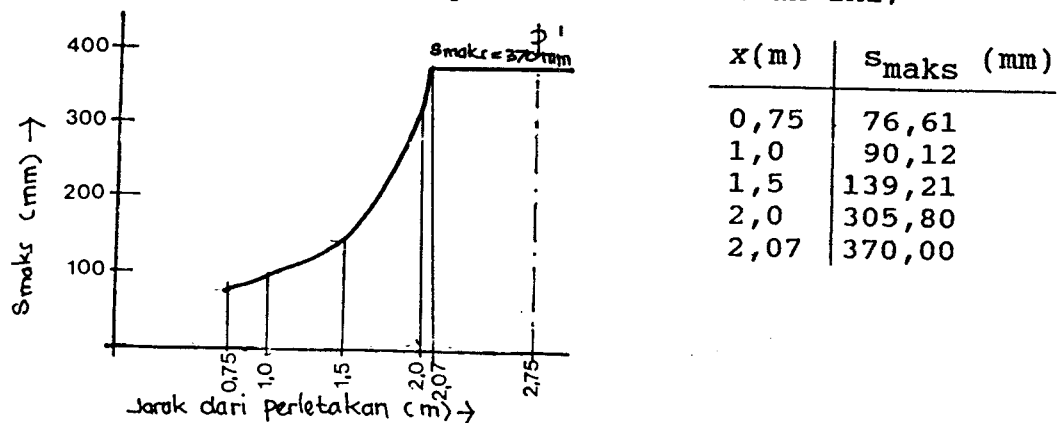
dipakai  $s_{\text{maks}}$  terkecil = 370 mm  $\approx$  370 mm.

Kebutuhan jarak spasi berdasarkan kuat geser,

$$V_S = V_{S \text{ maks}} - mx = 527,60 - [218,21(x)]$$

$$s_{\text{perlu}} = \frac{A_V f_y d}{V_S} = \frac{157(240)(740)(10)^{-3}}{(527,60 - 218,21 x)} = \frac{27883,20}{(527,60 - 218,21 x)}$$

Untuk sembarang nilai  $x$  didapatkan dalam bentuk daftar dan grafik seperti pada gambar 3.6 di bawah ini;



Gambar 3.6 Jarak spasi sengkang

- 7) menentukan luas tulangan tarik yang diperlukan untuk pasangan kopel gaya beton tekan dan tulangan baja tarik,

$$A_{S1} = [bd = 0,0124 \cdot 300 \cdot 550 = 2046 \text{ mm}^2$$

- 8) menentukan pasangan kopel gaya tulangan baja tekan dan tarik sedemikian sehingga kuat momennya memenuhi keseimbangan terhadap momen rencana.

$$M_{R2} = M_U - M_{R1} = 356,82 - 298,11 = 58,71 \text{ kNm}$$

berdasarkan pada pasangan kopel gaya tulangan baja tekan dan tarik didapatkan:

$$M_{R2} = \phi N_{D2} (d - d')$$

$$N_{D2} = \frac{M_{R2}}{\phi (d - d')} = \frac{58,71 \cdot 10^3}{0,8 (550 - 70)} = 152,89 \text{ kN}$$

karena  $N_{D2} = A_S' f_S'$ , maka  $f_S'$  dihitung berdasarkan letak garis netral pasangan kopel gaya beton tekan dan tulangan baja tarik, kemudian dilakukan pemeriksaan terhadap regangan  $\epsilon_S'$  pada tulangan baja tekan.

$$a = \frac{A_{S1} f_y}{(0,85 f_c') b} = \frac{2046 (400)}{(0,85 \cdot 17) 300} = 188,78 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{188,78}{0,85} = 222,10 \text{ mm}$$

$$\epsilon_S' = \frac{c - d'}{c} (\epsilon_c) = \frac{222,10 - 70}{222,10} (0,003) = 0,0020$$

$$\epsilon_y = 0,0020$$

karena  $\epsilon_y = \epsilon_S'$ , maka terbukti bahwa tulangan baja tarik akan meluluh sebelum regangan beton tekan mencapai 0,003, dan karena batas tegangan:  $f_y' = f_y$ , maka jumlah tulangan baja tekan yang diperlukan,

- perhitungan biaya balok beton bentang 6,00 m

|  |                  |              |                             |
|--|------------------|--------------|-----------------------------|
| <u>1,32 M<sup>3</sup> BETON BALOK LANTAI 0,30 x 0,80</u> |                  |              |                             |
| 1,32 M <sup>3</sup> Beton 1:2:3                          | @ R <sub>p</sub> | 113.860,00,- | R <sub>p</sub> 150.295,20,- |
| 195,98 Kg Besi Beton                                     | @ R <sub>p</sub> | 2.238,61,-   | R <sub>p</sub> 438.722,78,- |
| 9,62 M <sup>2</sup> Cetakan                              | @ R <sub>p</sub> | 12.300,00,-  | R <sub>p</sub> 118.326,00,- |
| 0,66 Stutwerk  | @ R <sub>p</sub> | 136.937,50,- | R <sub>p</sub> 90.378,75,-  |
|  |                  |              | <hr/>                       |
|  |                  |              | R <sub>p</sub> 797.722,73,- |

#### 4.3.2 Perhitungan Volume Balok Bertulangan Rangkap

(lihat Gambar 3.8)

$$\text{Bentang bersih} = 6,00 - 0,50 = 5,50 \text{ m}$$

$$\text{Ukuran tampang balok } 0,30 \text{ m} \times 0,65 \text{ m}$$

Berat;

$$D10 = 0,617 \text{ kg/m}, D12 = 0,888 \text{ kg/m}, D16 = 1,58 \text{ kg/m}$$

$$D36 = 7,99 \text{ kg/m}$$

a. volume beton campuran 1 : 2 : 3

$$0,30 \times 0,65 \times 5,50 = 1,07 \text{ m}^3$$

b. volume baja tulangan

- perhitungan panjang

$$\text{untuk D10} : 2(0,05 + 0,57 + 0,22)60 = 99,12 \text{ m}$$

$$\text{untuk D12} : 1 \times 5,50 \times 2 = 11,00 \text{ m}$$

$$\text{untuk D13} : 1 \times 4,40 \times 1 = 4,40 \text{ m}$$

$$\text{untuk D16} : 4 \times 4,40 \times 1 = 17,60 \text{ m}$$

$$2 \times 5,50 \times 2 = 22,00 \text{ m}$$

$$= 39,60 \text{ m}$$

$$\text{untuk D36} : 2 \times 1,40 \times 1 = 2,80 \text{ m}$$

$$: 2 \times 1,65 \times 1 = 3,30 \text{ m}$$

$$= 6,10 \text{ m}$$