BAB IV

ANALISA DAN PERHITUNGAN

4.1 Perencanaan Awal dimensi struktur

Menurut SNI 2847-2019 Pasal 18.6.2.1 bahwa lebar balok (b) harus sekurang-kurangnya 250 mm dan perbandingan lebar (b) tidak boleh kurang dari 0,3

4.1.1 Dimensi elemen balok

Balok Lantai 1-atap

> Dimensi balok induk B1

$h = \frac{1}{10} \times$ panjang bentang

$= \frac{1}{12} \times 7{,}2$

$= 0{,}6$ m

$h = \frac{1}{16} \times$ panjang bentang

$= \frac{1}{16} \times 7{,}2$

$= 0{,}45$ m

aka dipakai tinggi balc = 0,7 m

$l = \frac{2}{3} \times h$

$= \frac{2}{3} \times 0{,}7$

$= 0{,}467$ m

$l = \frac{1}{2} \times h$

$= \frac{1}{2} \times 0{,}7$

$= 0{,}35$ m

aka dipakai lebar balo = 0,4 m

$\frac{0{,}4}{0{,}7} = 0{,}6 > 0{,}4$ **OK**

ka dipakai balok berukur 30/60

> Dimensi balok anak B2 (bentang 3.6 m)

h = $\frac{1}{12}$ x panjang bentang

= $\frac{1}{12}$ x 3,6

= 0,3 m

h = $\frac{1}{16}$ x panjang bentang

= $\frac{1}{16}$ x 3,6

= 0,2 m

maka dipakai tinggi b = 0,5 m

l = $\frac{2}{3}$ x h

= $\frac{2}{3}$ x 0,5

= 0,33 m

h = $\frac{1}{2}$ x h

= $\frac{1}{2}$ x 0,5

= 0,25 m

aka dipakai lebar balo = 0,25 m

$\frac{0,25}{0,5}$ = 0,5 > 0,3 OK

maka dipakai balok anak be 25/50

Tabel 4.1 Hasil Pendimensian Balok

balok	bentan	antai 1- lantai Atap			
		l	-	h	
B1	7,2	0,4	-	0,7	
B2 (balok	7,2	0,25	-	0,5	

4.1.2 Dimensi elemen kolom

dimensi penampang terpendek, diukur pada garis lurus yang melalui pusat geometri, tidak boleh kurang dari 300 mm dan rasio dimensi penampang terpendek terhadap dimensi tegak lurus tidak boleh

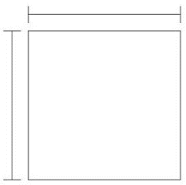
Tabel 4.2 Hasil Pendimensian Kolom

Lantai 1 - Lantai atap						
K1	800	x	800	1	>	0,4

4.1.3 Dimensi Elemen Pelat

Lx = 3,6 m

Ly = 3,6 m



Diasumsikan 120 mm

Rasio bentang terpanjang terhadap
bentang terpendek (β)

$$\beta = \frac{Ly}{Lx} = \frac{3,6}{3,6} = 1,00$$

Karena β < 2 Maka digunakan
tulangan pla 2 arah
perhitungan menggunakan balok 30/60

tinggi seluruh balc = 600 mm
bw = 300 mm
hb = 480 mm
hf = 120 mm

Lebar flens efektif (beff) menurut SNI 2847-2019
pasal 6.3.2.1 tidak boleh melebihi:

1 Be < 8 x tebal pela x 2 + bw
Be < 8 x 120 x 2 + 300
Be < 2220 mm

2 $Be < \frac{Sw}{2} \times 2 + bw$
Be < 2100 + 300
Be < 2400 mm

3 $Be < Ln \times \frac{1}{8} \times + bw$

$Be < 7200 \times \frac{1}{8} \times + 300$

Be < 1200,00 mm

Maka digunakan lebar 1200,00 mm

Menentukan titik berat penampang
dengan mengambil statis momen terhadap

Luas bagian sayap = 144000 mm2
Luas bagian badar = 144000 mm2

Luas total = 288000 mm2

$\bar{y}$ = (Luas sayap x 1/2 hf + Luas badan x (1/2 hb + hf)) / Luas total

= (144000 x 60 + 144000 x 360) / 288000

= 210 mm

Ib = 1/12 x bf x hf³ + Luas sayap x ($\bar{y}$ - (1/2 hf2)) +

1/12 x bw x hb + Luas badan x ((1/2 hb)) - $\bar{y}$

= 1/12 x 1200,0 x 2E+06 + 144000 x 22500 +

1/12 x 300 x 110592000 + 144000 x 900

= 3412800000 + 2,894E+09

= 6307200000 mm4

Momen Inersia plat, direncanakan :

- Arah *x*

  Tinggi plat (h) = 120 mm

  Panjang plat (b) = 3600 mm

  I_{P1} = 1/12 x b x h³

  = 1/12 x 3600 x 120 ³

  = 518400000 mm⁴

- Arah *y*

  Tinggi plat (h) = 120 mm

  Panjang plat (b) = 3600 mm

  I_{P2} = 1/12 x b x h³

  = 1/12 x 3600 x 120 ³

  = 518400000 mm⁴

Dengan, Modulus elastisitas beton = $4700x\sqrt{35}$

27806 MPa

Modulus elastisitas baja = 200000 MPa

Maka rasio kekakuan penampang balok terhadap kekakuan penampang pelat adalah sebagai berikut :

- αfm 1 = $\frac{Ib}{I_{P1}} = \frac{6307200000}{518400000,0} =$ 12,17
- αfm 2 = $\frac{Ib}{I_{P2}} = \frac{6307200000}{518400000,0} =$ 12,17

Sehingga, rata-rata rasio kekakuan balok terhadap penampang (α_{fm}) adalah sebagai berikut :

$$\alpha_{fm} = \frac{\alpha fm_1 + \alpha fm_2}{2}$$

$$= \frac{12,2 + 12,2}{2}$$

$$= 12,17 > 2$$

Menurut SNI 2847 : 2019 pasal 8.3.1.2 untuk αfm > 2, ketebalan plat minimum tidak boleh kurang

- $h\ min = \frac{Ln\ x \left[0,8 + \frac{f_{yr}}{1400}\right]}{36 + (9 \times \beta)}$

$$h\ min = \frac{3600 \times \left(0,80 + \frac{420}{1400}\right)}{36 + (9 \times 1)}$$

$$= 88,000 \text{ mm}$$

- dan tidak boleh kurang dari 90 mm

Ketebalan Plat Maksimum (h_{Max}) yaitu :

$$h_{maks} = \frac{Ln\ x \left[0,8 + \frac{fy}{1400}\right]}{36}$$

$$= \frac{4300 \times \left(0,80 + \frac{420}{1400}\right)}{36,00}$$

$$= 174,39 \text{ mm}$$

jika digunakan plat dengan ketebalan (h_{plat})

= **120 mm = 0,12 m**

Kontrol tebal plat $h_{min} < h < h_{maks}$

88,000 < **120** < 174,39 **……...OK**

4.1.4 Dimensi Elemen dinding geser

Ketebalan dinding geser menurut rumus empiris :

Tebal *Shear W*(≥ $\frac{1}{25} h_w$

$$\geq \frac{1}{25} \text{ x } 6100 \text{ mm}$$

$$\geq 244 \text{ mm}$$

atau

Tebal *Shear Wall* $\geq \frac{1}{25} l_w$

$$\geq \frac{1}{25} \text{ x } 7200 \text{ mm}$$

$$\geq 288 \text{ mm}$$

Syarat selanjutnya untuk tebal minimum elemen dinding geser berdasarkan pasal 18.8.5.1 pada SNI 2847-2019, yaitu untuk panjang penyaluran (ldh):

- $l_{dh} \geq 8 \text{ db}$

  $\geq 8 \text{ x } 25$

  $\geq 200 \text{ mm}$
- $l_{dh} \geq 150 \text{ mm}$
- $l_{dh} \geq \frac{f_y \, d_b}{5 \sqrt{fc'}}$

  $\geq \frac{420}{5} . \frac{25}{\sqrt{35}}$

  $\geq 329 \text{ mm}$

MSehingga panjang penyaluran tarik dipilih terbesar dari perhitungan (dh =328.67mm ≤400 mm **(Memenuhi)**

4.2 Perhitungan Pembebanan

Pembebanan pada struktur gedung meliputi beban gravitasi dan beban gempa. Pembebanan gravitasi direncanakan sesuai (SNI 1727:2020) dan untuk pembebanan gempa direncanakan sesuai pedoman (SNI 1726:2019).

4.2.1 Beban Mati

1 Berat bangunan
Berat Volume beton bertulang = 24 kN/m3
(dihitung otomatis dengan program etabs 2018)

2 Beban mati Tambahan
Berat Air hujan = Perkiraan tebal air x BJ air
= 0,05 m x 9,7 kN/m3
= 0,485 kN/m2

Berat Plafond+ rangka
(SNI 1727-2020 Tabel C3.1-1)
> Berat gypsum (t= 10 mm) = 0,008 kN/m2 x 10 mm
= 0,08
> Berat Hollow = 0,1 kN/m2
> Berat Total = Berat gypsum + berat hollow
= 0,08 + 0,1
= 0,18 kN/m2
= 18 kg/m2

Berat penutup lantai
(SNI 1727-2020 Tabel C3.1-1)
> Berat Keramik 19 mm + 13 mm Spesi = 0,77 kN/m2

Berat Mekanikal elektrikal
(SNI 1727-2020 Tabel C3.1-1)
> Berat Mekanikal Elektrikal = 0,19 kN/m2

Berat spesi per mm tebal
(SNI 1727-2020 Tabel C3.1-1)
> Berat spesi per mm tebal = 0,023 kN/m2

Berat Pas Bata
> Berat Pasangan Bata = 0,82 kN/m2 (sumber bata ringan grand elephant)
> Berat Pasangan Bata + spesi 2 cm = 0,82 + 0,46
= 1,28 kN/m2

Berat keramik
(SNI 1727-2020 Tabel C3.1-1)

> Berat keramik 19 mm + 13 mm spesi = 0,77 kN/m2

Berat jendela
(SNI 1727-2020 Tabel C3.1-1)

> Berat jendela = 0,38 kN/m2

Berat pintu
(SNI 1727-2020 Tabel C3.1-1)

> Berat kayu plester 2 sisi = 0,96 kN/m2

4.2.1.1 Beban mati tambahan pada pelat

Berikut adalah rincian perhitungan beban mati akibat berat komponen gedung yang bekerja pada pelat.

a. Perhitungan beban mati tambahan pada lantai atap

> berat mekanikal elektrikal	=	0,19	kN/m2	
> berat Air hujan	=	0,485	kN/m2	
> berat plafon + rangka	=	0,18	kN/m2	+
TOTAL	=	0,855	kN/m2	
	=	85,5	kg/m2	

b. Perhitungan beban mati tambahan pada lantai atap

> berat mekanikal elektrikal	=	0,19	kN/m2	
>	=	0,77	kN/m2	
> berat plafon + rangka	=	0,18	kN/m2	+
TOTAL	=	1,140	kN/m2	
	=	114	kg/m2	

4.2.1.2 Beban mati tambahan akibat Berat Bata pada balok (beasmen - atap)

a. Beban dinding Lantai 1
Pada balok B1 (30 x 60)

Total beban/m	=	Berat bata	x	(tinggi lantai	-	tinggi balok)
	=	1,28	x	4,5	-	0,6
	=	4,99	kN/m2			

Pada balok BA1 (25 x50)

Total beban/m	=	Berat bata	x	(tinggi lantai	-	tinggi balok)
	=	1,28	x	4,5	-	0,5
	=	5,12	kN/m2			

4.2.1.3 Beban mati tambahan akibat berat jendela dan pintu

1 lantai 1

a. **Untuk sumbu memanjang x**

> beban dinding + jendela line 9 balok B1

B-C	=	4,700	kN/m2
C-D	=	4,700	kN/m2

D-F = 4,700 kN/m2
F-H = 4,700 kN/m2
H-J = 4,700 kN/m2
J-L = 4,700 kN/m2
L-N = 4,99 kN/m2

- Luas dinding kotor = h lantai - h balok x bentang
  = 4,5 - 0,7 x 7,2
  = 27,36 m2 = 100%
- Luas jendela 1 = (h jendela x lebar)
  = 1 x 1
  = 1
- Presentase Luas jendela = $\frac{\text{L jendela 1}}{\text{L dinding kotor}}$ x 100%
  = $\frac{1}{27,36}$ x 100%
  = 3,65%
- Presentase Luas dinding bersih = $\frac{\text{L dinding kotor} - \text{L jendela}}{\text{L dinding kotor}}$ x 100%
  = $\frac{27,36 - 1}{27,36}$ x 100%
  = 96,35%
- Berat ding ding = Berat bata x (tinggi lantai - h balok)
  = 1,28 x 4,5 - 0,7
  = 4,864 kN/m
- berat jendela = berat kaca x tinggi jendela
  = 0,38 x 1
  = 0,38 kN/m
- beban dinding 1 jendela = presentase dinding bata x Berat Bata + berat jendela x presentase jendela
  = 96,35% x 4,864 + 0,38 x 3,7%
  = **4,700** kN / m

> beban dinding LINE 7 B1

Grid
B-C = 4,700 kN / m
E-F = 2,50 kN / m
F-H = 1,304 kN / m
H-J = 1,304 kN / m
J-L = 1,304 kN / m
L-M = 2,5 kN / m

- Luas dinding kotor = h lantai - h balok x bentang
  = 4,5 - 0,7 x 7,2
  = 27,36 m2 = 100%

- Luas jendela 1 = (h jendela x lebar)

= 1 x 1

= 1 m2

Luas Pintu 1 = (h pintu x lebar)

= 2 x 1,5

= 3 m2

- Presentase Luas jendela = $\frac{\text{L jendela + pintu}}{\text{L dinding kotor}}$ x 100%

= $\frac{4}{27,36}$ x 100%

= 14,62%

- Presentase Luas dinding = $\frac{\text{L dinding kotor - jendela + pin}}{\text{L dinding kotor}}$ x 100%

= $\frac{27,36 - 4}{27,36}$ x 100%

= 85,38%

- Berat Bata = Berat Bata x (tinggi lantai - h balok)

= 1,28 x 4,5 - 0,7

= 4,864 kN/m

- berat jendela = berat kaca x (tinggi lantai - h balok)

= 0,38 x 4,5 - 0,7

= 1,444 kN/m

- beban dinding + 1 jendela + = presentase dinding bata x Berat Bata + berat jendela x presentase jendela

= 85,38% x 1,28 + 1,444 x 15%

= **1,304** kN / m

> beban dinding LINE 6 Ba

Grid H-J = 4,700 kN / m

J-L = 4,700 kN / m

L-M = 4,700 kN / m

- Luas dinding kotor = h lantai - h balok x bentang

= 4,5 - 0,25 x 7,2

= 30,6 m2 = 100%

- Luas jendela 1 = (h jendela x lebar)

= 1 x 1

= 1

- Presentase Luas jendela = $\frac{\text{L jendela 1}}{\text{L dinding kotor}}$ x 100%

= $\frac{1}{30,6}$ x 100%

= 3,27%

- Presentase Luas dinding bersih = $\frac{\text{L dinding kotor - L jendela}}{\text{L dinding kotor}}$ x 100%

= $\frac{30,6 - 1}{30,6}$ x 100%

= 96,73%

- Berat ding ding = 1,28 x (tinggi lantai - h balok)
  = 1,28 x 4,5 - 0,25
  = 5,44 kN/m
- berat jendela = berat kaca x tinggi jendela
  = 0,38 x 1
  = 0,38 kN/m
- beban dinding 1 jendela = presentase dinding bata x Berat Bata + berat jendela x presentase jendela
  = 96,73% x 5,44 + 0,38 x 3,3%
  = **5,275** kN / m

> beban dinding LINE 5 B1

Grid = C-E 4,992

> beban dinding LINE 4 Ba

Grid = D-F 1,304 Kn/m
= J-L 1,304 Kn/m
= I-N 1,304 Kn/m
= N-P 1,304 Kn/m

- Luas dinding kotor = h lantai - h balok x bentang
  = 4,5 - 0,5 x 7,2
  = 28,8 m2 = 100%
- Luas jendela 1 = (h jendela x lebar)
  = 1 x 1
  = 1 m2

  Luas Pintu 1 = (h pintu x lebar)
  = 2 x 1,5
  = 3 m2
- Presentase Luas jendela = $\frac{\text{L jendela + pintu}}{\text{L dinding kotor}}$ x 100%
  = $\frac{4}{28,8}$ x 100%
  = 13,89%
- Presentase Luas dinding = $\frac{\text{L dinding kotor - jendela + pin}}{\text{L dinding kotor}}$ x 100%

$$= \frac{28,8 - 4}{28,8} \times 100\%$$

$$= 86,11\%$$

- Berat Bata = Berat Bata x (tinggi lantai - balok Ba

$$= 1,28 \times 4,5 - 0,50$$

$$= 5,12 \text{ kN/m}$$

- berat jendela = berat kaca x (tinggi lantai - balok Ba

$$= 0,38 \times 4,5 - 0,500$$

$$= 1,520 \text{ kN/m}$$

- beban dinding + 1 jendela + = presentase dinding bata x Berat Bata + berat jendela x present ase jendela

$$= 86,11\% \times 1,28 + 1,52 \times 14\%$$

$$= \mathbf{1,3133} \text{ kN / m}$$

> beban dinding LINE 3B1

Grid = C-D = 4,828 kN / m
D-F = 4,828 kN / m
F-H = 4,828 kN / m

- Luas dinding kotor = h lantai - h balok x bentang

$$= 4,5 - 0,7 \times 6,6$$

$$= 25,08 \text{ m2} = 100\%$$

- Luas jendela 1 = (h jendela x lebar)

$$= 1 \times 1$$

$$= 1$$

- Presentase Luas jendela $= \frac{\text{L jendela 1}}{\text{L dinding kotor}} \times 100\%$

$$= \frac{1}{25,08} \times 100\%$$

$$= 3,99\%$$

- Presentase Luas dinding bersih $= \frac{\text{L dinding kotor} - \text{L jendela}}{\text{L dinding kotor}} \times 100\%$

$$= \frac{25,08 - 1}{25,08} \times 100\%$$

$$= 96,01\%$$

- Berat ding ding = 1 x (tinggi lantai - h balok)

$$= 1,28 \times 4,5 - 0,7$$

$$= 4,864 \text{ kN/m}$$

- berat jendela = berat kaca x tinggi jendela

$$= 0,38 \times 1$$

$$= 0,38 \text{ kN/m}$$

- beban dinding = presentase Berat berat present

1 jendela		dinding bata	x	Berat Bata	+	berat jendela	x	ase jendela
	=	96,01%	x	4,864	+	0,38	x	4,0%
	=	**4,685**	kN / m					

- beban dinding LINE 2 B1

Grid	=	L-N	=	4,685	kN / m
		N-P	=	4,992	kN / m

Untuk Y sumbu melinta

beban dinding B

line 9-7 = 4,828 kN / m

beban dinding D

line 6-5 = 1,304 kN / m
line 5-3 = 1,304 kN / m

beban dinding E

line 9-7 = 4,992 kN / m

beban dinding G

line 9-7 = 4,992 kN / m

beban dinding H

line 6-4 = 4,992 kN / m

beban dinding J

line 6-4 = 4,992 kN / m

beban dinding K

line 9-7 = 4,992 kN / m

beban dinding L

line 6-4 = 4,992 kN / m
line 3-1 = 4,828 kN / m

beban dinding M

line 9-7 = 4,992 kN / m

beban dinding N

line 9-7 = 4,992 kN / m
line 5-3 = 4,828 kN / m
line 3-1 = 4,992 kN / m

4.2.2 Beban hidup

Berikut adalah beban hidup yang bekerja pada gedung

Tabel 4.4 Beban hidup yang bekerja pada gedung

hunian atau penggunaan	Merata (kN/m2)
lobby	4,79
Gudang	6
ruang kuliah (kelas)	1,92
ruang mesin elevator	1,92
ruang kantor	2,4
tangga dan bordes	4,79
Atap datar, berhubung,	0,96
ruang panel	1,92

(Sumber : beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain SNI 1727-2020 Tabel 4.3-1)

4.2.3 Beban Gempa

4.2.3.1 Parameter Perhitungan beban gempa

1. Menentukan klasifikasi situs tanah

   Berikut merupakan perhitungan rata-rata dari dua buah sampel uji standart penetration test (SPT)

Tabel 4.5 hasil uji bohr log sampel 1

no	kedalaman (m)	Tebal (m)	nilai SPT/Ni	Ti/Ni
1	0	0	0	
2	2	2	6	0,333
3	4	2	4	0,500
4	6	2	4	0,500
5	8	2	24	0,083
6	10	2	60	0,033
7	12	2	15	0,133
8	14	2	18	0,111
9	16	2	28	0,071
10	18	2	40	0,050
11	20	2	14	0,143
12	22	2	16	0,125
13	24	2	38	0,053
14	26	2	51	0,039
15	28	2	60	0,033
16	30	2	60	0,033
Σti		30	Σti/ni	2,242

$$N = \frac{\sum_i^m = 1\ ti}{\sum_i^m = 1\ \frac{ti}{Ni}}$$

N1 = $\frac{30}{2,242}$ = 13,379

Tabel 4.6 hasil uji bohr log sampel 2

no	kedalaman (m)	Tebal (m)	nilai SPT/Ni	Ti/Ni
1	0	0	0	
2	2	2	5	0,400
3	4	2	7	0,286
4	6	2	18	0,111
5	8	2	50	0,040
6	10	2	45	0,044
7	12	2	12	0,167
8	14	2	18	0,111
9	16	2	48	0,042
10	18	2	53	0,038
11	20	2	10	0,200
12	22	2	20	0,100
13	24	2	26	0,077

14	26	2	45	0,044
15	28	2	59	0,034
16	30	2	60	0,033
	Σti	30	Σti/ni	1,727

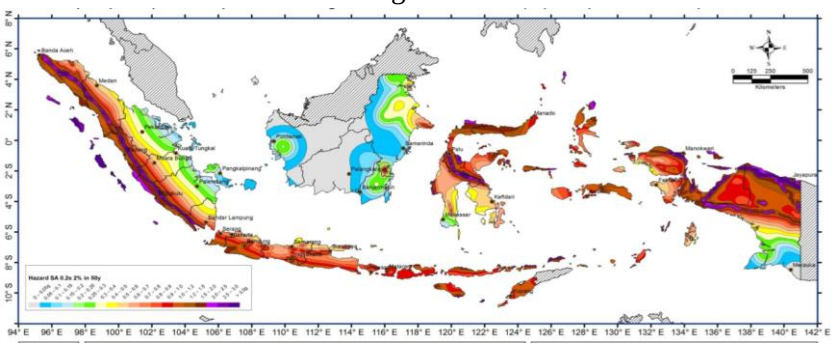
$$N = \frac{\sum_i^m = 1\ ti}{\sum_i^m = 1\ \frac{ti}{Ni}}$$

$$N2 = \frac{30}{1,727} = 17,371$$

nilai N rata-rata dari hasil pengujian bohr log diatas adalah

$$\text{N rata-rata} = \frac{N1 + N2}{2} = \frac{13,379 + 17,371}{2} = 15,375$$

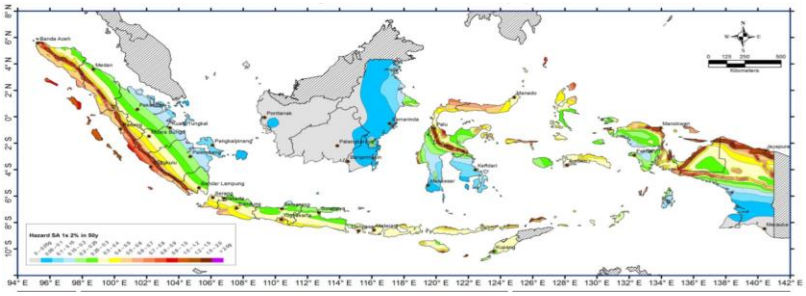
2. Menentukan nilai Ss daerah malang



Gambar 4.1 lokasi di peta respon spectra percepatan 0,2 detik (Ss)

Nilai Ss = 0,887 (sumber : Puskim.pu.go.id)

3. Menentukan nilai S1



Gambar 4.2 lokasi di peta respon spectra percepatan 1 detik (S1)

Nilai S1 = 0,413 (sumber: Puskim.go.id)

4 Menentukan kategori resiko bangunan dan faktor keutamaan

Tabel 4.7 Penentuan Kategori resiko bangunan

Jenis Pemanfaatan		Kategori
Gedung dan non gedung yang ditunjukansebagai fasilitas yang penting, termasuk tetapi tidak batasi untuk:		IV
-	Bangunan- bangunan monumental	
-	Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan	
-	Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat	
-	Tempat Perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai dan tempat perlindungan darurat lainnya.	
-	Fasilitas kesiapan darurat komonikasi,pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat	
-	Struktur tambahan (termasuk menara telekomonikasi,tangka penyimpanan bahan bakar, menara pendingin,struktur stasiun listrik, tangka air pemadam kebakaran atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang diisyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat	
Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori resiko IV		

(Sumber: SNI 1726:2019 Pasal 4.1.2)

Tabel 4.8 penentuan faktor keutamaan gempa,Ie

kategori resiko	faktor keutamaan gempa Ie
I atau II	1
III	1,25
IV	1,5

(Sumber : SNI 1726:2019 Pasal 4.1.2)

Ie = 1,5

5 Menentukan koefisien situs Fa dan Fv

Dari perhitungan nilai N rata-rata didapatkan nilai **N = 15,375** sehingga,gedung fakultas peternakan universitas brawiaya masuk kedalam kelas situs:

Tabel 4.9 Penentuan Klasifikasi situs

kelas situs	*Vs* (m/detik)	*N* atau *Nch*	*Su* (kPa)
SD (tanah sedang)	175 - 350	15 - 50	50 - 100

(Sumber: SNI 1726:2019 Pasal 5.3)

Tabel 4.10 Penentuan Koefisien situs, Fa

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) terpetakan pada periode

	pendek, T = 0,2 detik, S_s					
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s = 1,25$	$S_s \geq 1,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
SC	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0
SE	2,4	1,7	1,3	1,1	0,9	0,8
SF	SS[a]					

Catatan:

a) Untuk nilai atara Ss dapat dilakukan interpolasi linear
b) SS = Situs yang memerlukan inverstigasi geoteknik spesifik dan analisis respons sistus spesifik, lihat 6.10.1

(sumber: SNI 1726-2019 Pasal 6.2)

Tabel 4.11 penentuan koefisien situs,Fv

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCER) terpetakan pada perioda 1 detik, *S1*						
	S1 ≤ 0,1	*S* 1 ≤ 0,2	S1 < 0,3	S1 ≤ 0,4	S1 ≤ 0,5		S1 ≤ 0,6
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8		0,8
SB	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8		0,8
SC	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5		1,4
SD	2,4	2,2	2,0	1,9	1,8		1,7
SE	4,2	3,3	2,8	2,4	2,2		2,0
SF	SSb						

CATATAN :

(a) Untuk nilai-nilai antara *Ss* dapat dilakukan interpolasi linier
(b) SS = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1

(Sumber : SNI 1726-2019 pasal 6.2)

Ss = 0,887
S1 = 0,4126

dilakukan interpolasi untuk mendapatkan nilai Fa

Ss = 0,75 Fa = 1,2
Ss = **0,8867** Fa = ?
Ss = 1 Fa = 1,1

$$Fa = 1,2 - \frac{1,2 - 1,1}{1 - 0,75}(0,887 - 0,75) = \mathbf{1,145}$$

dilakukan interpolasi untuk mendapatkan nilai Fv

S1 = 0,4 Fv = 1,9
S1 = **0,4126** Fv = ?
S1 = 0,5 Fv = 1,8

$$Fv = 1,2 - \frac{1,2 - 1,1}{1 - 0,75}(0,413 - 0,75) = \mathbf{1,887}$$

Didapatkan nilai Fa dan Fv

6 Menghitung percepatan pada periode pendek (SMS) dan periode 1 detik (SM1)

SMS = Fa x Ss

= 1,145 x 0,8867
= 1,016

SM1 = Fv x S1
= 1,887 x 0,4126
= 0,779

7 Menentukan nilai SDS dan SD1

$Sds = \frac{2}{3} Fa \times Ss$

$= \frac{2}{3} 1{,}145 \times 0{,}887$

$= 0{,}68$

$Sd1 = \frac{2}{3} Fv \times S1$

$= \frac{2}{3} 1{,}887 \times 0{,}4126$

$= 0{,}52$

Tabel 4.12 Penentuan KDS berdasarkan SDS

Nilai *SDS*	**Kategori risiko**	
	I atau II atau III	**IV**
SDS < 0,167	A	A
0,167 ≤ SDS < 0,33	B	C
0,33 < SDS < 0,50	C	D
0,50 < SDS	D	D

(Sumber : SNI 1726:2019 Tabel 8)

Tabel 4.13 Penentuan KDS berdasarkan SD1

Nilai *SDS*	**Kategori risiko**	
	I atau II atau III	**IV**
SDS < 0,167	A	A
0,167 ≤ SDS < 0,33	B	C
0,33 ≤ SDS < 0,50	C	D
0,50 < SDS	D	D

(Sumber : SNI 1726:2019 Tabel 9)

Dari tabel diatas dapat disimpulkan bahwa tanah yang berada di kota Malang adalah tanah lunak dengan kategori D

8 Menentukan Faktor R,Cd,Ωo

Tabel 4.14 Penentuan Faktor R,Cd,Ωo

D. Sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan paling sedikit 25% persen gaya gempa yang ditetapkan	R	Ωo	Cd	Batasan sistem struktur dan batasan Kategori desain seismik				
				B	C	D	E	F
1. Rangka baja dengan bresing eksentris	8	$2\frac{1}{2}$	4	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka baja dengan	7	$2\frac{1}{2}$	$5\frac{1}{2}$	TB	TB	TB	TB	TB

bresing konsentris khusus	7	$2\frac{1}{2}$	$5\frac{1}{2}$	TB	TB	TB	TB	TB
3. Dinding geser beton bertulang khusus	7	$2\frac{1}{2}$	$5\frac{1}{2}$	TB	TB	TB	TB	TB
4. Dinding geser beton biasa	6	$2\frac{1}{2}$	5	TB	TB	TI	TI	TI

(Sumber : SNI 1726-2019 Tabel 12)

Dari tabel diatas didapatkan nilai struktur dinding geser bertulang khusus:

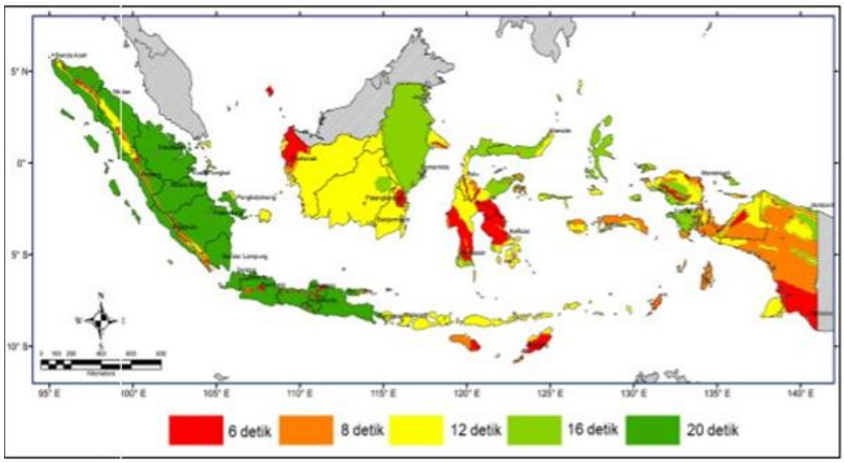
R = 7

Ω_o = 2,5

Cd = 5,5

9 Membuat respons Spektrum dan skala gaya respons spektrum

- Menghitung nilai Periode To dan Ts



Gambar 4.3 panjang periode TL

(Sumber : SNI 1726-2019 Gambar 20)

Dari peta panjang periode TL, maka didapatkan Malang termasuk dalam periode **20 detik**

Maka:

$$To = 0,2 \frac{SD1}{SDS} \qquad Ts = \frac{SD1}{SDS}$$

$$= 0,2 \frac{0,519}{0,677} \qquad = \frac{0,519}{0,677}$$

$$= 0,15 \qquad = 0,767$$

- Mengitung nilai Sa sesuai dengan SNI 1726-2019 Pasal 6.4

>> Untuk T< To

$$Sa = SDS \times \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{To} \right)$$

>> Untuk To ≤ T≤Ts

Sa = SDS

>> Untuk Ts ≤ T ≤ TL

$$Sa = \frac{SD1}{}$$

Sa = T

>> Untuk T > TL

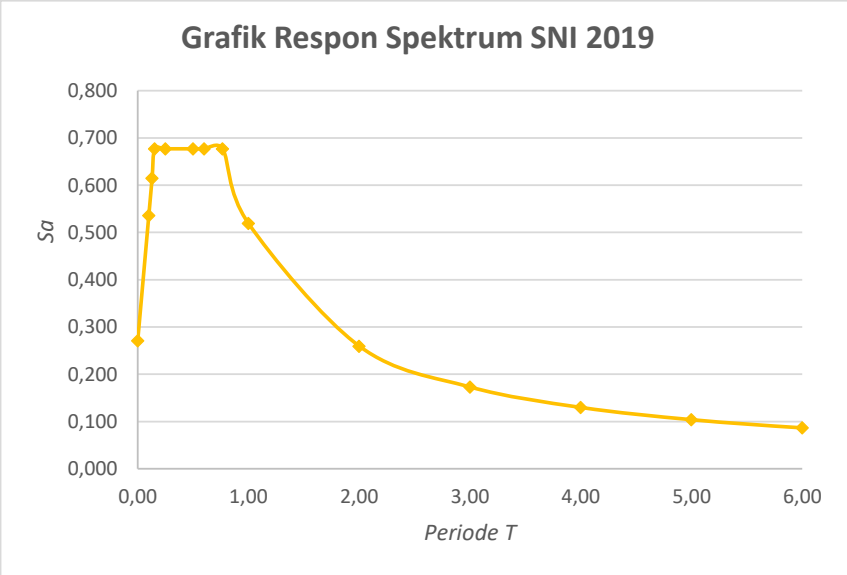
$$Sa = \frac{SD1 \times TL}{T^2}$$

Tabel 4.15 Data parameter respons spektrum

SNI 2019	
T	Sa
0,00	0,271
0,10	0,536
0,13	0,615
0,1534	**0,677**
0,25	0,677
0,50	0,677
0,60	0,677
0,7668	**0,677**
1,00	0,519

SNI 2019	
T	Sa
2,00	0,260
3,00	0,173
4,00	0,130
5,00	0,104
6,00	0,087
7,00	0,074
8,00	0,065
10,00	0,052
12,00	0,043

SNI 2019	
T	Sa
14,00	0,037
15,00	0,035
16,00	0,032
17,00	0,031
18,00	0,029
20,00	0,026



Gambar 4.4 Grafik Respons Spektrum

- Menghitung Skala Gaya Respons Spektrum

$$\text{Skala gaya} = 9{,}81 \times \frac{Ie}{R}$$

Maka

$$\text{Skala gaya arah x} = 9{,}81 \times \frac{1{,}5}{7} = 2{,}10 \text{ m/s2}$$

$$\text{Skala gaya arah x} = 9{,}81 \times \frac{1{,}5}{7} = 2{,}10 \text{ m/s2}$$

Dari data- data diatas, maka hasil perhitungan parameter beban gempa dapat disimpulkan dalam tabel berikut ini:

Tabel 4.17 Rekapitulasi Parameter Beban gempa

Kategori resiko	IV
Faktor keutamaan gempa Ie	1,5
Kelas situs tanah	SD
Parameter percepatan batuan dasar pada periode pendek (Ss)	0,887
Parameter percepatan batuan dasar pada periode 1 detik (S1)	0,413
Faktor amplikasi periode pendek (Fa)	1,145
Faktor amplikasi periode 1 detik (Fv)	1,887
Percepatan pada periode pendek (SMS)	1,016
Percepatan pada periode 1 detik (SM1)	0,779
Percepatan desain pada periode pendek (SDS)	0,677
Percepatan desain paa periode 1 detik (SD1)	0,519
Kategori desain seismik (KDS)	D
Nilai Faktor R	7
Nilai Faktor Cd	5,5
Nilai Faktor Ωo	2,5
Skala Gaya Respons arah X	2,10
Skala Gaya Respons arah Y	2,10

4.2.3.2 Analisis Gempa Statik Ekivalen

1. Menentukan Periode Fundamental Struktur

Tabel 4.18 Koefisien untuk batas atas pada perioda yang dihitung

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, S_{D1}	Koefisien Cu
≥0,4	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
≤0,1	1,7

(Sumber: SNI 1726-2019 Tabel 17)

Tabel 4.19 Nilai Parameter Perioda pendekatan Ct dan x

Tipe struktur	Ct	*x*
Sistem rangka pemikul momen dimana rangka memikul 100 persen gaya gempa yang diisyaratkan dan tidak dilengkapi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi		
Rangka baja pemikul momen	0,0724a	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466a	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731a	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap	0,0731a	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488a	0,75

(Sumber: SNI 1726-2019 Tabel 18)

Didapatkan nilai:

Cu = 1,4

Ct = 0,0488

x = 0,75

Hn = 31,5 (Hn = tinggi total bangunan)

Menghitung periode fundamental pendekatan (Ta)

Ta = Ct x Hn^x

= 0,0488 x 31,5 ^ 0,75

= 0,649

Menghitung periode maksimum

Tmax = Cu x Ta

= 1,4 x 0,649

= 0,908

Waktu getar alami dari analisis ETABS

Tcx = 1,137 detik

Tcy = 1,082 detiik

(Sumber: Modal participation mass ratio)

Dalam SNI 1726-2019 pasal 7.8.2 disebutkan:

1 Jika $T_c > C_u \cdot T_a$ maka $T = C_u.ta$

2 Jika $T_a < T_c < C_u.t_a$ maka $T = Tc$

3 Jika $T_c < T_a$ maka $T = Ta$

Ta = 0,908 < **Tc = 1,137** > Tmax = 0,908

Ta = 0,908 < **Tc = 1,082** > Tmax = 0,908

Maka nilai T yang dipakai adalah nilai Tmax

Tcx = **0,908** detik

Tcy = **0,908** detik

2. Menghitung Koefisien respon seismik (Cs)

a Menghitung nilai Cs min

Cs min = 0,044 S_{DS} I_e ≥ 0,01

= 0,044 x 0,677 x 1,5 ≥ 0,01

= 0,045 ≥ 0,01 **OK**

b Menghitung nilai Csx dan Csy sesuai dengan (SNI 1726-2019 pasal 7.8.1.1)

$$C_{sx} = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,677}{\left(\frac{7}{1,5}\right)} = 0,145$$

$$C_{sy} = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,677}{\left(\frac{7}{1,5}\right)} = 0,145$$

c Menghitung nilai Cs maks

$$C_{sx\,max} = \frac{S_{D1}}{Tcx \; \frac{R}{Ie}} = \frac{0,52}{0,908 \left(\frac{7}{1,5}\right)} = 0,122$$

$$C_{sy\,max} = \frac{S_{D1}}{Tcy\left(\frac{R}{Ie}\right)} = \frac{0{,}519}{0{,}908\left(\frac{7}{1{,}5}\right)} = 0{,}122$$

Kontrol :

Cs min	<	Csx	<	Cs max
0,045	<	0,145	>	0,122

maka dipakai nilai Csmax = **0,122**

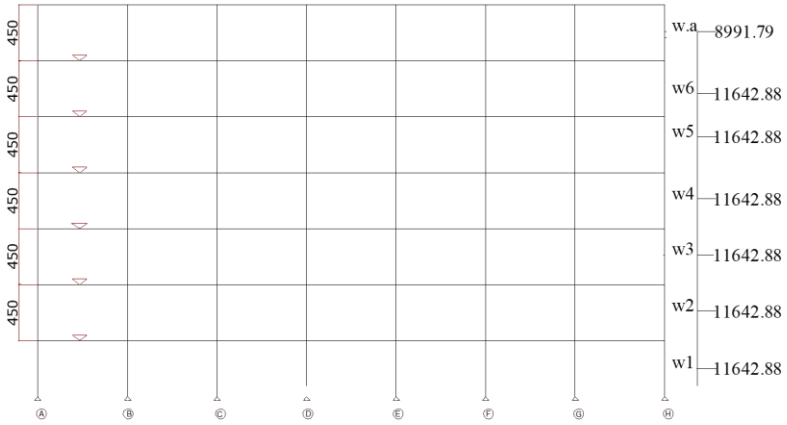
Cs min	<	Csy	<	Cs max
0,045	<	0,145	>	0,122

maka dipakai nilai Csmax = **0,122**

Dari hasil perhitungan berat seismik efektif setiap lantai maka didapatkan rekapitulasi berat seismik efektif (W) pada tabel berikut ini.

Tabel 4.29 Rekapitulasi berat seismik efektif

Lantai	W
	kN
Atap	9486,33
6	12514,04
5	12613,05
4	12514,04
3	12514,04
2	12514,04
1	12514,04
Total	84669,57



Gambar 4.4 Pembagian beban gempa tiap lantai

3. Menghitung nilai gaya geser dasar (base shear)

Nilai base shear V = Cs x W (SNI 1726-2019 Pasal 7.8.1.1)

Keterangan :

Cs = Koefisien respon seismik

W = Berat Seismik Efektif

Maka nilai Vx dan Vy adalah sebagai berikut:

Vx = Cs x W

= 0,096 x 84669,57

= 8128,279 kN

Vy = Cs x W

= 0,096 x 84669,57

= 8128,279 kN

Menghitung gaya gempa lateral Fx (SNI 1726-2019 Pasal 7.8.3)

Fx = Cvx x V

$$Cvx = \frac{Wx\ h\frac{k}{x}}{\sum_{i=1}^{n} Wi\ h\frac{k}{x}}$$

keterangan:

Cvx	=	Faktor distribusi vertikal
V	=	Gaya lateral design total atau geser didasar struktur
Wi & Wx	=	Bagian berat seismik efektif total struktur (W) yang ditempatkan atau dikenakan pada tingkat i atau x
hi & hx	=	Tinggi (m) dari dasar sampai tingkat i atau x
K	=	Eksponen yang terkait dengan perioda struktur sebagai berikut:

a. Untuk struktur yang mempunyai dengan perioda sebesar 0,5 detik atau kurang, K=1
b. Untuk struktur yang mempunyai dengan perioda sebesar 2,5 detik atau lebih, K=2
c. Untuk struktur yang mempunyai dengan perioda sebesar 0,5 - 2,5 detik, k harus sebesar 2 atau harus ditentukan dengan interpolasi linier antara 1 dan 2.

Dari perhitungan sebelumnya didapat nilai periode struktur untuk arah X dan Y sebagai berikut :

Tcx = 0,959 detik
Tcy = 0,959 detik

Karena nilai periode struktur berada diantara 0,5 - 2,5 detik, maka melalui Interpolasi didapat :

- Nilai eksponen arah X

T	K
0,5	1
0,959	?
2,5	2

Maka untuk mendapatkan nilai K dari T harus diinterpolasi telebih dahulu sebagai berikut:

$$K = 1 + \frac{0{,}9588 - 0{,}5}{2{,}5 - 0{,}5} \times 2 - 1$$

$$= 1{,}229$$

- Nilai eksponen arah Y

T	K
0,5	1
0,959	?
2,5	2

Maka untuk mendapatkan nilai K dari T harus diinterpolasi telebih dahulu sebagai berikut:

$$K = 1 + \frac{0{,}9588 - 0{,}5}{2{,}5 - 0{,}5} \times 2 - 1$$

$$= 1{,}229$$

4. Menghitung Gaya gempa lateral (F) (SNI 1726-2019 Pasal 7.8.3)

Dari peritungan sebelumnya didapatkan nilai Vx dan Vy yaitu:

Vx = 8128,279 kN

Vy = 8128,279 kN

Contoh peritungan gaya gempa lateral pada lantai 1

Gaya gempa arah X

$$Wi \times hi^{Kx} = 12514 \times 3{,}75 \wedge 1{,}229$$

$$= 63515{,}814 \text{ kNm}$$

$$Cvx = \frac{Wi \times hi^{Kx}}{\sum Wi \times hi^{Kx}}$$

$$= 0{,}048$$

$$Fx = Cvx \times Vx$$

$$= 12514{,}037 \times 8128{,}279$$

$$= 101717584$$

Gaya gempa arah Y

$$Wi \times hi^{Ky} = 12514 \times 3{,}75 \wedge 1{,}229$$

$$= 63515{,}814 \text{ kNm}$$

$$Cvy = \frac{Wi \times hi^{Ky}}{\sum Wi \times hi^{Ky}}$$

$$= 0{,}048$$

$$Fy = Cvy \times Vy$$

$$= 0{,}048 \times 8128{,}279$$

$$= 390{,}962$$

Berikut adala rekapitulasi hasil perhitungan gaya gempa lateral pada setiap lantai:

Tabel 4.30 Faktor Distribusi Vertikal

Lantai	Tinggi	Berat (Wi)	hi^{kx}	hi^{ky}	$Wi\ x\ hi^{kx}$	Wi x hi^{ky}
	m	kN	m	m	kNm	kNm
atap	36	93,06	81,79	81,79	7611	7611
6	31,5	122,76	69,41	69,41	8521	8521
5	27	123,73	57,43	57,43	7106	7106
4	22,5	122,76	45,90	45,9	5635	5635
3	18	122,76	34,89	34,89	4283	4283
2	13,5	122,76	24,50	24,5	3008	3008

1	9	122,76	14,89	14,89	1827	1827
Total		830,61			37992	37992

Tabel 4.31 Gaya Gempa Lateral Per Lantai

Lantai	Cvx	Cvy	Fx	Fy	Vx	Vy
			kN	kN	kN	kN
atap	0,200	0,200	**1628,422**	**1628,4218**	1628,4	1628,4
6	0,224	0,224	**1823,030**	**1823,0299**	3451,5	3451,5
5	0,187	0,187	**1520,334**	**1520,3336**	4971,8	4971,8
4	0,148	0,148	**1205,598**	**1205,5978**	6177,4	6177,4
3	0,113	0,113	**916,432**	**916,43155**	7093,8	7093,8
2	0,079	0,079	**643,503**	**643,50262**	7737,3	7737,3
1	0,048	0,048	**390,962**	**390,96166**	8128,3	8128,3
TOTAL			8128,279	8128,279		

4.2.3.3 Analisa Gempa dinamik

1. Partisipasi Massa

Menurut SNI 1726:2019 pasal 7.9.1.1 Analisis harus dilakukan untuk menentukan ragam getar alami untuk struktur. Analisis harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar 100 % dari massa struktur. Untuk mencapai ketentuan ini, untuk ragam satu badan kaku (single rigid body) dengan periode 0,05 detik, diizinkan untuk mengambil semua ragam dengan periode di bawah 0,05 detik. Pengecualian Sebagai alternatif, analisis diizinkan untuk memasukkan jumlah ragam yang minimum untuk mencapai massa ragam terkombinasi paling sedikit 90 % dari massa aktual dalam masing-masing arah horizontal ortogonal dari respons yang ditinjau oleh model.

Berikut adalah tabel rasio modal partisipasi massa yang didapatkan dari hasil analisa gempa dinamis menggunakan program bantu ETABS.

Tabel 4.32 Modal Rasio Partisipasi Massa

Case	Mode	Periode	UX	UY	Sum UX	Sum UY
		sec				
Modal	1	1,139	0,6910	0,0114	69%	1%
Modal	2	1,077	0,0137	0,6131	70%	62%
Modal	3	0,766	0,0002	0,0431	70%	67%
Modal	4	0,251	0,1839	0,0017	89%	67%
Modal	5	0,235	0,0020	0,1856	89%	86%

Modal	6	0,162	0,0002	0,0059	89%	86%
Modal	7	0,109	0,0582	0,0002	95%	86%
Modal	8	0,103	0,0006	0,0881	95%	95%
Modal	9	0,079	0,0027	0,0190	95%	97%
Modal	10	0,071	0,0003	0,0013	95%	97%
Modal	11	0,069	0,0002	0,0000	95%	97%
Modal	12	0,068	0,0208	0,0016	97%	97%

Dari tabel diatas disimpulkan bahwa Partisipasi Massa dipenuhi sampai pada Modal 21 dan sudah mampu memenuhi syarat Partisipasi Massa sesuai SNI 1726 : 2019 pasal 7.9.1.1

2. Parameter analisis

Menurut SNI 1726 : 2019 pasal 7.9.1.3 disebutkan bahwa nilai untuk masing-masing parameter yang ditinjau, harus dikombinasikan menggunakan akar kuadrat Square Root of the Sun of Square (SRSS) atau metode kombinasi kuadrat lengkap Complete Quadratic Combination (CQC). Metode CQC harus digunakan untuk masing-masing nilai ragam di mana ragam yang berdekatan mempunyai korelasi silang yang signifikan di antara respons translasi dan torsi.

Tabel 4.33 Selisih Periode (T)

Mode	Periode	ΔT
1	1,139	5%
2	1,077	29%
3	0,766	67%
4	0,251	6%
5	0,235	31%
6	0,162	33%
7	0,109	6%
8	0,103	23%
9	0,079	10%
10	0,071	3%
11	0,069	1%
12	0,068	100%

3. Skala Gaya geser dasar

Menurut SNI 1726:2019 pasal 7.9.4.1 bila periode fundamental hasil analisis lebih besar dari CuTa pada suatu arah tertentu, maka periode struktur T harus diambil sebesar CuTa. Apabila kombinasi respons untuk gaya geser dasar hasil analisis ragam (Vt) kurang dari 100 % dari gaya geser (V) yang dihitung melalui metode statik ekivalen, maka gaya tersebut harus dikalikan dengan V/Vt, dimana V adalah gaya geser dasar statik ekivalen, dan Vt adalah gaya geser dasar yang didapatkan dari hasil analisis kombinasi ragam.

Tabel 4.40 hasil perhitungan gaya gempa statik dan dinamis model ketiga

Tipe Gempa		F_x	F_y
Statik	Ex user	8128,28	
	Ey user		8128,279
Dinamik	RSPX	6951,152	
	RSPY		6662,9858

Cek konfigurasi Vdinamik ≥ Vstatik

Tabel 4.41 Kontrol nilai gaya geser dasar

Tipe beban gempa	Arah X	Arah Y
V statik	8128,28	8128,28
V Dinamis	6951,1518	6662,9858
Kontrol Vdinamik ≥ Vstatik	Tidak Memenuhi	Tidak Memenuhi

Faktor Skala di Etabs U_1 2,10

U_2 2,10

Faktor Skala Modifikasi:

$$U_{1\ Mod} = 2{,}10 \times \frac{8128{,}28}{6951{,}1518}$$

$$= 2458{,}126 \text{ m/s2}$$

$$U_{2\ Mod} = 2{,}10 \times \frac{8128{,}28}{6662{,}9858}$$

$$= 2564{,}436 \text{ m/s2}$$

Setelah mendapatkan skala yang baru, maka dilanjutkan dengan

menginput faktor skala baru pada Program bantu ETABS dan melakukan analisi ulang dengan beban gempa dinamis

Tabel 4.42 hasil Perhitungan gaya geser dasar baru

Tipe beban gempa	Arah X	Arah Y
V statik	7676,55	7676,55
V Dinamis	16606,565	15608,86
Kontrol Vdinamik ≥ Vstatik	Memenuhi	Memenuhi

Maka dari hasil diatas dapat dipastikan nilai akhir respon spektrum telah memenuhi SNI 1726-2019 pasal 7.9.4.1, dengan syarat V dinamis ≥ V statik. Jadi dapat disimpulkan bahwa untuk konfigurasi bangunan gedung, gempa dinamik lebih menentukan

4.3 Kombinasi Pembebanan

Sebagaimana yang telah disyaratkan Pada SNI 1726-2019 Pasal 7.4.2.2 bahwa terdapat pengaruh beban gempa secara vertikal dan Horizontal. Beban gempa juga harus dimodifikasi untuk memperhitungkan kuat lebih sistem,seperti yangg ditetapkan SNI 1726-2019 Pasal 7.4.3.1

1. Pengaruh beban gempa Vertical
   Ev = 0,2 x SDS x D
   = 0,2 x 0,616 x D
   = 0,123 D
2. Pengaruh beban gempa horizontal
   Emh = x (Qe(100% dan 30%)
   = 1,3 (1 Qex ± 0,3 Qey) atau 1,3 (1 Qey ± 0,3 Qex)
   = (1,3 Qex ± 0,39 Qey) atau (1,3 Qey ± 0,39 Qex)
3. Beban Gempa (Akibat gempa horizontal dan vertikal)
   E = Emh + Ev
   = (1,3 Qex ± 0,39 Qey) atau (1,3 Qey ± 0,39 Qex)
   + 0,123 D

Maka kombinasi pembebanan yang dipakai adalah sebagai berikut:

1. **1,4 D**
2. **1.20 D + 1.6 L**
3. 1.2 D + 1 L + 0.5 (1.3 Qex + 0.2 Sds D) + 1(1.3 Qey + 0.2 Sds D)
   1.24 D + 0.5L + 0.39 Qex + 1.3 Qey
4. 1,20 D + 0.5 L + 0.3 (1.3 Qex + 0.2 Sds D) + 1(1.3 Qey + 0.2 Sds D)
   1.22D + 0.5 L - 0.39 Qex + 1.3 Qey

5. 1.20 D + 0.5 L + 0.3 (1.3 Qex + 0.2 Sds D) + 1(1.3 Qey + 0.2 Sds D)
   1.18 D + 0.5 L + 0.39 Qex - 1.3 Qey
6. 1.20 D + 0.5 L + 0.3 (1.3 Qex + 0.2 Sds D) + 1(1.3 Qey + 0.2 Sds D)
   1.16 D + 0.5 L - 0.39 Qex - 1,3 Qey
7. 1.20 D + 0.5 L + 0.3 (1.3 Qex + 0.2 Sds D) + 1(1.3 Qey + 0.2 Sds D)
   1.24 D + 0.5 L + 1.3 Qex + 0.39 Qey
8. 1.20 D + 1 L + 0.3 (1.3 Qex + 0.2 Sds D) + 1(1.3 Qey + 0.2 Sds D)
   1.18 D + 0.5 L - 1.3 Qex + 0.39 Qey
9. 1.20 D + 0.5 L + 0.3 (1.3 Qex + 0.2 Sds D) + 1(1.3 Qey + 0.2 Sds D)
   1.22 D + 0.5 L + 1.3 Qex - 0.39 Qey
10. 1.20 D + 0.5 L + 0.3 (1.3 Qex + 0.2 Sds D) + 1(1.3 Qey + 0.2 Sds D)
    1.16 D + 0.5 L - 1.3 Qex - 0.39 Qey
11. 0.90 D + 0.3 (1.3 Qex - 0.2 Sds D) + 1(1.3 Qey - 0.2 Sds D)
    0.86 D + 0.39 Qex+ 1.3 Qey
12. 0.90 D + 0.3 (1.3 Qex - 0.2 Sds D) + 1(1.3 Qey - 0.2 Sds D)
    0.88 D - 0.39 Qex+ 1.3 Qey
13. 0.90 D + 0.3 (1.3 Qex - 0.2 Sds D) + 1(1.3 Qey - 0.2 Sds D)
    0.92 D + 0.39 Qex- 1.3 Qey
14. 0.90 D + 0.3 (1.3 Qex - 0.2 Sds D) + 1(1.3 Qey - 0.2 Sds D)
    0.94 D - 0.39 Qex- 1.3 Qey
15. 0.90 D + 0.3 (1.3 Qex - 0.2 Sds D) + 1(1.3 Qey - 0.2 Sds D)
    0.86 D + 1.3 Qex+ 0.39 Qey
16. 0.90 D + 0.3 (1.3 Qex - 0.2 Sds D) + 1(1.3 Qey - 0.2 Sds D)
    0.92 D - 1.3 Qex+ 0.39 Qey
17. 0.90 D + 0.3 (1.3 Qex - 0.2 Sds D) + 1(1.3 Qey - 0.2 Sds D)
    0.88 D + 1.3 Qex- 0.39 Qey
18. 0.90 D + 0.3 (1.3 Qex - 0.2 Sds D) + 1(1.3 Qey - 0.2 Sds D)
    0.94 D - 1.3 Qex- 0.39 Qey

Keterangan :

L = Beban hidup
D = Beban Mati
Qex = Beban Gempa Arah X
Qey = Beban Genpa Arah Y

4.4 Kontrol Perilaku Struktur

4.4.1 Pengecekan simpangan antar lantai

a. Model Awal
   Diketahui:
   Batas izin = 0,02 hsx (sumber: SNI 1726-2019 tabel 12)

   Simpangan antar lantai = $\frac{\delta_{xe} \quad Cd}{}$

$$\frac{}{I_e}$$

Cd = 5,5

Ie = 1,5

Keterangan:

Cd = faktor pembesaran simpangan lateral dalam Tabel 12 δxe = simpangan di tingkat-x yang disyaratkan pada-pasal ini,yang ditentukan dengan analisis elastik

$$\delta x = \frac{\delta_{xe}.C_d}{I_e} = \frac{5,5 \quad \delta xe}{1,5} = 3,7 \quad \delta xe$$

Sesuai SNI 1726-2019 pasal 7.12.1.1 batasan izin untuk rangka pemikul momen KDS D sampai F harus dihitung tidak boleh melebihi batasan izin / ρ. Dan ρ adalah 1,3 sesuai SNI 1726-2019 pasal 7.3.4.2

$$\text{Batasan izin} = \frac{0,02\ hsx}{\rho}$$

$$\text{Batasan izin} = \frac{0,02\ hsx}{1,3} = 0,015 \quad hsx$$

Berikut adalah pengecekan simpangan yang terjadi akibat beban gempa dinamis Model awal

Tabel 4.43 Hasil pengecekan simpangan arah X

Lantai	Ketinggian (mm)	δxe (mm)	δx (mm)	Δ (mm)	Batas izin	cek
		X	X	X		
atap	4500	117,075	429,28	63,57	69,23	aman
6	4500	99,739	365,71	66,93	69,23	aman
5	4500	81,485	298,78	67,90	69,23	aman
4	4500	62,968	230,88	66,50	69,23	aman
3	4500	44,831	164,38	61,35	69,23	aman
2	4500	28,099	103,03	52,20	69,23	aman
1	4500	13,864	50,83	50,83	69,23	aman

Tabel 4.44 Hasil pengecekan simpangan arah Y

Lantai	Ketinggian (mm)	δxe (mm)	δx (mm)	Δ (mm)	Batas izin	cek
		Y	Y	Y		
atap	4500	111,774	409,84	63,47	69,23	aman
6	4500	94,465	346,37	67,31	69,23	aman
5	4500	76,109	279,07	66,36	69,23	aman
4	4500	58,011	212,71	65,08	69,23	aman
3	4500	40,262	147,63	58,95	69,23	aman
2	4500	24,186	88,68	47,74	69,23	aman
1	4500	11,165	40,94	40,94	69,23	aman

4.4.2 Konstribusi Rangka dan Dinding Geser

Tabel 4.49 Rata-rata joint design reaction

Load Case	Rangka	Dinding geser
RSPX MAX	46,52%	53,48%
RSPY MAX	31,94%	53,48%
Rata-Rata	39,23%	53,48%

catatan: joint dinding geser terletak pada label: 259, 267,277,278,1,2,3,4,5,6,9,10,20,21,7,8,12,14

Tabel 4.50 joint design reaction RSPX

Story	Joint Label	Load comb		Fx	Fy
				kN	kN
base	11	RSPX	Max	526,61	526,609
base	259	RSPX	Max	545,95	545,951
base	260	RSPX	Max	493,13	493,134
base	261	RSPX	Max	28,25	519,103
base	262	RSPX	Max	519,10	515,050
base	263	RSPX	Max	515,05	466,554
base	267	RSPX	Max	466,55	467,156
base	268	RSPX	Max	467,16	514,418
base	269	RSPX	Max	38,20	71,627
base	270	RSPX	Max	514,42	69,778
base	271	RSPX	Max	71,63	89,125
base	275	RSPX	Max	69,78	81,445
base	276	RSPX	Max	89,12	71,919
base	277	RSPX	Max	81,45	82,498
base	278	RSPX	Max	71,92	82,332
base	304	RSPX	Max	82,50	55,234
base	306	RSPX	Max	82,33	91,921
base	322	RSPX	Max	55,23	86,719
base	1	RSPX	Max	1516,47	52,277
base	2	RSPX	Max	1508,40	78,483

base	3	RSPX	Max	91,92	77,949
base	4	RSPX	Max	86,72	78,134
base	5	RSPX	Max	1512,68	71,292
base	6	RSPX	Max	52,28	76,098
base	9	RSPX	Max	1510,28	56,285
base	10	RSPX	Max	78,48	28,255
base	20	RSPX	Max	77,95	38,198
base	21	RSPX	Max	78,13	1516,472
base	7	RSPX	Max	71,29	1508,395
base	8	RSPX	Max	76,10	1512,680
base	12	RSPX	Max	56,29	1510,275
base	14	RSPX	Max	1,12	1,119
Total dinding				6118,045	53,48%
Total Rangka				5321,0895	46,52%
TOTAL				11439,1345	

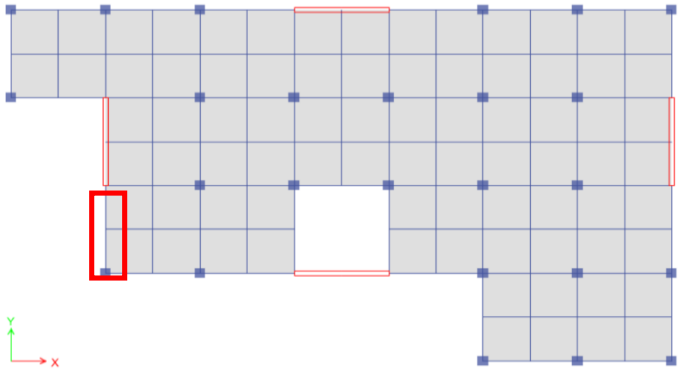
Tabel 4.51 joint design reaction RSPY

Story	Joint Label	Load comb		Fx	Fy
				kN	kN
base	11	RSPX	Max	526,61	526,609
base	259	RSPX	Max	545,95	545,951
base	260	RSPX	Max	493,13	493,134
base	261	RSPX	Max	28,25	519,103
base	262	RSPX	Max	519,10	515,050
base	263	RSPX	Max	515,05	466,554
base	267	RSPX	Max	466,55	467,156
base	268	RSPX	Max	467,16	514,418
base	269	RSPX	Max	38,20	71,627
base	270	RSPX	Max	514,42	69,778
base	271	RSPX	Max	71,63	89,125
base	275	RSPX	Max	69,78	81,445
base	276	RSPX	Max	89,12	71,919
base	277	RSPX	Max	81,45	82,498
base	278	RSPX	Max	71,92	82,332
base	304	RSPX	Max	82,50	55,234
base	306	RSPX	Max	82,33	91,921
base	322	RSPX	Max	55,23	86,719
base	1	RSPX	Max	1516,47	52,277
base	2	RSPX	Max	1508,40	78,483
base	3	RSPX	Max	91,92	77,949
base	4	RSPX	Max	86,72	78,134
base	5	RSPX	Max	1512,68	71,292
base	6	RSPX	Max	52,28	76,098
base	9	RSPX	Max	1510,28	56,285
base	10	RSPX	Max	78,48	28,255
base	20	RSPX	Max	77,95	38,198
base	21	RSPX	Max	78,13	1516,472
base	7	RSPX	Max	71,29	1508,395
base	8	RSPX	Max	76,10	1512,680
base	12	RSPX	Max	56,29	1510,275
base	14	RSPX	Max	1,12	1,119
base	16	RSPX	Max	2,65	2,651
Total dinding				6118,05	53,48%
Total Rangka				3653,101	31,935%
TOTAL				11439,1345	

4.5 Perhitungan Penulangan Balok

4.5.1 Data Perencanaan

- Perhitungan Balok B1 400/700
- Nomor batang = B74



Gambar 4.13 Letak Balok rencana (B74) Lantai 5

- Lebar balok (bw)	=	400	mm
- Tinggi balok (h)	=	700	mm
- Bentang balok (L balok)	=	7200	mm
- Bentang bersih balok (Ln balok)	=	6400	mm
- Selimut beton (sb)	=	40	mm
- Mutu Tulangan Utama fy	=	420	Mpa
- Mutu Tulangan sengkang fy	=	420	Mpa
- Diameter Tul. Pokok	=	22	mm
- Diameter Tul. Sengkang	=	13	mm
- Tebal plat (hf)	=	125	mm
- Modulus Elastisitas Baja (Es)	=	200000	Mpa
- Mutu beton fc'	=	35	Mpa

- Nilai β1

$$= 0{,}85 - \frac{0{,}05\ (f'c - 28)}{7}$$

(SNI 2847:2019 Tabel 22.2.2.4.3)

$$= 0{,}85 - \frac{0{,}05\ (35 - 28)}{7}$$

$$= 0{,}85 - 0{,}05$$

$$= \mathbf{0{,}80}$$

4.5.2 Perhitungan Penulangan Longitudinal Balok

1. **Desain Pendahuluan**

Tinggi efektif tulangan dalam satu lapis

d' = sb + d.sengkang + 1/2 x d. tulangan tekan
= 40 + 13 + 11
= 64 mm

ds = sb + d.sengkang + 1/2 x d. tulangan tarik
= 40 + 13 + 11
= 64 mm

d = h balok - ds
= 700 - 64

= 636 mm (diasumsikan tulangan 1 baris)

keterangan:

d' = jarak dari serat tekan terjauh ke pusat tulangan tekan longitudinal

d = jarak dari serat tekan terjauh ke pusat tulangan tarik longitudinal

ds = jarak dari serat tarik terjauh ke pusat tulangan tarik longitudinal

2. Syarat tulangan minimum

Tulangan minimum balok dihitung berdasarkan SNI 2847 - 2019 Pasal 9.6.1.2

1. As min $= \frac{0{,}25 \times \sqrt{fc}}{fy} \times bw \times d$

$= \frac{0{,}25 \times \sqrt{35}}{420} \times 400 \times 636$

$= 895{,}864$ mm2

2. As min $= \frac{1{,}4}{fy} bw \times d$

$= \frac{1{,}4}{420} 400 \times 636$

$= 848{,}000$ mm2

Maka berdasarkan perhitungan diambil As min dengan nilai terbesar yaitu : 895,864 mm2

3. Syarat spasi tulangan

1. Spasi bersih minimum antara batang tulangan yang sejajar dalam suatu lapis harus sebesar db, tetapi tidak kurang dari 25 mm (SNI 2847-2019 Pasal 25.2.1)
2. Bila tulangan sejajar tersebut diletakkan dalam dua lapis atau lebih, tulangan pada lapis atas harus diletakkan tepat di atas tulangan di bawahnya dengan spasi bersih antar lapis tidak boleh kurang dari 25 mm (SNI 2847-2019 Pasal 25.2.2)

4. Syarat lebar sayap efektif

Lebar flens efektif (bf) menurut SNI 2847- 2019 pasal 6.3.2.1 tidak boleh melebihi:

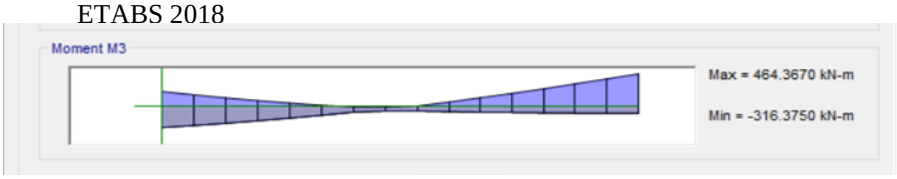
1. beff = bw + {6 x hf kanan}
   beff = 400 + {6 x 125}
   beff = **1150** mm
2. beff = bw + $\frac{\text{Sw kanan}}{2}$
   beff = 400 + $\left(\frac{3250}{2}\right)$
   beff = **2025** mm
3. beff = bw + {Ln balok / 12}
   beff = 400 + {6400 / 12}
   933,33 mm

digunakan lebar efektif (beff) terkecil = **933,33** mm

4.5.2.1 Perhitungan penulangan longitudinal tumpuan

a. Momen hasil dari output etabs

Berikut adalah momen maksimum yang didapat dari output program bantu ETABS 2018



- Mu+ = 464,367 kNm = 464367000 Nmm
- Mu- = 764,000 kNm = 764000000 Nmm

b. Kontrol momen negatif

- Mu- = 764,0000 kNm
  = 764000000 Nmm
- Direncanakan pemasangan tulangan sebagai berikut:
  Tulangan tarik (atas) As = 7 D 25 = 3434,38 mm2
  Tulangan tekan (bawah) As' = 4 D 25 = 1962,50 mm2

1. Menghitung luas tulangan tarik (As)

As 1 = n tulangan x luas 1 tulangan
= 5 x 1/4 π 25 ^2
= 2453,13 mm^2

As 2 = n tulangan x luas 1 tulangan
= 2 x 1/4 π 25 ^2
= 981,25 mm^2

2. Menghitung luas tulangan tekan (As')

As' = n tulangan x luas 1 tulangan
= 4 x 1/4 π 25 ^2
= 1962,5 mm^2

3. Menghitung nilai tinggi effektif d dan d'

y1 = sb + d sengkang + (1/2 x tulangan pokok lapis 1)
= 40 + 13 + 12,5
= 65,5 mm

y2 = sb + d.sengkang + d.lapis 1 + spasi +(1/2 x d.tul pokok lapis 2)
= 40 + 13 + 25 + 25 + 12,5
= 116 mm

$$ds = \frac{(A1\ Xy1) + (A2 \times y2)}{A1 + A2}$$

$$= \frac{2453,13 \times 65,5 + 981,25 \times 116}{2453,13 + 981,25}$$

= 80 mm

Perhitungan ds

d' = sb + d sengkang + 1/2 tulangan pokok
= 40 + 13 + 11
= 64 mm

d = h balok - ds
= 700 - 80
= 620 mm

4 Menghitung tegangan dan regangan pada balok

Di misalkan garis netral (c) > d' maka perhitungan garis netral dicari menggunakan persamaan:

Cc + Cs = Ts

Cc = 0,85 x f'c x a x bw *(SNI 2847:2019 Pasal 22.2.2.4.1)*

εc = 0,003 *(SNI 2847:2019 Pasal 22.2.2.1)*

Es = 200000 *(SNI 2847:2019 Pasal 20.2.2.2)*

Cs = As' x fs'

Ts = As x fy

(0,85 x f'c x a x bw) + (As' fs') = As x fy

Subtitusi nilai fs': $\frac{fs'}{\varepsilon c} = \left(\frac{c - d'}{c}\right)$ x Es

$fs' = \left(\frac{c - d'}{c}\right)$ x Es x εc

$fs' = \left(\frac{c - d'}{c}\right)$ x 200000 x 0,003

$fs' = \left(\frac{c - d'}{c}\right)$ x 600

$\left(0,85\ f'c\ a\ bw\right) + As' \left(\frac{c - d'}{c}\right) 600 = As\ x\ Fy$

$\left(0,85\ f'c\ a\ bw\right)c + \left(As'\ c\ 600\right) - \left(As\ d'\ 600\right) = \left(As\ x\ fy\right)x\ c$

Subtitusi a = β1 c

$\left(0,85\ f'c\ \beta1\ c\ bw\right)c + \left(600\ As'\ c\right) - \left(600\ d'\ As'\right) = \left(3434,38\ x\ 420\right)c$

$\left(0,85\ f'c\ \beta1\ b\right)c^2 + \left(600\ As'\ c\right) - \left(600\ d'\ As'\right) = \left(1442438\ c\right)$

$\left(0,85\ x\ 35\ x\ 0,8\ 400\right)c2 + \left(600\ x\ 1962,5\right)c - \left(600\ x\ 64\ x\ 1962,5\right) = \left(1442437,5\ c\right)$

$9520\ c^2 + 1E{+}06\ c - 75360000 = 1E{+}06\ c$

$9520\ c^2 + 1E{+}06\ c - 75360000 - 1E{+}06\ c = 0$

$9520\ c^2 + -264938\ c - 75360000 = 0$

sehingga didapat:

a = 9520

b = -264937,5

c = -75360000

untuk mendapatkan nilai c maka dihitung dengan rumus ABC sebagai berikut:

$c = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4\ a\ c}}{2\ a}$

$c = \frac{264938 \pm \sqrt{70191878906 - 4\ 9520\ -75360000}}{2\ x\ 9520}$

$c+ = \frac{264938 + \sqrt{2939900678906}}{19040}$

= 103,97

$c- = \frac{264938 - \sqrt{2939900678906}}{19040}$

= -76,14

Subtitusi nilai c = **103,97**

9520 c2 + -264938 c - 75360000 = 0

{9520 x 10809,35 } - { 264938 x 103,97 } - 75360000 = 0

0 = 0

cek syarat nilai c > d'

103,97 > 64 **Memenuhi**

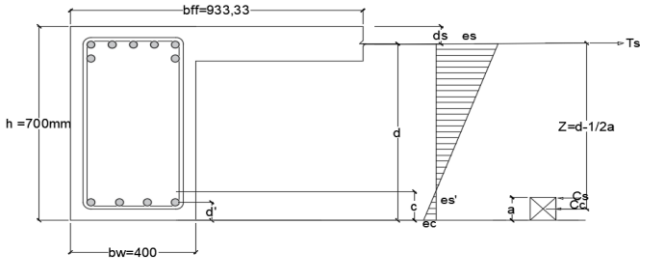
dari nilai c (garis netral) ternyata lebih besar dari d', maka dilanjutkan menghitung nilai a :

a = β1 x c

= 0,8 x 103,97

= 83,17 mm

berikut adalah diagram tegangan dan regangan momen tumpuan negatif



Gambar 4.7 digram regangan dan tegangan momen negatif tumpuan

Menghitung regangan

Regangan tulangan tekan (εs')

$$\varepsilon s' = \frac{c - d'}{c} \times \varepsilon c = \frac{103,97 - 64}{103,97} \times 0,003$$

= 0,0012 < εy ⟶ Belum leleh

Regangan tulangan tarik (εs)

$$\varepsilon s = \frac{d - c}{c} \times \varepsilon c = \frac{620 - 103,97}{103,97} \times 0,003$$

= 0,0149 > εy ⟶ Sudah leleh

Batasan regangan leleh pada balok(εy):

$$\varepsilon y = \frac{Fy\ ulir}{Es}$$

$$= \frac{420}{200000}$$

= 0,002

Menghitung Tegangan

Tegangan pada tulangan tekan (fs')

fs' = εs' x Es

= 0,0012 x 200000

= 231 Mpa ⟶ < fy = 420 Mpa

karena nilai fs' < fy maka dipakai fs' = 231 Mpa

Tegangan pada tulangan tarik (fs)

fs = εs x Es

= 0,0149 x 200000

= 2979 Mpa ⟶ > fy = 420 Mpa

karena nilai fs > fy maka dipakai fy = 420 Mpa
menentukan nilai ϕ dari penampang yang terkendali tarik :
Karena nilai εs sesudah leleh = 0,0149 ≥ 0,005
maka di ambil ϕ: 0,9 (SNI 2847:2019 Tabel 21.2.2)

5. Menghitung resultan gaya tekan dan tarik pada balok

Cc = 0,85 x fc' x a x bw
= 0,85 x 35 x 83,17 x 400
= 989775,68 N

Cs = As' x fs'
= 1962,50 x 231
= 452661,82 N

Ts = As x fy
= 3434,375 x 420
= 1442437,5 N

Cek kondisi seimbang dimana:

Cc	+	Cs	=	Ts
989776	+	452661,82	=	1442437,5
1442438			=	1442437,5

(kondisi seimbang terpenuhi)

6. Menghitung momen kapasitas

Jarak momen
Z1 = d - 1/2 a
= 620 - 41,59 mm
= 578,63 mm
Z2 = d - d'
= 620 - 64,0 mm
= 556,21 mm

Momen nominal (Mn)
Mn = Cc x Z1 + Cs x Z2
= 1E+06 x 578,63 + 452661,82 x 556,21
= 1086410359 Nmm

Momen kapasitas
Mr = ϕ x Mn
= 0,90 x 1086410359
= 977769323,4 Nmm
977769323,4 Nmm > 764000000 Nmm **AMAN**

c. Kontrol Momen Positif

- Mu- = 464,3670 kNm
= 464367000 Nmm
- Direncanakan pemasangan tulangan sebagai berikut:
Tulangan tekan (atas) As' = 5 D 25 = 2453,125 mm2
Tulangan tarik (bawah) As = 4 D 25 = 1962,5 mm2

1. Menghitung luas tulangan tekan (As')

As' = n tulangan x luas 1 tulangan
= 5 x 1/4 π 25 ^2
= 2453,125 mm^2

2. Menghitung luas tulangan tarik (As)

As = n tulangan x luas 1 tulangan

= 4 x 1/4 π 25 ^2

= 1962,5 mm^2

3. Menghitung nilai tinggi effektif d dan d'

- Menghitung nilai d'

$$d' = sb + \text{D. sengkang} + \frac{1}{2} \times \text{D. tulangan pokok}$$

$$= 40 + 13 + 11$$

$$= 64 \text{ mm}$$

- Menghitung nilai d

$$d = h - sb + \text{D. sengkang} + \frac{1}{2} \times \text{D. tulangan pokok}$$

$$= 700 - 40 + 13 + 11$$

$$= 636 \text{ mm}$$

4 Menghitung tegangan dan regangan pada balok

jika di misalkan garis netral (c) > d' maka persamaan untuk perhitungan gar
netral

Cc + Cs = Ts

(0,85 x f'c x a x b) + (As' fs') = As x fy

Subtitusi nilai fs' :

$$\frac{fs'}{\varepsilon c} = \left(\frac{c - d'}{c}\right) Es$$

$$fs' = \left(\frac{c - d'}{c}\right) Es\ \varepsilon c$$

$$fs' = \left(\frac{c - d'}{c}\right) 0{,}003 \quad 200000$$

$$fs' = \left(\frac{c - d'}{c}\right) 600$$

$$\left(0{,}85\ f'c\ a\ beff\right) + As'\left(\frac{c - d'}{c}\right) 600 = As\ Fy$$

$$\left(0{,}85\ f'c\ a\ b\ c\right) + \left(As'\ c\ 600\right) - \left(As'\ d'\ 600\right) = \left(As \times Fy \times c\right)$$

subtitusi a = $\beta 1\ c$

$$\left(0{,}85\ f'c\ \beta 1\ c\ beff\right) c + \left(600\ As'\ c\right) - \left(600\ d'\ As'\right) = \left(1962{,}5 \times 420\right) \times c$$

$$\left(0{,}85\ f'c\ \beta 1\ beff\right) c^2 + \left(600\ As'\ c\right) - \left(600\ d'\ As'\right) = \left(824250\ c\right)$$

$$\left(0{,}85 \times 35 \times 0{,}8 \times 933{,}33333\right) c2 + \left(600 \times 2453{,}1\right) c - \left(600 \times 64 \times 2453{,}1\right) = 824250\ c$$

$$22213{,}3\ c2 + 1E{+}06\ c - 94200000 = 824250\ c$$

$$22213{,}3\ c2 + 1E{+}06\ c - 94200000 - 824250\ c = 0$$

$$22213\ c2 + 647625\ c - 94200000 = 0$$

sehingga didapat:

a = 22213

b = 647625

c = -94200000

untuk mendapatkan nilai c maka dihitung dengan rumus ABC sebagai berikut:

$$c = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4\ a\ c}}{2\ a}$$

$$c = \frac{-647625 \pm \sqrt{419418140625 - 4\ 22213\ -94200000}}{2 \times 22213,3}$$

$$c+ = \frac{-647625 + \sqrt{8789402140625}}{44426,66667}$$

$$= 52,15$$

$$c- = \frac{-647625 - 8789402140625}{44426,66667}$$

$$= -81,31$$

Subtitusi nilai c = **52,15**

22213 c2 + 647625 c - 94200000 = 0

22213 x 2720,13 + 647625 x 52,2 - 94200000 = 0

cek syarat nilai c > d' 0 = 0

52,15 > 64 **Tidak memenuhi**

dari nilai c (garis netral) ternyata kurang dari d', maka harus dihitung ulang dengan persamaan:

Cc = Ts1 + Ts2

$$(0,85 \times fc' \times a \times beff) = (As1 \times fs) + (As2 \times fy)$$

Subtitusi nilai fs' :

$$\frac{fs'}{\varepsilon c} = \left(\frac{d' - c}{c}\right) Es$$

$$fs = \left(\frac{d' - c}{c}\right) Es\ \varepsilon c$$

$$fs = \left(\frac{d' - c}{c}\right) 0,003 \times 200000$$

$$fs = \left(\frac{d' - c}{c}\right) 600$$

$$\left(0,85\ f'c\ a\ beff\right) = As1\left(\frac{d' - c}{c}\right) 600 + \left(As2\ Fy\right)$$

$$(0,85\ f'c\ a\ beff)c = (As1\ d'\ 600) - (As1\ c\ 600) + (As2\ Fy)c$$

subtitusi a = $\beta 1\ c$

$$(0,85\ f'c\ \beta 1\ c\ beff)c = (600\ As1\ d') - (600\ c\ As1) + (1962,50 \times 420)c$$

$$(0,85\ f'c\ \beta 1\ beff)c^2 = (600\ As1)d' - (600\ c\ As1) + (824250\ c)$$

$$(0,85 \times 35 \times 0,8 \times 933)\ c2 = (600 \times 2453)\ 64 - (600 \times c\ 2453) + 824250\ c$$

22213,333 c2 + 647625 c - 94200000 = 0

a = 22213

b = 647625

c = -94200000

untuk mendapatkan nilai c maka dihitung dengan rumus ABC sebagai berikut:

$$c = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4\ a\ c}}{2\ a}$$

$$c = \frac{-647625 \pm 419418140625 - 4\ 22213\ -94200000}{2 \times 22213}$$

$$c+ = \frac{-647625 + \sqrt{8789402140625}}{44426,66667}$$

$= 52{,}15$

$$c- = \frac{-647625 - \sqrt{8789402140625}}{44426{,}66667}$$

$= -81{,}31$

Subtitusi nilai c = **52,15**

$22213\ c2 + 647625\ c - 94200000 = 0$

$22213 \times 2720{,}13 + 647625 \times 52{,}15 - 94200000 = 0$

$0 = 0$

maka dipakai nilai c = **52,15** mm

cek asumsi bahwa garis netral c < d'

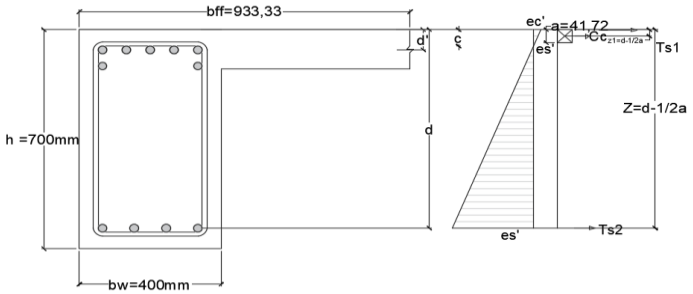
52,15 < 64 **Memenuhi**

dari nilai c garis netral kurang dari d' dan telah memenuhi persamaan diatas maka di lanjutkan menghitung nilai a

$a = \beta 1 \times c$

$= 0{,}8 \times 52{,}15$

$= 41{,}72$ mm



Gambar 4.7 digram regangan dan tegangan momen positif tumpuan

Menghitung regangan:

Regangan tulangan tekan (εs')

$$\varepsilon s' = \frac{d' - c}{c} \times \varepsilon c = \frac{64 - 52{,}15}{52{,}15}\ 0{,}003$$

$= 0{,}0007 < \varepsilon y \longrightarrow$ Belum leleh

Regangan tulangan tarik (εs)

$$\varepsilon s = \frac{d - c}{c} \times \varepsilon c = \frac{636 - 52{,}15}{52{,}15}\ 0{,}003$$

$= 0{,}034 > \varepsilon y \longrightarrow$ Sudah leleh

batasan Regangan leleh pada balok(εy)

$$\varepsilon y = \frac{Fy\ ulir}{Es}$$

$$= \frac{420}{200000}$$

$= 0{,}002$

menghitung Tegangan:

Tegangan pada tulangan tekan

fs' = εs' x Es

= 0,0007 x 200000

= 136 Mpa ⟶ < fy = 420 Mpa

karena nilai fs' < fy maka dipakai fs' = 136 Mpa

Tegangan pada tulangan tarik (fs)

Tegangan pada tulangan tarik

fs = εs x Es

= 0,034 x 200000

= 6717 Mpa ⟶ > fy = 420 Mpa

karena nilai fs > fy maka dipakai fy = 420 Mpa

menentukan nilai ϕ dari penampang yang terkendali tarik :

Karena nilai εs sesudah leleh = 0,0336 ≥ 0,005

maka di ambil ϕ: 0,9 (SNI 2847:2019 Tabel 21.2.2)

5. Menghitung resultan gaya tekan dan tarik pada balok

Cc = 0,85 x fc' x a x beff

= 0,85 x 35 x 41,72 x 933,33

= 1158533,8 N

Ts1 = As' x fs'

= 2453,1 x 136

= 334284 N

Ts2 = As x fy

= 1963 x 420

= 824250 N

Cek kondisi seimbang dimana:

Cc = Ts1 + Ts2

1158533,8 = 334283,79 + 824250

1158534 = 1158534 **(kondisi seimbang terpenuhi)**

6. Menghitung momen kapasitas

Jarak momen

Z1 = d' - 1/2 x a

= 64 - 20,862 mm

= 43,138 mm

Z2 = d - 1/2 x a

= 636 - 20,862 mm

= 615,14 mm

Momen nominal (Mn)

Mn = Ts1 x Z1 + Ts2 x Z2

= 334284 x 43,138 + 824250 x 615,14

= 521447885,2 Nmm

Mr = ϕ x Mn

= 0,90 x 521447885,2

= 469303096,7 Nmm

469303096,7 Nmm > 464367000 Nmm **AMAN**

Cek syarat Mn+ > 1/2 Mn- (SNI 2847-2019 Pasal 18.6.3.2)

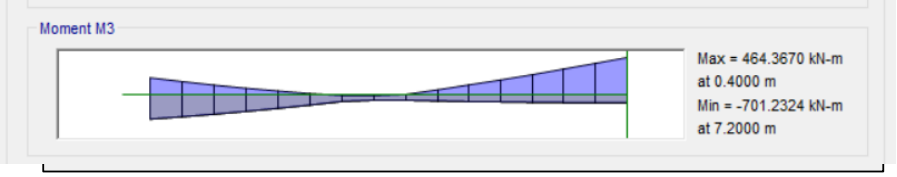
469303096,7 Nmm > 1/2 x 1086410359 Nmm

469303096,7 Nmm > **543205179 2/3** Nmm **(Memenuhi)**

4.5.2.1 Perhitungan penulangan longitudinal tumpuan

a. Momen hasil dari output etabs

Berikut adalah momen maksimum yang didapat dari output program bantu ETABS 2018



- Mu+ = 464,367 kNm = 464367000 Nmm >50% M-
- Mu- = 701,232 kNm = 701232400 Nmm

b. Kontrol momen negatif

- Mu- = 701,2324 kNm
  = 701232400 Nmm
- Direncanakan pemasangan tulangan sebagai berikut:
  Tulangan tarik (atas) As = 7 D 25 = 3434,38 mm2
  Tulangan tekan (bawah) As' = 5 D 25 = 2453,13 mm2

1. Menghitung luas tulangan tarik (As)

As = n tulangan x luas 1 tulangan
= 7 x 1/4 π 25 ^2
= 3434,38 mm^2

2. Menghitung luas tulangan tekan (As')

As' = n tulangan x luas 1 tulangan
= 5 x 1/4 π 25 ^2
= 2453,125 mm^2

3. Menghitung nilai tinggi effektif d dan d'

- Menghitung nilai d'

$$d' = sb + \text{D. sengkang} + \frac{1}{2} \times \text{D. tulangan pokok}$$
$$= 40 + 13 + 12,5$$
$$= 65,5 \text{ mm}$$

- Menghitung nilai d

$$d = h - sb + \text{D. sengkang} + \frac{1}{2} \times \text{D. tulangan pokok}$$
$$= 800 - 40 + 13 + 12,5$$
$$= 735 \text{ mm}$$

4 Menghitung tegangan dan regangan pada balok

Di misalkan garis netral (c) > d' maka perhitungan garis netral dicari menggunakan persamaan:

Cc + Cs = Ts
Cc = 0,85 x f'c x a x bw *(SNI 2847:2019 Pasal 22.2.2.4.1)*
εc = 0,003 *(SNI 2847:2019 Pasal 22.2.2.1)*
Es = 200000 *(SNI 2847:2019 Pasal 20.2.2.2)*
Cs = As' x fs'

Ts = As x fy

(0,85 x f'c x a x bw) + (As' fs') = As x fy

Subtitusi nilai fs': $\frac{fs'}{\varepsilon c} = \left(\frac{c - d'}{c}\right) \times Es$

$$fs' = \left(\frac{c - d'}{c}\right) \times Es \times \varepsilon c$$

$$fs' = \left(\frac{c - d'}{c}\right) \times 200000 \times 0{,}003$$

$$fs' = \left(\frac{c - d'}{c}\right) \times 600$$

$$\left(0{,}85\ f'c\ a\ bw\right) + As'\left(\frac{c - d'}{c}\right) 600 = As \times Fy$$

$$\left(0{,}85\ f'c\ a\ bw\right)c + \left(As'\ c\ 600\right) - \left(As\ d'\ 600\right) = \left(As \times fy\right) x\ c$$

Subtitusi $a = \beta 1\ c$

$$\left(0{,}85\ f'c\ \beta 1\ c\ bw\right)c + \left(600\ As'\ c\right) - \left(600\ d'\ As'\right) = \left(3434{,}38 \times 420\right) c$$

$$\left(0{,}85\ f'c\ \beta 1\ b\right)c^2 + \left(600\ As'\ c\right) - \left(600\ d'\ As'\right) = \left(1442438\ c\right)$$

$$\left(0{,}85 \times 35 \times 0{,}8 \times 400\right)c2 + \left(600 \times 2453{,}1\right)c - \left(600 \times 65{,}5 \times 2453{,}1\right) = \left(1E{+}06\ c\right)$$

$$9520\ c^2 + 1E{+}06\ c - 96407813 = 1E{+}06\ c$$

$$9520\ c^2 + 1E{+}06\ c - 96407813 - 1E{+}06\ c = 0$$

$$9520\ c^2 + 29438\ c - 96407813 = 0$$

sehingga didapat:

a = 9520

b = 29437,5

c = -96407813

untuk mendapatkan nilai c maka dihitung dengan rumus ABC sebagai berikut:

$$c = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4\ a\ c}}{2\ a}$$

$$c = \frac{-29438 \pm \sqrt{866566406 - 4\ 9520\ -96407813}}{2 \times 9520}$$

$$c+ = \frac{-29438 + \sqrt{3672076066406}}{19040}$$

$$= 99{,}10$$

$$c- = \frac{-29438 - \sqrt{3672076066406}}{19040}$$

$$= -102{,}19$$

Subtitusi nilai c = **99,10**

$$9520\ c2 + 29438\ c - 96407813 = 0$$

$$\left(9520 \times 9820{,}44\right) - \left(-29438 \times 99{,}10\right) - 96407812{,}5 = 0$$

$$0 = 0$$

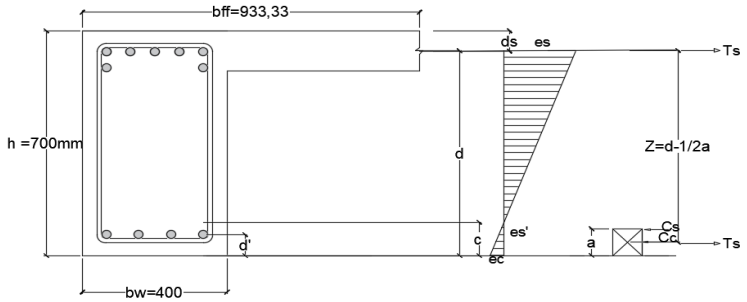
cek syarat nilai c > d'

99,10 > 65,5 **Memenuhi**

dari nilai c (garis netral) ternyata lebih besar dari d', maka dilanjutkan menghitung nilai a :

a = β1 x c
= 0,8 x 99,10
= 79,28 mm

berikut adalah diagram tegangan dan regangan momen tumpuan negatif



Gambar 4.7 digram regangan dan tegangan momen negatif tumpuan

Menghitung regangan

Regangan tulangan tekan (εs')

$$\varepsilon s' = \frac{c - d'}{c} \times \varepsilon c = \frac{99,10 - 65,5}{99,10} \times 0,003$$

= 0,0010 < εy ⟶ Belum leleh

Regangan tulangan tarik (εs)

$$\varepsilon s = \frac{d - c}{c} \times \varepsilon c = \frac{735 - 99,10}{99,10} \times 0,003$$

= 0,0192 > εy ⟶ Sudah leleh

Batasan regangan leleh pada balok(εy):

$$\varepsilon y = \frac{Fy\ ulir}{Es}$$

$$= \frac{420}{200000}$$

= 0,002

Menghitung Tegangan

Tegangan pada tulangan tekan (fs')

fs' = εs' x Es
= 0,0010 x 200000
= 203 Mpa ⟶ < fy = 420 Mpa

karena nilai fs' < fy maka dipakai fs' = 203 Mpa

Tegangan pada tulangan tarik (fs)

fs = εs x Es
= 0,0192 x 200000
= 3847 Mpa ⟶ > fy = 420 Mpa

karena nilai fs > fy maka dipakai fy = 420 Mpa

menentukan nilai ϕ dari penampang yang terkendali tarik :
Karena nilai εs sesudah leleh = 0,0192 ≥ 0,005
maka di ambil ϕ: 0,9 (SNI 2847:2019 Tabel 21.2.2)

5. Menghitung resultan gaya tekan dan tarik pada balok

Cc = 0,85 x fc' x a x bw
= 0,85 x 35 x 79,28 x 400
= 943414,34 N

Cs = As' x fs'
= 2453,13 x 203
= 499023,16 N

Ts = As x fy
= 3434,375 x 420
= 1442437,5 N

Cek kondisi seimbang dimana:

Cc	+	Cs	=	Ts
943414	+	499023,16	=	1E+06
1442438			=	1E+06

(kondisi seimbang terpenuhi)

6. Menghitung momen kapasitas

Jarak momen
Z1 = d - 1/2 a
= 735 - 39,64 mm
= 694,86 mm
Z2 = d - d'
= 735 - 65,5 mm
= 669,00 mm

Momen nominal (Mn)
Mn = Cc x Z1 + Cs x Z2
= 1E+06 x 694,86 + 499023,16 x 669,00
= 1336139686 Nmm

Momen kapasitas
Mr = ϕ x Mn
= 0,90 x 1336139686
= 1202525718 Nmm
1202525718 Nmm > 701232400 Nmm **AMAN**

c. Kontrol Momen Positif

- Mu- = 464,3670 kNm
= 464367000 Nmm
- Direncanakan pemasangan tulangan sebagai berikut:
Tulangan tekan (atas) As' = 5 D 25 = 2453,125 mm2
Tulangan tarik (bawah) As = 4 D 25 = 1962,5 mm2

1. Menghitung luas tulangan tekan (As')

As' = n tulangan x luas 1 tulangan
= 5 x 1/4 π 25 ^2
= 2453,125 mm^2

2. Menghitung luas tulangan tarik (As)

As = n tulangan x luas 1 tulangan
= 4 x 1/4 π 25 ^2
= 1962,5 mm^2

3. Menghitung nilai tinggi effektif d dan d'

- Menghitung nilai d'

$$d' = sb + \frac{D.\ sengkang}{} + \frac{1}{2} \times D.\ tulangan\ pokok$$

= 40 + 13 + 11
= 64 mm

- Menghitung nilai d

$$d = h - sb + \frac{D.\ sengkang}{} + \frac{1}{2} \times D.\ tulangan\ pokok$$

= 800 - 40 + 13 + 11
= 736 mm

4 Menghitung tegangan dan regangan pada balok

jika di misalkan garis netral (c) > d' maka persamaan untuk perhitungan garis netral

Cc + Cs = Ts

(0,85 x f'c x a x b) + (As' fs') = As x fy

Subtitusi nilai fs' :

$$\frac{fs'}{\varepsilon c} = \left(\frac{c - d'}{c}\right) Es$$

$$fs' = \left(\frac{c - d'}{c}\right) Es\ \varepsilon c$$

$$fs' = \left(\frac{c - d'}{c}\right) 0{,}003 \quad 200000$$

$$fs' = \left(\frac{c - d'}{c}\right) 600$$

$$\left(0{,}85\ f'c\ a\ beff\right) + As'\left(\frac{c - d'}{c}\right) 600 = As\ Fy$$

$$\left(0{,}85\ f'c\ a\ b\ c\right) + \left(As'\ c\ 600\right) - \left(As'\ d'\ 600\right) = \left(As\ x\ Fy\ x\ c\right)$$

subtitusi a = $\beta 1$ c

$$\left(0{,}85\ f'c\ \beta 1\ c\ beff\right) c + \left(600\ As'\ c\right) - \left(600\ d'\ As'\right) = \left(1962{,}5\ x\ 420\right) x\ c$$

$$\left(0{,}85\ f'c\ \beta 1\ beff\right) c^2 + \left(600\ As'\ c\right) - \left(600\ d'\ As'\right) = \left(824250\ c\right)$$

$$\left(0{,}85\ x\ 35\ x\ 0{,}8\ x\ 1187{,}5\right) c2 + \left(600\ x\ 2453{,}1\right) c - \left(600\ x\ 64\ x\ 2453{,}1\right) = 824250\ c$$

28262,5 c2 + 1E+06 c - 94200000 = 824250 c

28262,5 c2 + 1E+06 c - 94200000 - 824250 c = 0

28263 c2 + 647625 c - 94200000 = 0

sehingga didapat:

a = 28263
b = 647625
c = -94200000

untuk mendapatkan nilai c maka dihitung dengan rumus ABC sebagai berikut:

$$c = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4\ a\ c}}{2\ a}$$

$$c = \frac{-647625 \pm \sqrt{419418140625 - 4\ 28263\ -94200000}}{2 \times 28262,5}$$

$$c+ = \frac{-647625 + \sqrt{11068728140625}}{56525}$$

$$= 47,40$$

$$c- = \frac{-647625 - 11068728140625}{56525}$$

$$= -70,32$$

Subtitusi nilai c = **47,40**

28263 c2 + 647625 c - 94200000 = 0

28263 x 2246,86 + 647625 x 47,40 - 9,42E+07 = 0

cek syarat nilai c > d' 0 = 0

47,40 > 64 **Tidak memenuhi**

dari nilai c (garis netral) ternyata kurang dari d', maka harus dihitung ulang dengan persamaan:

Cc = Ts1 + Ts2

$$(0,85 \times fc' \times a \times beff) = (As1 \times fs) + (As2 \times fy)$$

Subtitusi nilai fs' : $\frac{fs'}{\varepsilon c} = \left(\frac{d' - c}{c}\right) Es$

$$fs = \left(\frac{d' - c}{c}\right) Es\ \varepsilon c$$

$$fs = \left(\frac{d' - c}{c}\right) 0,003 \times 200000$$

$$fs = \left(\frac{d' - c}{c}\right) 600$$

$$\left(0,85\ f'c\ a\ beff\right) = As1\left(\frac{d' - c}{c}\right) 600 + \left(As2\ Fy\right)$$

$$(0,85\ f'c\ a\ beff)c = (As1\ d'\ 600) - (As1\ c\ 600) + (As2\ Fy)c$$

subtitusi a = β1 c

$$(0,85\ f'c\ \beta1\ c\ beff)c = (600\ As1\ d') - (600\ c\ As1) + (1962,50 \times 420)c$$

$$(0,85\ f'c\ \beta1\ beff)c^2 = (600\ As1)d' - (600\ c\ As1) + (824250\ c)$$

$$(0,85 \times 35 \times 0,8 \times 1188)c2 = (600 \times 2453)\ 64 - (600 \times c\ 2453) + 824250\ c$$

28262,5 c2 + 647625 c - 94200000 = 0

a = 28263

b = 647625

c = -94200000

untuk mendapatkan nilai c maka dihitung dengan rumus ABC sebagai berikut:

$$c = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4\ a\ c}}{2\ a}$$

$$c = \frac{-647625 \pm 419418140625 - 4\ 28263\ -94200000}{2\ x\ 28263}$$

$$c+ = \frac{-647625 + \sqrt{11068728140625}}{56525}$$

$= 47{,}40$

$$c- = \frac{-647625 - \sqrt{11068728140625}}{56525}$$

$= -70{,}32$

Subtitusi nilai c = **47,40**

28263 c2 + 647625 c - 94200000 = 0

28263 x 2246,86 + 647625 x 47,40 - 94200000 = 0

0 = 0

maka dipakai nilai c = **47,40** mm

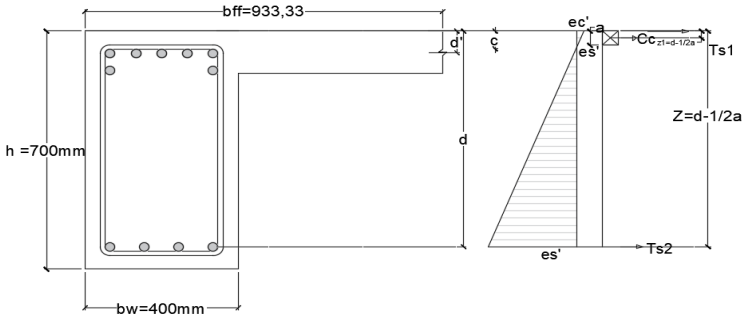
cek asumsi bahwa garis netral c < d'

47,40 < 64 **Memenuhi**

dari nilai c garis netral kurang dari d' dan telah memenuhi persamaan diatas maka di lanjutkan menghitung nilai a

a = β1 x c

= 0,8 x 47,40



Gambar 4.7 digram regangan dan tegangan momen positif tumpuan

Menghitung regangan:

Regangan tulangan tekan (εs')

$$\varepsilon s' = \frac{d' - c}{c} \times \varepsilon c = \frac{64 - 47{,}40}{47{,}40}\ 0{,}003$$

$= 0{,}0011 < \varepsilon y \longrightarrow$ Belum leleh

Regangan tulangan tarik (εs)

$$\varepsilon s = \frac{d - c}{c} \times \varepsilon c = \frac{736 - 47{,}40}{47{,}40}\ 0{,}003$$

$= 0{,}044 > \varepsilon y \longrightarrow$ Sudah leleh

batasan Regangan leleh pada balok(εy)

$$\varepsilon y = \frac{Fy\ ulir}{Es}$$

$$= \frac{420}{}$$

200000

= 0,002

menghitung Tegangan:

Tegangan pada tulangan tekan

fs' = εs' x Es

= 0,0011 x 200000

= 210 Mpa ⟶ < fy = 420 Mpa

karena nilai fs' < fy maka dipakai fs' = 210 Mpa

Tegangan pada tulangan tarik (fs)

Tegangan pada tulangan tarik

fs = εs x Es

= 0,044 x 200000

= 8716 Mpa ⟶ > fy = 420 Mpa

karena nilai fs > fy maka dipakai fy = 420 Mpa

menentukan nilai ϕ dari penampang yang terkendali tarik :

Karena nilai εs sesudah leleh = 0,0436 ≥ 0,005

maka di ambil ϕ: 0,9 (SNI 2847:2019 Tabel 21.2.2)

5. Menghitung resultan gaya tekan dan tarik pada balok

Cc = 0,85 x fc' x a x beff

= 0,85 x 35 x 37,92 x 1187,5

= 1339672,4 N

Ts1 = As' x fs'

= 2453,1 x 210

= 515422 N

Ts2 = As x fy

= 1963 x 420

= 824250 N

Cek kondisi seimbang dimana:

Cc = Ts1 + Ts2

1339672,4 = 515422,41 + 824250

1339672 = 1339672 **(kondisi seimbang terpenuhi)**

6. Menghitung momen kapasitas

Jarak momen

Z1 = d' - 1/2 x a

= 64 - 18,960 mm

= 45,04 mm

Z2 = d - 1/2 x a

= 736 - 18,960 mm

= 717,04 mm

Momen nominal (Mn)

Mn = Ts1 x Z1 + Ts2 x Z2

= 515422 x 45,04 + 824250 x 717,04

= 614234278,2 Nmm

Mr = ϕ x Mn

= 0,90 x 614234278,2

= 552810850,3 Nmm

552810850,3 Nmm > 464367000 Nmm **AMAN**

Cek syarat Mn+ > 1/2 Mn- (SNI 2847-2019 Pasal 18.6.3.2)

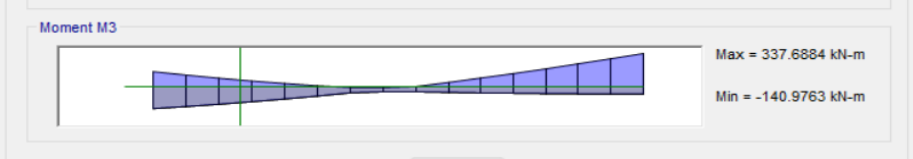
552810850,3 Nmm > 1/2 x 1336139686 Nmm

552810850,3 Nmm **>** **668069843** Nmm **(Memenuhi)**

4.5.2.1 Perhitungan penulangan longitudinal lapangan

a. Momen hasil dari output etabs

Berikut adalah momen maksimum yang didapat dari output program bantu ETABS 2018



- Mu+ = 337,688 kNm = 337688400 Nmm
- Mu- = 140,976 kNm = 140976300 Nmm

b. Kontrol momen negatif

- Mu- = 140,9763 kNm
  = 140976300 Nmm
- Direncanakan pemasangan tulangan sebagai berikut:
  Tulangan tarik (atas) As = 4 D 25 = 1962,50 mm2
  Tulangan tekan (bawah) As' = 4 D 25 = 1962,50 mm2

1. Menghitung luas tulangan tarik (As)

As = n tulangan x luas 1 tulangan
= 4 x 1/4 π 25 ^2
= 1962,50 mm^2

2. Menghitung luas tulangan tekan (As')

As' = n tulangan x luas 1 tulangan
= 4 x 1/4 π 25 ^2
= 1962,5 mm^2

3. Menghitung nilai tinggi effektif d dan d'

- Menghitung nilai d'

$$d' = sb + \text{D. sengkang} + \frac{1}{2} \times \text{D. tulangan pokok}$$
$$= 40 + 13 + 12,5$$
$$= 65,5 \text{ mm}$$

- Menghitung nilai d

$$d = h - sb + \text{D. sengkang} + \frac{1}{2} \times \text{D. tulangan pokok}$$
$$= 700 - 40 + 13 + 12,5$$
$$= 635 \text{ mm}$$

4 Menghitung tegangan dan regangan pada balok

Di misalkan garis netral (c) > d' maka perhitungan garis netral dicari menggunakan persamaan:

Cc + Cs = Ts
Cc = 0,85 x f'c x a x bw *(SNI 2847:2019 Pasal 22.2.2.4.1)*
εc = 0,003 *(SNI 2847:2019 Pasal 22.2.2.1)*

Es = 200000 *(SNI 2847:2019 Pasal 20.2.2.2)*

$(0{,}85 \times f'c \times a \times bw) + (As' \times fs') = As \times fy$

Subtitusi nilai fs: $\frac{fs'}{\varepsilon c} = \left(\frac{c - d'}{c}\right) \times Es$

$fs' = \left(\frac{c - d'}{c}\right) \times Es \times \varepsilon c$

$fs' = \left(\frac{c - d'}{c}\right) \times 200000 \times 0{,}003$

$fs' = \left(\frac{c - d'}{c}\right) \times 600$

$\left(0{,}85\ f'c\ a\ bw\right) + As' \left(\frac{c - d'}{c}\right) 600 = As \times Fy$

$(0{,}85\ f'c\ a\ bw)c + (As'\ c\ 600) - (As\ d'\ 600) = (As \times fy) \times c$

Subtitusi $a = \beta 1\ c$

$(0{,}85\ f'c\ \beta 1\ c\ bw)c + (600\ As'\ c) - (600\ d'\ As') = (1962{,}50 \times 420)\ c$

$(0{,}85\ f'c\ \beta 1\ b)c^2 + (600\ As'\ c) - (600\ d'\ As') = (824250\ c)$

$(0{,}85 \times 35 \times 0{,}8\ 400)c2 + (600 \times 1962{,}5)c - (600 \times 65{,}5 \times 1962{,}5) = (824250\ c)$

$9520\ c^2 + 1E{+}06\ c - 77126250 = 824250\ c$

$9520\ c^2 + 1E{+}06\ c - 77126250 - 824250\ c = 0$

$9520\ c^2 + 353250\ c - 77126250 = 0$

sehingga didapat:

a = 9520

b = 353250

c = -77126250

untuk mendapatkan nilai c maka dihitung dengan rumus ABC sebagai berikut:

$c = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4\ a\ c}}{2\ a}$

$c = \frac{-353250 \pm \sqrt{\#\#\#\#\#\#\#\#\#\#\# - 4\ 9520\ -77126250}}{2 \times 9520}$

$c+ = \frac{-353250 + \sqrt{3061753162500}}{19040}$

$= 73{,}35$

$c- = \frac{-353250 - \sqrt{3061753162500}}{19040}$

$= -110{,}45$

Subtitusi nilai c = **73,35**

$9520\ c2 + 353250\ c - 77126250 = 0$

$(9520 \times 5379{,}86) - (-353250 \times 73{,}35) - 77126250 = 0$

$0 = 0$

cek syarat nilai c > d'

73,35 > 65,5 **Memenuhi**

dari nilai c (garis netral) ternyata kurang dari d', maka harus dihitung ulang dengan persamaan:

$Cc = Ts1 + Ts2$

$(0{,}85 \times fc' \times a \times bw) = (As1 \times fs) + (As2 \times fy)$

Subtitusi nilai fs' : $\frac{fs'}{\varepsilon c} = \left(\frac{d' - c}{c}\right) Es$

$fs = \left(\frac{d' - c}{c}\right) Es\ \varepsilon c$

$fs = \left(\frac{d' - c}{c}\right) 0{,}003 \times 200000$

$fs = \left(\frac{d' - c}{c}\right) 600$

$\left(0{,}85\ f'c\ a\ bw\right) = As1\left(\frac{d' - c}{c}\right) 600 + \left(As2\ Fy\right)$

$(0{,}85\ f'c\ a\ bw)c = (As1\ d'\ 600) - (As1\ c\ 600) + (As2\ Fy)c$

subtitusi $a = \beta 1\ c$

$(0{,}85\ f'c\ \beta 1\ c\ bw)c = (600\ As1\ d') - (600\ c\ As1) + (1962{,}50 \times 420)c$

$(0{,}85\ f'c\ \beta 1\ bw)c^2 = (600\ As1)d' - (600\ c\ As1) + (824250\ c)$

$(0{,}85 \times 35 \times 0{,}8 \times 400)c2 = (600 \times 1963)\ 66 - (600 \times c\ 1963) + 824250\ c$

$9520\ c2 + 353250\ c - 77126250 = 0$

$a = 9520$

$b = 353250$

$c = -77126250$

untuk mendapatkan nilai c maka dihitung dengan rumus ABC sebagai berikut:

$$c = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4\ a\ c}}{2\ a}$$

$$c = \frac{-353250 \pm \sqrt{124785562500 - 4 \quad 9520 \quad -77126250}}{2 \times 9520}$$

$$c+ = \frac{-353250 + \sqrt{3061753162500}}{19040}$$

$= 73{,}35$

$$c- = \frac{-353250 - \sqrt{3061753162500}}{19040}$$

$= -110{,}45$

Subtitusi nilai c = **73,35**

$9520\ c2 + 353250\ c - 77126250 = 0$

9520 x 5379,86 + 353250 x 73,35 - 77126250 = 0

0 = 0

maka dipakai nilai c = **73,35** mm

cek asumsi bahwa garis netral c < d'

73,35 < 66 **Tidak memenuhi**

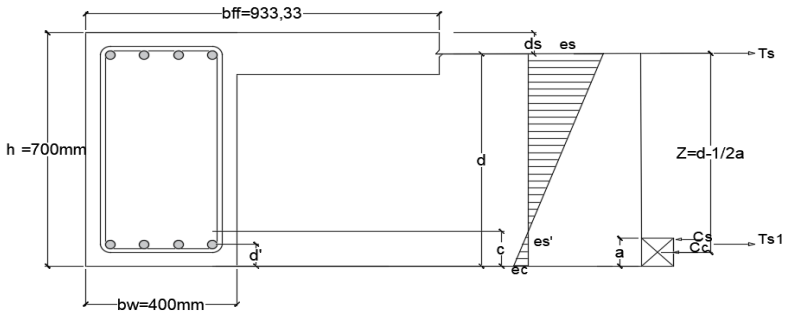
dari nilai c garis netral kurang dari d' dan telah memenuhi persamaan diatas maka di lanjutkan menghitung nilai a

a = β1 x c

= 0,8 x 73,35

= 58,68 mm

berikut adalah diagram tegangan dan regangan momen tumpuan negatif



Gambar 4.7 digram regangan dan tegangan momen negatif lapangan

Menghitung regangan

Regangan tulangan tekan (εs')

$$\varepsilon s' = \frac{d' - c}{c} \times \varepsilon c = \frac{65,5 - 73,35}{73,35} \times 0,003$$

= -0,0003 < εy ⟶ Belum leleh

Regangan tulangan tarik (εs)

$$\varepsilon s = \frac{d - c}{c} \times \varepsilon c = \frac{635 - 73,35}{73,35} \times 0,003$$

= 0,0230 > εy ⟶ Sudah leleh

Batasan regangan leleh pada balok(εy):

$$\varepsilon y = \frac{Fy\ ulir}{Es}$$

$$= \frac{420}{200000}$$

= 0,002

Menghitung Tegangan

Tegangan pada tulangan tekan (fs')

fs' = εs' x Es

= -0,0003 x 200000

= -64 Mpa ⟶ < fy = 420 Mpa

karena nilai fs' < fy maka dipakai fs' = -64 Mpa

Tegangan pada tulangan tarik (fs)

fs = εs x Es

= 0,0230 x 200000

= 4590 Mpa ⟶ > fy = 420 Mpa

karena nilai fs > fy maka dipakai fy = 420 Mpa

menentukan nilai ϕ dari penampang yang terkendali tarik :

Karena nilai εs sesudah leleh = 0,0230 ≥ 0,005

maka di ambil ϕ: 0,9 (SNI 2847:2019 Tabel 21.2.2)

5. Menghitung resultan gaya tekan dan tarik pada balok

Cc = 0,85 x fc' x a x bw

= 0,85 x 35 x 58,68 x 400

= 698268,30 N

Ts1 = As' x fs'

= 1963 x -64

= -125981,70 N

Ts2 = As x fy

= 1962,50 x 420

= 824250 N

Cek kondisi seimbang dimana:

Cc = Ts1 + Ts2

698268,3 = -125981,70 + 824250

698268 = 698268 **(kondisi seimbang terpenuhi)**

6. Menghitung momen kapasitas

Jarak momen

Z1 = d' - 1/2 a

= 66 - 29,34 mm

= 36,16 mm

Z2 = d - 1/2 a

= 635 - 29,34 mm

= 605,16 mm

Momen nominal (Mn)

Mn = Ts1 x Z1 + Ts2 x Z2

= -125981,7 x 36,16 + 824250,0 x 605,16

= 494248327,1 Nmm

Momen kapasitas

Mr = ϕ x Mn

= 0,90 x 494248327,1

= 444823494,4 Nmm

444823494,4 Nmm > 140976300 Nmm **AMAN**

c. Kontrol Momen Positif

- Mu- = 337,6884 kNm

= 337688400 Nmm

- Direncanakan pemasangan tulangan sebagai berikut:
  Tulangan tekan (atas) As' = 4 D 25 = 1962,5 mm2
  Tulangan tarik (bawah) As = 4 D 25 = 1962,5 mm2

1. Menghitung luas tulangan tekan (As')

As' = n tulangan x luas 1 tulangan
= 4 x 1/4 π 25 ^2
= 1962,5 mm^2

2. Menghitung luas tulangan tarik (As)

As = n tulangan x luas 1 tulangan
= 4 x 1/4 π 25 ^2
= 1962,5 mm^2

3. Menghitung nilai tinggi effektif d dan d'

- Menghitung nilai d'

$$d' = sb + \frac{D.\ sengkang}{} + \frac{1}{2} x\ D.\ tulangan\ pokok$$

= 40 + 13 + 11
= 64 mm

- Menghitung nilai d

$$d = h - sb + \frac{D.\ sengkang}{} + \frac{1}{2} x\ D.\ tulangan\ pokok$$

= 700 - 40 + 13 + 11
= 636 mm

4 Menghitung tegangan dan regangan pada balok

jika di misalkan garis netral (c) > d' maka persamaan untuk perhitungan garis netral

Cc + Cs = Ts
(0,85 x f'c x a x b) + (As' fs') = As x fy

Subtitusi nilai fs :

$$\frac{fs'}{\varepsilon c} = \left(\frac{c - d'}{c}\right) Es$$

$$fs' = \left(\frac{c - d'}{c}\right) Es\ \varepsilon c$$

$$fs' = \left(\frac{c - d'}{c}\right) 0{,}003 \quad 200000$$

$$fs' = \left(\frac{c - d'}{c}\right) 600$$

$$\left(0{,}85\ f'c\ a\ b\right) + As'\left(\frac{c - d'}{c}\right) 600 = As\ Fy$$

$$\left(0{,}85\ f'c\ a\ b\ c\right) + \left(As'\ c\ 600\right) - \left(As'\ d'\ 600\right) = \left(As\ x\ Fy\ x\ c\right)$$

subtitusi a = $\beta 1$ c

$$\left(0{,}85\ f'c\ \beta 1\ c\ beff\right) c + \left(600\ As'\ c\right) - \left(600\ d'\ As'\right) = \left(1962{,}5\ x\ 420\right) x\ c$$

$$\left(0{,}85\ f'c\ \beta 1\ beff\right) c^2 + \left(600\ As'\ c\right) - \left(600\ d'\ As'\right) =$$

$$(824250 \quad c)$$

$$(0{,}85 \times 35 \times 0{,}8 \times 1200)c2 + (600 \times 1962{,}5)c - (600 \times 64 \times 1962{,}5) = 824250 \quad c$$

$$28560{,}0\ c2 + 1E{+}06\ c - 75360000 = 824250\ c$$

$$28560{,}0\ c2 + 1E{+}06\ c - 75360000 - 824250\ c = 0$$

$$28560\ c2 + 353250\ c - 75360000 = 0$$

sehingga didapat:

a = 28560

b = 353250

c = -75360000

untuk mendapatkan nilai c maka dihitung dengan rumus ABC sebagai berikut:

$$c = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4\ a\ c}}{2\ a}$$

$$c = \frac{-353250 \pm \sqrt{124785562500 - 4\ 28560\ -75360000}}{2 \times 28560{,}0}$$

$$c+ = \frac{-353250 + \sqrt{8733911962500}}{57120}$$

$$= 45{,}55$$

$$c- = \frac{-353250 - 8733911962500}{57120}$$

$$= -57{,}92$$

Subtitusi nilai c = **45,55**

$$28560\ c2 + 353250\ c - 75360000 = 0$$

$$28560 \times 2075{,}21 + 353250 \times 45{,}6 - 75360000 = 0$$

cek syarat nilai c > d' 0 = 0

45,55 > 64 **Tidak memenuhi**

dari nilai c (garis netral) ternyata kurang dari d', maka harus dihitung ulang dengan persamaan:

$$Cc = Ts1 + Ts2$$

$$(0{,}85 \times fc' \times a \times beff) = (As1 \times fs) + (As2 \times fy)$$

Subtitusi nilai fs : $\frac{fs}{\varepsilon c} = \left(\frac{d' - c}{c}\right) Es$

$$fs = \left(\frac{d' - c}{c}\right) Es\ \varepsilon c$$

$$fs = \left(\frac{d' - c}{c}\right) 0{,}003 \times 200000$$

$$fs = \left(\frac{d' - c}{c}\right) 600$$

$$\left(0{,}85\ f'c\ a\ beff\right) = As1\left(\frac{d' - c}{c}\right) 600 + \left(As2\ Fy\right)$$

$$(0{,}85\ f'c\ a\ beff)c = (As1\ d'\ 600) - (As1\ c\ 600) + (As2\ Fy)c$$

subtitusi a = β1 c

$$(0{,}85\ f'c\ \beta1\ c\ beff)c = (600\ As1\ d') - (600\ c\ As1) + (1962{,}5\ x\ 420)c$$

$$(0{,}85\ f'c\ \beta1\ beff)c^2 = (600\ As1)d' - (600\ c\ As1) + (824250\ c)$$

$$(0{,}85\ x\ 35\ x\ 0{,}8\ x\ \mathbf{1200{,}0})c2 = (600\ x\ 1963)\ 64 - (600\ x\ c\ 1963) + 824250\ c$$

$$28560\ c2 + 353250\ c - 75360000 = 0$$

a = 28560

b = 353250

c = -75360000

untuk mendapatkan nilai c maka dihitung dengan rumus ABC sebagai berikut:

$$c = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4\ a\ c}}{2\ a}$$

$$c = \frac{-353250 \pm 124785562500 - 4\ 28560\ -75360000}{2\ x\ 28560}$$

$$c+ = \frac{-353250 + \sqrt{8733911962500}}{57120}$$

$$= 45{,}55$$

$$c- = \frac{-353250 - \sqrt{8733911962500}}{57120}$$

$$= -57{,}92$$

Subtitusi nilai c = **45,55**

$$28560\ c2 + 353250\ c - 75360000 = 0$$

$$28560 \times 2075{,}21 + 353250 \times 45{,}55 - 75360000 = 0$$

$$0 = 0$$

maka dipakai nilai c = **45,55** mm

cek asumsi bahwa garis netral c < d'

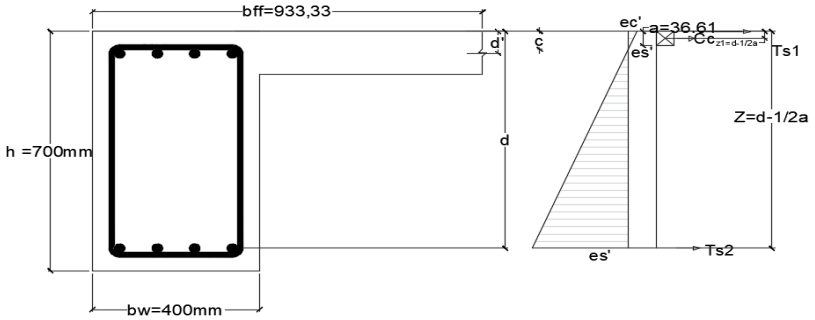
45,55 < 64 **Benar**

dari nilai c garis netral kurang dari d' dan telah memenuhi persamaan diatas maka di lanjutkan menghitung nilai a

a = β1 x c

= 0,8 x 45,55

= 36,44 mm



Gambar 4.7 digram regangan dan tegangan momen positif tumpuan

Menghitung regangan:

Regangan tulangan tekan (εs')

$$\varepsilon s' = \frac{d' - c}{c} \times \varepsilon c = \frac{64 - 45{,}55}{45{,}55}\ 0{,}003$$

$$= 0{,}0012 < \varepsilon y \longrightarrow \text{Belum leleh}$$

Regangan tulangan tarik (εs)

$$\varepsilon s = \frac{d - c}{c} \times \varepsilon c = \frac{636 - 45{,}55}{45{,}55}\ 0{,}003$$

$$= 0{,}039 > \varepsilon y \longrightarrow \text{Sudah leleh}$$

batasan Regangan leleh pada balok(εy)

$$\varepsilon y = \frac{\text{Fy ulir}}{\text{Es}}$$

$$= \frac{420}{200000}$$

$$= 0{,}002$$

menghitung Tegangan:

Tegangan pada tulangan tekan

fs' = εs' x Es

= 0,0012 x 200000

= 243 Mpa ⟶ < fy = 420 Mpa

karena nilai fs' < fy maka dipakai fs' = 243 Mpa

Tegangan pada tulangan tarik (fs)

Tegangan pada tulangan tarik

fs = εs x Es

= 0,039 x 200000

= 7777 Mpa ⟶ > fy = 420 Mpa

karena nilai fs > fy maka dipakai fy = 420 Mpa

menentukan nilai ϕ dari penampang yang terkendali tarik :

Karena nilai εs sesudah leleh = 0,0389 ≥ 0,005

maka di ambil ϕ: 0,9 (SNI 2847:2019 Tabel 21.2.2)

5. Menghitung resultan gaya tekan dan tarik pada balok

Cc = 0,85 x fc' x a x beff

= 0,85 x 35 x 36,44 x 1200

= 1301034,6 N

Ts1 = As' x fs'

= 1962,5 x 243

= 476785 N

Ts2 = As x fy

= 1963 x 420

= 824250 N

Cek kondisi seimbang dimana:

Cc = T1 + T2

1301034,6 = 476784,63 + 824250

1301035 = 1301035 **(kondisi seimbang terpenuhi)**

6. Menghitung momen kapasitas

Jarak momen

Z1 = d' - 1/2 x a

= 64 - 18,222 mm

= 45,778 mm

Z2 = d - 1/2 x a

= 636 - 18,222 mm

= 617,78 mm

Momen nominal (Mn)

Mn = Ts1 x Z1 + Ts2 x Z2

= 476785 x 45,778 + 824250 x 617,78

= 531030058 Nmm

Mr = ϕ x Mn

= 0,90 x 531030058

= 477927052,2 Nmm

477927052,2 Nmm > 337688400 Nmm **AMAN**

Cek syarat Mn+ > 1/2 Mn- (SNI 2847-2019 Pasal 18.6.3.2)

477927052,2 Nmm > 1/2 x 494248327,1 Nmm

477927052,2 Nmm **>** **247124163 1/2** Nmm **(Memenuhi)**

3. Desain Penulangan Transversal Balok
   1. Menghitung Mpr (Moment Probable Capacities)

      Wu = 30,806
      Pu = 30,035
      Ln = 6,3

      a. Kapasitas momen ujung balok apabila struktur bergoyang ke kiri

      Mpr 1 (-) = Mn - tumpuan kiri x 1,25
      = 756771403,6 x 1,25
      = 945964254,4 Nmm
      = 945,96425444 Knm

      Mpr 4 (+) = Mn + tumpuan kanan x 1,25
      = 485561341,4 x 1,25
      = 606951676,7 Nmm
      = 606,9516767 Knm

      b. Kapasitas momen ujung balok apabila st

      Momen ujung tumpuan kiri positif (Mpr2)

      Mpr 2 (+) = Mn + tumpuan kiri x 1,25
      = 697294287,7 x 1,25
      = 871617859,6 Nmm
      = 871,6178596 Knm

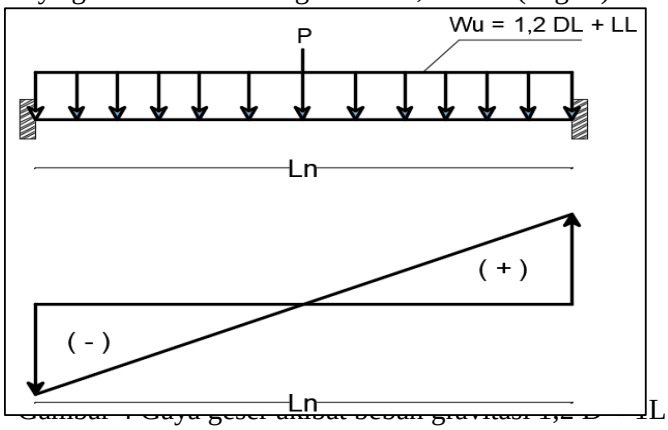
      Momen ujung tumpuan kanan negatif(Mpr3)

      Mpr 3 (-) = Mn - tumpuan kanan x 1,25
      = 636204057,1 x 1,25
      = 795255071,4 Nmm
      = 795,2550714 Knm

   2. Menghitung Gaya Geser Desain Tiap Kondisi

      a. Perhitungan gaya geser desain apabila struktur bergoyang ke kiri

      1). Gaya geser akibat beban gravitasi 1,2 + 1 L (V graf)



Gambar 4 Gaya geser akibat beban gravitasi 1,2 DL + 1L (V graf) Goyangan ke Kiri

$$\text{V Graf Kiri} = \frac{Wu \times ln}{2} + \frac{Pu}{2}$$

$$= \frac{30,8 \times 6,3}{2} + \frac{30}{2}$$

$$= 112,06 \text{ kN}$$

$= 112056 \ N$

$$V \text{ Graf Kanan} = \frac{Wu \times ln}{2} + \frac{Pu}{2}$$

$$= \frac{30{,}8 \ x \ 6{,}3}{2} + \frac{30}{2}$$

$= 112{,}06 \ kN$

$= 112056 \ N$

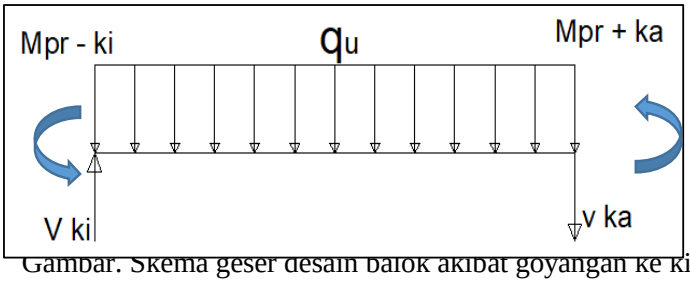
2). Gaya geser akibat momen ujung (V Mpr) goyangan gempa ke kiri

$$V_{sway} = \frac{Mpr_1 + Mpr_4}{Ln}$$

$$= \frac{945964254{,}44 + 606951676{,}7}{6300}$$

$= 246494{,}592 \ N$

3). Gaya geser desain akibat goyangan ke kiri



Gambar. Skema geser desain balok akibat goyangan ke kiri

$V_{e1} = V_{sway} + V_{graf\ Kiri}$

$= 246494{,}59 + 112055{,}85$

$= 358550{,}45 \ N$

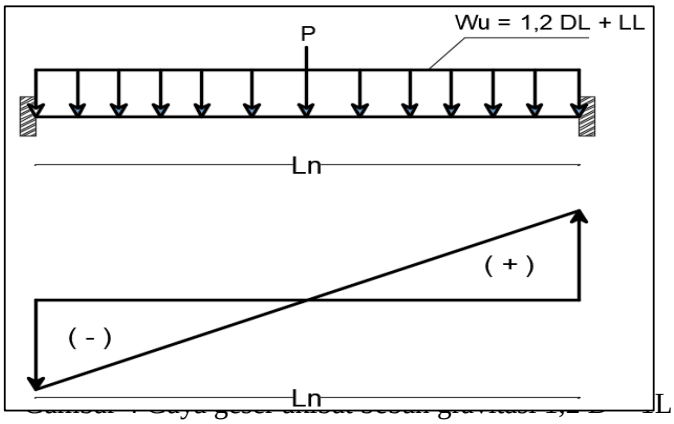
$V_{e2} = V_{sway} - V_{graf\ Kanan}$

$= 246494{,}59 - 112055{,}85$

$= 134438{,}74 \ N$

b. Perhitungan gaya geser desain apabila struktur bergoyang ke kanan

1). Gaya geser akibat beban gravitasi 1,2 + 1 L (V graf)



Gambar. Gaya geser akibat beban gravitasi 1,2 DL + LL

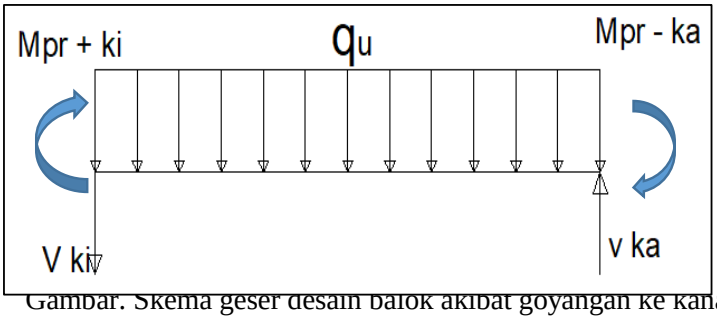
(V graf) Goyangan ke Kanan

$$\text{V Graf Kiri} = \frac{\text{Wu x ln}}{2} + \frac{\text{Pu}}{2}$$
$$= \frac{30{,}8 \text{ x } 6{,}3}{2} + \frac{30}{2}$$
$$= 112{,}06 \text{ kN}$$
$$= 112056 \text{ N}$$
$$\text{V Graf Kanan} = \frac{\text{Wu x ln}}{2} + \frac{\text{Pu}}{2}$$
$$= \frac{30{,}8 \text{ x } 6{,}3}{2} + \frac{30}{2}$$
$$= 112{,}06 \text{ kN}$$
$$= 112056 \text{ N}$$

2). Gaya geser akibat momen ujung (V Mpr) goyangan gempa ke kanan

$$V_{sway} = \frac{\text{Mpr 2} + \text{Mpr 3}}{\text{Ln}}$$
$$= \frac{871617859{,}6 + 795255071{,}4}{6300}$$
$$= 264583{,}005 \text{ N}$$

3). Gaya geser desain akibat goyangan ke kanan



Gambar. Skema geser desain balok akibat goyangan ke kanan

$$V_{e3} = V_{sway} - V_{graf\ kiri}$$
$$= 264583 - 112055{,}85$$
$$= 152527{,}15 \text{ N}$$
$$V_{e4} = V_{sway} + V_{graf\ kanan}$$
$$= 264583 + 112055{,}85$$
$$= 376638{,}86 \text{ N}$$

2. Menghitung kebutuhan tulangan geser di daerah sendi plastis

Panjang Sendi Plastis = 2h
= 2 x 800
= 1600 mm

SNI 2847-2019 Pasal 18.6.5.2 menyatakan daerah sendi plastis sepanjang 2h dari muka kolom, maka konstribusi beton dalam menahan geser Vc = 0 apabila :

a. Gaya geser akibat gempa melebihi 1/2 atau lebih dari kekuatan geser maksimum disepanjang bentang.
b.

Gaya aksial terfaktor, Pu termasuk pengaruh gempa kurang dari Ag.fc'/20

Cek syarat a dan b

- Syarat a

Arah Gempa	Geser Gempa Vn	Tumpuan Kiri		Cek syarat Vn (akibat Mpr)
		Ve (N)	1/2 Ve (N)	
Kiri	246494,592	358550,4456	179275,2228	Memenuhi
Kanan	264583,0049	134438,7389	67219,36943	Memenuhi

Arah Gempa	Geser Gempa Vn	Tumpuan Kanan		Cek syarat Vn (akibat Mpr)
		Ve (N)	1/2 Ve (N)	
Kiri	246494,5922	152527,1515	76263,57576	Memenuhi
Kanan	264583,0049	376638,8583	188319,4292	Memenuhi

- Syarat b

Pu = 0 N *(Output etabs 2018)*

$$Pu < \frac{Ag \times fc'}{20}$$

$$0 < \frac{b \times h \times fc'}{20}$$

$$< \frac{400 \times 800 \times 35}{20}$$

0 < 560000 N **Memenuhi**

Karena kedua syarat diatas terpenuhi maka Vc atau gaya geser yang dihasilkan oleh beton dianggap 0

Maka Vc = 0 kN

a. Kebutuhan tulangan geser tumpuan kiri

Ve = 358550,45 N
fc' = 35
bw = 400 mm
D tulangan utama = 22 mm
d = 736 mm
fy = 420 Mpa

$$Vs = \frac{Ve}{0,75} - Vc$$ SNI 2847 - 2019 Pasal 22.5.10.1

$$= \frac{358550,45}{0,75} - 0$$

= 478067,26 N

Vs max = $0,66 \times \sqrt{fc'} \times bw \times d$ SNI 2847 - 2019 Pasal 22.5.1.2

= $0,66 \times \sqrt{35} \times 400 \times 736$

= 1149517,966 N

Kontrol

Vs < Vs max **Memenuhi**

Vs yang dipakai = 478067,26 N

Dicoba sengkang = 2 kaki D 13

As = n x 1/4 π x D ^2

2 1/4 3,14 x 13

= 265,33 mm2

$$S = \frac{As \times fy \times d}{Vs\ pakai}$$

$$= \frac{265 \times 420 \times 736}{478067,2608}$$

= 171,56 mm

2847 - 2019 Pasal 18.6.4.4 halaman 381 menyatakan bahwa sengkang tertutup pertama harus ditempatkan tidak lebih dari 50 mm dari muka komponen struktur penumpu. Spasi sengkang tertutup tidak boleh melebihi yang terkecil dari (a), (b) dan (c) :

a. $= \frac{1}{4}$ d

$= \frac{1}{4}$ x 736

= 184 mm

b. = 6 x d tulangan utama

= 6 x 22

= 132 mm

c. = 150 mm

Jadi direncanakan sengkang = **2 kaki D 13 - 100 mm**

As = 2 x $\frac{1}{4}$ x 3,14 x 13^2

= 265 mm^2

$$Vs\ terpasang = \frac{As \times fy \times d}{s}$$

$$= \frac{265 \times 420 \times 736}{100}$$

= 820188,1 N

Vn = Vc + Vs SNI 2847 - 2019 Pasal 22.5.1.1

= 0 + 820188,1

= 820188,1 N

ϕVn = 0,75 x Vn

= 0,75 x 820188,1

= 615141,07 N > Ve = 358550,45 N **Memenuhi**

b. Kebutuhan tulangan geser tumpuan kanan

Ve = 376638,86 N

fc' = 35

bw = 400 mm

D tulangan utama = 22 mm

d = 736 mm
fy = 420 Mpa

$$Vs = \frac{Ve}{0,75} - Vc$$ SNI 2847 - 2019 Pasal 22.5.10.1

$$= \frac{376638,86}{0,75} - 0$$

= 502185,14 N

Vs max = 0,66 x $\sqrt{fc'}$ x bw x d

SNI 2847 - 2019 Pasal 22.5.1.2

= 0,66 x $\sqrt{35}$ x 400 x 736

= 1149517,966 N

Kontrol

Vs < Vs max **Memenuhi**

Vs yang dipakai = 502185,14 N

Dicoba sengkang = 2 kaki D 13

As = n x 1/4 π x D ^2

2 1/4 3,14 x 13

= 265,33 mm2

$$S = \frac{As \times fy \times d}{Vs\ pakai}$$

$$= \frac{265 \times 420 \times 420}{502185,1444}$$

= 93,201 mm

2847 - 2019 Pasal 18.6.4.4 halaman 381 menyatakan bahwa sengkang tertutup pertama harus ditempatkan tidak lebih dari 50 mm dari muka komponen struktur penumpu. Spasi sengkang tertutup tidak boleh melebihi yang terkecil dari (a), (b) dan (c) :

a. $= \frac{1}{4}$ d

$= \frac{1}{4}$ x 736

= 184 mm

b. = 6 x d tulangan utama

= 6 x 22

= 132 mm

c. = 150 mm

Jadi direncanakan sengkang = **2 kaki D 13 - 100 mm**

As = 2 x $\frac{1}{4}$ x 3,14 x 13^2

= 265 mm^2

$$Vs\ terpasang = \frac{As \times fy \times d}{s}$$

$$= \frac{265 \times 420 \times 736}{100}$$

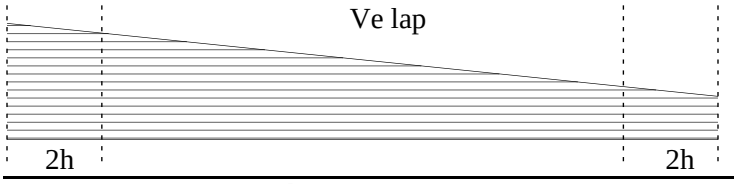
= 820188,1 N

Vn = Vc + Vs SNI 2847 - 2019 Pasal 22.5.1.1
= 0 + 820188,1
= 820188,1 N
ϕVn = 0,75 x Vn
= 0,75 x 820188,1
= 615141,07 N > Ve = 376638,86 N **Memenuhi**

3. Menghitung Kebutuhan Tulangan Geser Diluar Daerah Sendi Plastis

h = 800 mm
Ln = 6300 mm
d = 736 mm
bw = 400 mm
fc = 35 Mpa
$V_{e\ kiri}$ = 358550,45 N
$V_{e\ kanan}$ = 152527,15 N
Panjang Luar Sendi Plastis = Ln - 2h
= 6300 - 1600
= 4700 mm

Ve kiri = 358550,45 Ve kanan = 152527,15



ln = 6300 mm

Menghitung nilai Ve lapangan menggunakan persamaan segitiga sebagai berikut :

$$\frac{(Ln - 2h)}{Ln} = \frac{\text{Ve lapangan}}{(\text{Ve kiri} - \text{Ve kanan})}$$

$$\text{Ve lapangan} = \frac{(Ln - 2h) \times (\text{Ve kiri} - \text{Ve kanan})}{Ln} + \text{Ve kanan}$$

$$= \frac{(4700) \times (358550 - 152527,15)}{6300} + 152527,152$$

= 306227 N

Vc = 0,17 x λ x $\sqrt{fc'}$ x bw x d
= 0,17 x 1 x $\sqrt{35}$ x 400 x 736
= 296088 N

$$Vs = \frac{\text{Ve lapangan}}{\phi} - Vc$$

$$= \frac{306227,0694}{0,75} - 296087,96$$

= 112214,798 N

Vs max = 0,66 x $\sqrt{fc'}$ x bw x d
= 0,66 x $\sqrt{35}$ x 400 x 736
= 1149518 N

Kontrol

Vs < Vs max **Memenuhi**

Vs dipakai = 112215 N

Dipakai sengkang = 2 kaki D 13

As = n x 1/4 π x D ^2

2 1/4 3,14 x 13

= 265,33 mm2

$$S = \frac{As \times fy \times d}{Vs\ pakai}$$

$$= \frac{265 \times 420 \times 736}{112214,7982}$$

= 730,91 mm

Jarak maksimum tulangan transversal pada daerah luar sendi plastis (SNI 2847 - 2019 Pasal 18.6.4.6) yaitu :

So = d / 2

= 736 / 2

= 368 mm

Jadi direncanakan sengkang **2 kaki D 13 - 250**

$$As = 2 \times \frac{1}{4} \times 3,14 \times 13^2$$

= 265 mm^2

Kontrol Tulangan Transversal :

$$Vs\ terpasang = \frac{As \times fy \times d}{s}$$

$$= \frac{265 \times 420 \times 736}{250}$$

= 328075,24 N

Vn = Vc + Vs SNI 2847 - 2019 Pasal 22.5.1.1

= 296088 + 328075,24

= 624163,2 N

ϕVn = 0,75 x Vn

= 0,75 x 624163,2

= 468122,4 N > Ve = 306227,07 N **Memenuhi**

Tabel 4.53 Kebutuhan tulangan geser balo B1

Daerah		Kebutuhan Tulangan
Tumpuan	Kiri	2 D 13 - 100
	Kanan	2 D 13 - 100
Lapangan		2 D 13 -250

4. Perhitungan Penulangan Torsi Balok

berdasarkan SNI 2847-2019 pasal 22.7.1.1 halaman 509 dijelaskan bahwa jika Tu ≥ ØTth. Dan jika Tu < ØTth maka diperbolehkan untuk mengabaikan pengaruh torsi.

a. Kontrol pengaruh torsi pada balok

Ambang batas torsi

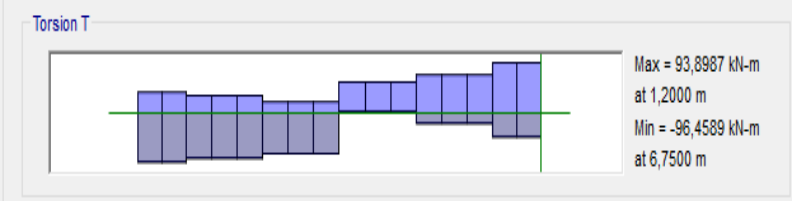
Luas penampang

Acp = bw x h
= 400 x 800
= 320000 mm2

Keliling penampang

$$Pcp = \left\{\begin{matrix}2 & b\end{matrix}\right\} + \left\{\begin{matrix}2 & h\end{matrix}\right\}$$
$$= \left\{\begin{matrix}2 & 400\end{matrix}\right\} + \left\{\begin{matrix}2 & 800\end{matrix}\right\}$$
= 2400 mm

Cek kekuatan momen torsi dengan ambang batas torsi



Tu = 96,4589 kNm (*Output etabs 2018*)
= 9645890 Nmm

$$\phi Tth = \phi \times 0{,}083 \times \lambda \times \sqrt{fc'} \times \left(\frac{Acp^2}{Pcp}\right)$$
$$= 0{,}75 \times 0{,}083 \times 1 \times \sqrt{35} \times \left(\frac{1{,}0240000000E+11}{2400}\right)$$
= 15713107,9 Nmm > Tu = 9645890 Nmm

dari perihitungan diatas, ϕTth > Tu maka diperlukan penulangan torsi

Retak akibat torsi

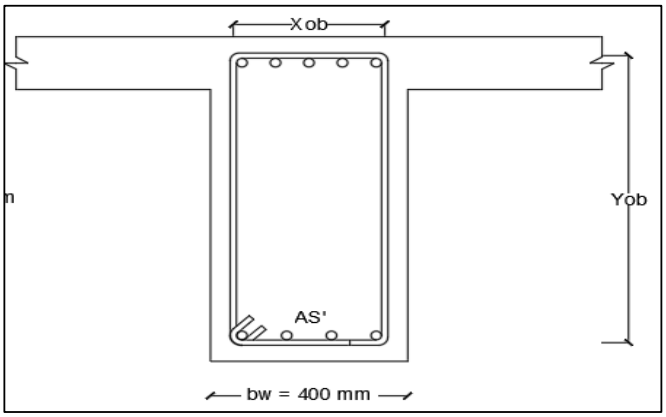
Berdasarkan SNI 2847-2019 pasal 22.7.3.2 dijelaskan bahwa momen torsi bisa direduksi dengan redistribusi gaya internal setelah retak. Jika torsi terjadi dari komponen struktur terpuntir untuk mempertahankan kompatibilitas deformasi. Torsi jenis ini disebut torsi kompabilitas. pada struktur statis tak tentu dimana Tu ≥ ØTcr, kekuatan torsi dapat direduksi menggunakan ØTcr

$$\text{ØTcr} = \text{Ø} \times 0{,}33 \times \lambda \times \sqrt{fc'} \times \frac{Acp^2}{Pcp}$$
$$= 0{,}75 \times 0{,}33 \times 1 \times \sqrt{35} \times \frac{320000^2}{2400}$$
= 62473802,51 Nmm

9645890 Nmm ≥ 62473802,51 Nmm (Maka kekuatan torsi dipakai momen retak torsi)

b. Kontrol batasan penampang

Menghitung keliling bersih yang dibatasi oleh garis berat sengkang tertutup SNI 2847 - 2019 Pasal R 22.7.6.1.1 halaman 515.



Data Perencanaan :

Tu = 96,459 Knm → 96458900 Nm

Vc = 296088 N

Vu = 224112 N

Lebar daerah tertutup dari garis pusat tulangan transversal

$$Xob = b - \{2 \times sb\} - 2 \times \{1/2 \text{ D. Sengkang}\}$$
$$= 400 - \{2 \times 40\} - 2 \times \{1/2 \times 13\}$$
$$= 307 \text{ mm}$$

Tinggi daerah tertutup dari garis pusat tulangan transversal

$$Yob = h - \{2 \times sb\} - 2 \times \{1/2 \text{ D. Sengkang}\}$$
$$= 800 - \{2 \times 40\} - 2 \times \{1/2 \times 13\}$$
$$= 707 \text{ mm}$$

Luas daerah tertutup dari garis pusat tulangan transversal

$$Aoh = Xob \times Yob$$
$$= 307 \times 707$$
$$= 217049 \text{ mm}^2$$
$$Ao = 0,85 \times Aoh$$
$$= 0,85 \times 217049$$
$$= 184492 \text{ mm}^2$$

Keliling daerah tertutup dari garis pusat tulangan transversal

$$Ph = 2 \times \{Xob + Yob\}$$
$$= 2 \times \{307 + 707\}$$
$$= 2028 \text{ mm}$$

Memeriksa kecukupan penampang (SNI 2847 - 2019 Pasal 22.7.7.1)

$$= \sqrt{\left(\frac{Vu}{b \times d}\right)^2 + \left(\frac{Tu \times Ph}{1,7 \times Aoh}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{Vc}{b \times b} + 0,66 \times \sqrt{fc'}\right)$$

$$= \sqrt{\left(\frac{224111,7068}{400 \times 736}\right)^2 + \left(\frac{96458900 \times 2028}{1,7 \times 47110268401}\right)^2} \leq 0,75$$

$$\left(\frac{296087{,}961}{400 \times 736}\right) + 0{,}66 \times \sqrt{35}$$

$= 2{,}56$ Mpa $\leq$ 4,66 Mpa **Dimensi penampang mencukupi**

Dari perhitungan diatas dimensi penampang mencukupi, maka dilanjutkan untuk kebutuhan tulangan longitudinal torsi :

c. Desain penulangan torsi

Berdasarkan SNI 2847-2019 pasal 22.7.6.1 dijelaskan bahwa untuk komponen struktur prategan dan non prategang, nilan Tn diambil dari nilai terkecil diantara poin dibawah ini. Diamana At adalah luas satu kaki sengkang tertutup yang menahan torsi: Al adalah luas tulangan longitudinal torsi.

Luas satu kaki sengkang tertutup pasang

$$At = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$At = \frac{1}{4} \times 3{,}14 \times 13^2$$

$$= 132{,}67 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan longitudinal torsi

$$Al = n \times \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$= 4 \times \frac{1}{4} \times 3{,}14 \times 22^2$$

$$= 1519{,}8 \text{ mm}^2$$

Ketahanan torsi terhadap sengkang tutup

$$Tn = \frac{2 \times Ao \times At \times Fyt}{s} \times \text{Cot } \theta$$

$$= \frac{2 \times 184492 \times 132{,}67 \times 420}{100} \times \text{Cot } 45$$

$= 205594911{,}9$ Nmm **Persamaan 1**

Ketahanan torsi terhadap tulangan longitudinal

$$Tn = \frac{2 \times Ao \times Al \times Fyt}{ph} \times \text{Cot } \theta$$

$$= \frac{2 \times 184492 \times 1519{,}8 \times 420}{2028} \times \text{Cot } 45$$

$= 116134982{,}8$ Nmm **Persamaan 2**

sehingga dalam perhitungan diatas ketahanan torsi dipakai terkecil yaitu persamaan 2 yaitu Tn = 116134982,8 Nmm

$$\emptyset Tn = \emptyset \times Tn$$

$$= 0{,}75 \times 116134982{,}8$$

$= 87101237{,}13$ Nmm

Cek kekuatan tulangan torsi

$\emptyset Tn > Tu$

87101237,13 Nmm > 62473802,51 Nmm **Memenuhi**

Berdasarkan SNI 2847-2019 Pasal 9.6.4.2 dijelaskan bahwa tulangan torsi diperlukan, tulangan transversal harus lebih besar tulangan transversal minimum

Luas satu kaki sengkang tertutup per jarak sengkang pasang

$$\frac{At}{s} = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$At = \frac{\frac{1}{4} \times 3{,}14 \times 13^2}{100}$$

$$= 1{,}32665 \text{ mm}^2/\text{mm/dua kaki}$$

Syarat tulangan transversal

Luas kaki sengkang yang berdekatan dengan sisi balok pasang

$$Asv = n \times \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$= 2 \times \frac{1}{4} \times 3{,}14 \times 13^2$$

$$= 265{,}33 \text{ mm}^2$$

Luas dua kaki sengkang tertutup pasang

$$\frac{Av}{s} = \frac{Asv}{s}$$

$$= \frac{265{,}33}{100}$$

$$= 2{,}653 \text{ mm}^2/\text{mm/dua kaki}$$

Luas tulangan transversal pasang

$$\frac{Avt}{s} = \frac{Av}{s} + \frac{2 \times At}{s}$$

$$= 2{,}653 + 2 \times 1{,}327$$

$$= 5{,}307 \text{ mm}^2/\text{mm/dua kaki}$$

Luas tulangan transversal minimum

$$\frac{Avt\ min}{s} = 0{,}062 \times \sqrt{fc'} \times \frac{bw}{fyt}$$

$$= 0{,}062 \times \sqrt{35} \times \frac{400}{420}$$

$$= 0{,}349 \text{ mm}^2/\text{mm/dua kaki}$$ **(Dipakai)**

Atau

$$\frac{Avt\ min}{s} = 0{,}35 \times \frac{bw}{fyt}$$

$$= 0{,}35 \times \frac{400}{420}$$

$$= 0{,}333 \text{ mm}^2/\text{mm/dua kaki}$$

Cek

$Avt > Avt\ min$

$5{,}307 > 0{,}349$ *(syarat tulangan transversal terpenuhi)*

Syarat tulangan longitudinal

Berdasarkan SNI 2847-2019 Pasal 9.6.4.3 dijelaskan bahwa tulangan torsi diperlukan, apabila tulangan longitudinal harus lebih besar tulangan longitudinal minimum

$$AI\ min = 0{,}42 \times \sqrt{Fc'} \times \frac{A_{cp}}{f_{yt}} - \frac{At}{s} \times Ph \times \frac{F_{yt}}{f_y}$$

$$= 0{,}42 \times \sqrt{35} \times \frac{320000}{420} - \frac{1{,}33}{100} \times 2028 \times \frac{420}{420}$$

$$= 1866\ mm^2$$

1,33

Atau

$$AI\ min = 0{,}42 \times \sqrt{Fc'} \times \frac{A_{cp}}{f_{yt}} - \frac{0{,}175 \times bw}{f_{yt}} \times Ph \times \frac{F_{yt}}{f_y}$$

$$= 0{,}42 \times \sqrt{35} \times \frac{320000}{420} - \frac{70}{420} \times 2028 \times \frac{420}{420}$$

$$= 1555\ mm^2$$

Al min dipilih yang terkecil yaitu: = $1555\ mm^2$

maka perlu dicek tulangan longitudinal masing-masing sisi samping balok apakah sudah mencukupi kebutuhan untuk tulangan torsi.

Direncanakan tulangan longitudinal torsi yaitu = 4 D 19

$$At = n \times \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$= 4 \times \frac{1}{4} \times 3{,}14 \times 19^2$$

$$= 1133{,}5\ mm^2$$

Cek syarat

At < AI min

$1133{,}5\ mm^2 < = 1555{,}1\ mm^2$ **Memenuhi**

d. Detail tulangan torsi

Berdasarkan SNI 2847-2019 Pasal 9.7.5.1 dijelaskan bahwa jik tulangan torsi diperlukan, tulangan torsi longitudinal harus didistribusikan disekeliling sisi sengkang tertutup dengan spasi tidak lebih dari 300 mm

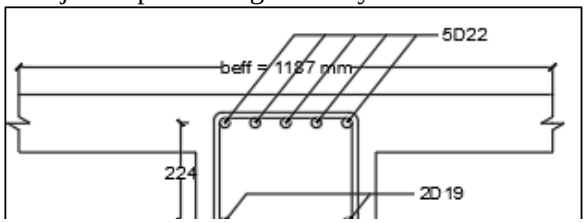
Jarak maximum spasi tulangan transversal torsi

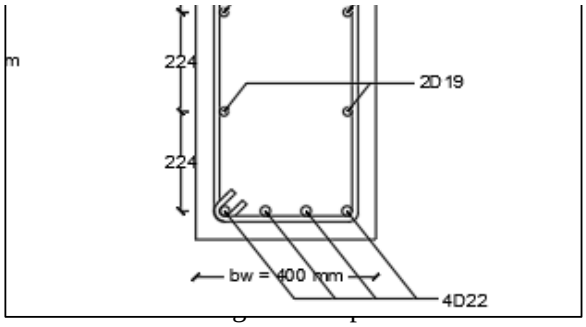
$$S\ maks = \frac{Ph}{8} \quad atau \quad 300\ mm$$

$$= \frac{2028}{8} \quad atau \quad 300\ mm$$

$$= 254\ mm \quad atau \quad 300\ mm$$

Maka dipakai jarak spasi tulangan torsi yaitu = 224 mm





Pendetailan penulangan balok

1. Panjang Penyaluran Tulangan Kondisi Tarik
   SNI 2847-2019 pasal 25.4.2.3 mensyaratkan bahwa panjang penyaluran dalam kondisi tarik harus memenuhi:
   Diketahui:

   db = 22 mm
   fc' = 35 Mpa
   fy = 420 Mpa
   Ψt = 1 *(SNI 2847-2019 tabel 25.4.2.4)*
   Ψe = 1 *(SNI 2847-2019 tabel 25.4.2.4)*
   Ψs = 1 *(SNI 2847-2019 tabel 25.4.2.4)*
   λ = 1 *(SNI 2847-2019 tabel 25.4.2.4)*
   cb = sb + D. tul geser + 1/2 D. tul utama
   = 40 + 13 + 1/2 22
   = 64 mm
   Ktr = 0 *(SNI 2847-2019 pasal 25.4.2.3)*

$$ld = \frac{fy}{1{,}1\ \lambda\sqrt{fc'}} \times \frac{\Psi t \times \Psi e \times \Psi s}{\frac{cb + k}{db}} \times db$$

$$= \frac{420}{1{,}1\ 1\sqrt{35}} \times \frac{1 \times 1 \times 1}{\frac{64 + 0}{22}} \times 22$$

   = 488,08 mm ⟶ **500** mm

   Berdasarkan SNI 2847-2019 Pasal 25.4.2.1 panjang penyaluran ld untuk batang ulir dan kawat tarik harus memenuhi:

   a. Panjang yang dihitung sesuai dengan 25.4.2.2 atau 25.4.2.3 dengan menggunakan faktor modifikasi yang berlaku pada 25.4.2.4
   b. ld min = 300 mm
      Cek syarat
      ld > ld min
      500 > 300 mm **Memenuhi**

2. Panjang Penyaluran Tulangan Kondisi Tekan
   SNI 2847-2019 pasal 25.4.9.1 mensyaratkan bahwa panjang penyaluran dalam kondisi tekan dipilih terbesar dari:
   Ψr = 1 *(SNI 2847-2019 tabel 25.4.9.3)*
   λ = 1 *(SNI 2847-2019 tabel 25.4.9.3)*

a. $ldc = \frac{0{,}24 \times fy \times \Psi r}{\lambda \times \sqrt{fc'}} \times db$

$= \frac{0{,}24 \times 420 \times 1}{1 \times \sqrt{35}} \times 22$

$= 374{,}84$ mm

Atau

b. $ldc = 0{,}043 \times fy \times \Psi r \times db$

$= 0{,}043 \times 420 \times 1 \times 22$

$= 397$ mm

Maka panjang penyaluran dalam kondisi tekan = 397 ⟶ **400** mm

Berdasarkan SNI 2847:2019 pasal 25.4.9.1 hal. 565 Panjang penyaluran ldc untuk batang ulir dan kawat ulir dalam kondisi tekan yang terbesar dari:

a. Panjang yang dihitung sesuai dengan 25.4.9.2 dengan menggunakan faktor modifikasi yang berlaku pada 25.4.2.4
b. ldc min = 200 mm

Cek syarat

ldc > ld min

400 > 200 mm **Memenuhi**

3. Panjang penyaluran kait standar tulangan tarik

$\Psi r = 0{,}8$ *(SNI 2847-2019 tabel 25.4.3.2)*

$\Psi e = 1$ *(SNI 2847-2019 tabel 25.4.3.2)*

$\Psi c = 1$ *(SNI 2847-2019 tabel 25.4.3.2)*

$\lambda = 1$ *(SNI 2847-2019 tabel 25.4.3.2)*

$ldh = \frac{0{,}24 \times fy \times \Psi e \times \Psi c \times \Psi r}{\lambda \times \sqrt{fc'}} \times db$

$= \frac{0{,}24 \times 420 \times 1 \times 1 \times 0{,}8}{1 \times \sqrt{35}} \times 22$

$= 299{,}87$ mm

Atau

$ldh = 8 \times db$

$= 8 \times 22$

$= 176$ mm

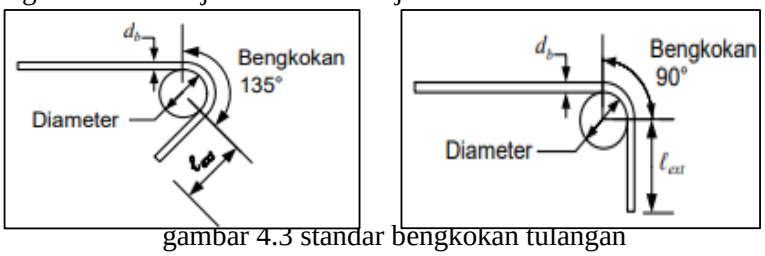
Atau

$ldh = 150$ mm

Sehingga panjang penyaluran tarik dipilih terbesar dari perhitungan ℓdh = 299,87 mm → **300** mm

3. Panjang tekuk dan perpanjangan lurus

geometri kait standar untuk penyaluran batang ulir pada kondisi tarik untuk bengkokan 90 derajad dan 135 derajad



gambar 4.3 standar bengkokan tulangan

a. Kait standar tulangan longitudinal

db	=	22	mm		
tipe kait standar	=	90	derajad		
diameter tekuk	=	6	db		
	=	132	mm	≈	250 mm
perpanjangan lurus (lext)	=	12	db		
	=	264	mm	≈	300 mm

b. Kait standar tulangan torsi

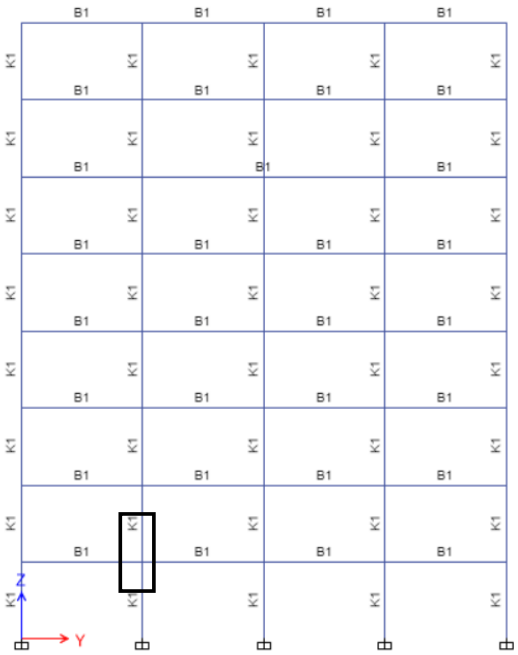
db	=	19	mm		
tipe kait standar	=	90	derajad		
diameter tekuk	=	6	db		
	=	114	mm	≈	120 mm
perpanjangan lurus (lext)	=	12	db		
	=	228	mm	≈	250 mm

c. Kait standar tulangan sengkang dan cross ties

db	=	13	mm		
tipe kait standar	=	135	derajad		
diameter tekuk	=	4	db		
	=	52	mm	≈	60 mm
perpanjangan lurus (lext)	=	6	db		
	=	78	mm	≈	80 mm

Penulangan Kolom (800 x 800mm)

Nomor joint 29



Section Properties

b (mm)	h (mm)	dc (mm)	Cover (Torsion) (mm)
800	800	65.5	27.3

Gambar 4.30 Kolom rencana C29 besement

Data - data perencanaan :

Lebar Kolom (bw)	:	800	mm
Tinggi Kolom (h)	:	800	mm
Selimut beton (sb)	:	40	mm
Mutu beton fc'	:	30	Mpa
fy ulir	:	420	Mpa
fy sengkang polos	:	280	Mpa
Modulus elastisitas baja (E	:	200000	Mpa
Diameter tul. Pokok (D)	:	25	mm
Diameter tul. Sengkang (D	:	13	mm
Tinggi Lantai (h lantai)	:	4500	mm
Tinggi Balok (h lantai)	:	700	mm
Tinggi bersih kolom (hn kc	:	3800	mm
Vu Maks	:	668,15	kN
Pu Maks	:	5243,62	kN

Dengan fc' = 30 Mpa maka digunakan β1 :

$$\beta 1 = 0{,}85 - \frac{0{,}05\,(fc' - 28)}{7}$$

$$= 0{,}85 - \frac{0{,}05(30 - 28)}{7}$$

$$= 0{,}84$$

Direncanakan kolom de 28 D 25 8 Lapis

d = h - sb - Ø Sengkan - /2 D Tulangan Utam

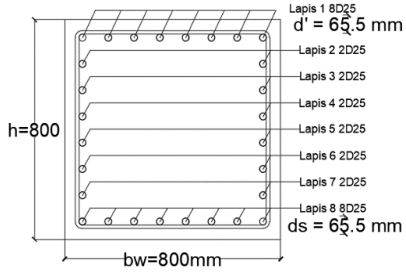
= 800 - 40 - 13 - 12,5

= 735 mm

d' = h - d

= 800 - 735

= 65,5 mm



Gambar 4.

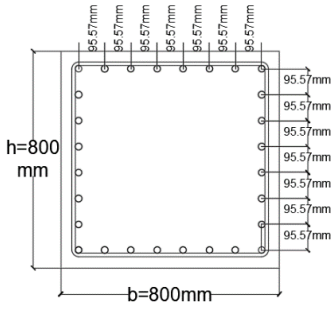
Perhitungan Jarak Antar Tulangan (X)

$$x = \frac{\text{Jarak antar tulangan tepi}}{\text{tulangan yang ditinjau -}}$$

$$= \frac{h - 2 \times d'}{\text{tulangan yang ditinjau -}}$$

$$= \frac{800 - 2 \times 65{,}5}{8 - 1}$$

$$= 95{,}57 \text{ mm}$$



Jarak Antar Tulangan

Luas penampang kolom (Ag)

$Ag = b \times h$

$= 800 \times 800$

$= 640000 \ mm^2$

Luas tulangan yang diperlukan (As perlu/Ast)

$As = n \text{ tulangan} \times 1 / 4 \times \pi \times D^2$

$= 28 \times 1 / 4 \times 3,14 \times 625$

$= 13737,50 \ mm^2$

Menurut SNI 2847 2019 Pasal 18.7.2 luas tulangan memanjang (longitudinal),

Periksa rasio tulangan memanjang (ρg)

$$\rho g = \frac{Ast}{Ag}$$

$$= \frac{13738}{640000}$$

$= 0,02$

$0,01 Ag < \rho g < 0,06 Ag$

$0,01 Ag < 0,02 < 0,06 Ag$ OK

$As \text{ minimum} = \rho \times Ag$

$= 0,01 \times 640000$

$= 6400 \ mm^2$

$As \text{ tulangan} = 1 / 4 \times \pi \times D^2$

$= 1 / 4 \times 3,14 \times 25^2$

$= 490,63 \ mm^2$

Dibutuhkan tulangan minimum $= \frac{Ag}{Ast}$

$$= \frac{6400}{490,63}$$

$= 13 \rightarrow 28$ tulangan

$As \text{ maksimum} = \rho \times Ag$

$= 0,06 \times 640000$

$= 38400 \ mm^2$

$As \text{ tulangan} = 1 / 4 \times \pi \times D^2$

$= 1 / 4 \times 3,14 \times 25^2$

$= 490,63 \ mm^2$

Dibutuhkan tulangan maksimum $= \frac{Ag}{Ast}$

$= \frac{38400}{490,63}$

$= 78,3 \rightarrow 80$ tulangan

Perhitungan luas tulangan (As) tiap baris :

Luas tulangan baris 1 (As 1) = umlah tulanga x 1 / 4 x π x D^2

$= 8 \times 1 / 4 \times 3,14 \times 25^2$

$= 3925\ mm^2$

Luas tulangan baris 2 (As 2) = umlah tulanga x 1 / 4 x π x D^2

$= 2 \times 1 / 4 \times 3,14 \times 25^2$

$= 981\ mm^2$

Luas tulangan baris 3 (As 3) = umlah tulanga x 1 / 4 x π x D^2

$= 2 \times 1 / 4 \times 3,14 \times 25^2$

$= 981\ mm^2$

Luas tulangan baris 4 (As 4) = umlah tulanga x 1 / 4 x π x D^2

$= 2 \times 1 / 4 \times 3,14 \times 25^2$

$= 981\ mm^2$

Luas tulangan baris 5 (As 5) = umlah tulanga x 1 / 4 x π x D^2

$= 2 \times 1 / 4 \times 3,14 \times 25^2$

$= 981\ mm^2$

Luas tulangan baris 6 (As 6) = umlah tulanga x 1 / 4 x π x D^2

$= 2 \times 1 / 4 \times 3,14 \times 25^2$

$= 981\ mm^2$

Luas tulangan baris 7 (As7) = umlah tulanga x 1 / 4 x π x D^2

$= 2 \times 1 / 4 \times 3,14 \times 25^2$

$= 981\ mm^2$

Luas tulangan baris 8 (As 8) = umlah tulanga x 1 / 4 x π x D^2

$= 8 \times 1 / 4 \times 3,14 \times 25^2$

$= 3925\ mm^2$

A. Kondisi Sentris

Beban sentris (Po)

$Po = 0,85 \times Fc' \times (Ag - Ast) + Fy \times Ast$

$= 0,85 \times 30 \times (640000 - 13738) + 420 \times 13738$

= 21739443,75 N
= 21739,44 Kn

Pn = 0,8 x Po
= 0,8 x 21739,44
= 17391,6 Kn

ØPn = 0,65 x Pn
= 0,65 x 17391,56
= 11304,5108 Kn

C. Kondisi Seimba

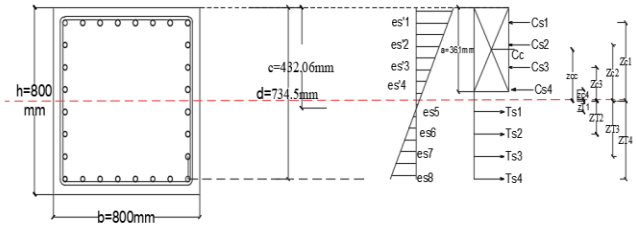
Fy = 420 Mpa

$$cb = \frac{600 \times d}{600 + Fy}$$

$$cb = \frac{600 \times 735}{600 + 420}$$

= 432 mm

a = c x β1
= 432 x 0,84
= 361 mm



Gambar 1. Diagram tegangan dan regangan kolom kondisi seimbang

1. Menghitung Regangan Tulangan

$$ey = \frac{Fy}{Es}$$

$$= \frac{420}{200000}$$

= 0

$$e's1 = \frac{cb - d'}{cb} \times ec$$

$$= \frac{432 - 65,5}{432,06} \times 0$$

= 0,0025 > ey 0 → Maka dipakai nilai fy ulir

$$e's2 = \frac{cb - d' + x}{cb} \times ec$$

$$= \frac{432 - 65,5 + 95,6}{432,06} \times 0$$

$$= 0,0019 < ey \quad 0 \rightarrow \text{Maka dipakai nilai fs'}$$

$$e's3 = \frac{cb - d' + 2 \times x}{cb} \times ec$$

$$= \frac{432 - 65,5 + 2 \times 95,6}{432,06} \times 0$$

$$= 0,0012 < ey \quad 0 \rightarrow \text{Maka dipakai nilai fs'}$$

$$e's4 = \frac{cb - d' + 3 \times x}{cb} \times ec$$

$$= \frac{432 - 65,5 + 3 \times 95,57}{432,06} \times 0$$

$$= 0,0006 < ey \quad 0 \rightarrow \text{Maka dipakai nilai fs'}$$

$$es1 = \frac{d' + 4 \times x - cb}{cb} \times ec$$

$$= \frac{65,5 + 4 \times 95,6 - 432}{432,06} \times 0$$

$$= 0,0001 < ey \quad 0 \rightarrow \text{Maka dipakai nilai fs'}$$

$$es2 = \frac{d' + 5 \times x - cb}{cb} \times ec$$

$$= \frac{65,5 + 5 \times 95,6 - 432}{432,06} \times 0$$

$$= 0,00077 < ey \quad 0 \rightarrow \text{Maka dipakai nilai fs'}$$

$$es3 = \frac{d' + 6 \times x - cb}{cb} \times ec$$

$$= \frac{65,5 + 6 \times 95,6 - 432}{432,06} \times 0$$

$$= 0,0014 > ey \quad 0 \rightarrow \text{Maka dipakai nilai fs'}$$

$$es4 = \frac{d' + 7 \times x - cb}{cb} \times ec$$

$$= \frac{65,5 + 7 \times 95,57 - 432}{432,06} \times 0$$

$$= 0,0021 > ey \quad 0 \rightarrow \text{Maka dipakai nilai fy uli}$$

2. Menghitung Tegangan pada Tulangan

fs'1 = fy ulir

= 420 Mpa

fs'2 = e's2 x Es
= 0 x 200000
= 376,32 Mpa

fs'3 = e's3 x Es
= 0 x 200000
= 243,60 Mpa

fs'4 = e's4 x Es
= 0,0006 x 200000
= 110,880 Mpa

fs5 = e's5 x Es
= 0,0001 x 200000
= 21,84 Mpa

fs6 = e's6 x Es
= 0,0008 x 200000
= 154,56 Mpa

fs7 = e's7 x Es
= 0,0014 x 200000
= 287,28 Mpa

fs8 = fy ulir
= 420 Mpa

3. Menghitung Gaya Tekan dan Tarik

NCc = 0,85 x fc' x ab x b
= 0,85 x 30 x 361 x 800
= 7365986 N
= 7365,986 Kn

NC1 = As1 x fs'1
= 3925,0 x 420
= 1648500 N
= 1648,500 Kn

NC2 = As2 x fs'2
= 981,25 x 376,32
= 369264 N
= 369,264 Kn

NC3 = As3 x fs'3
= 981,25 x 243,60
= 239033 N
= 239,033 Kn

NC4 = As4 x fs'4
= 981,25 x 110,88
= 108801 N
= 108,801 Kn

NT1 = As5 x fs'5
= 981,25 x 21,84
= 21430,4 N
= 21,430 Kn

NT2 = As6 x fs'6
= 981,25 x 154,56
= 151662 N
= 151,662 Kn

NT3 = As7 x fs'7
= 981,25 x 287,28
= 281893 N
= 281,893 Kn

NT4 = As8 x fs'8
= 3925,0 x 420,00
= 1648500 N
= 1648,500 Kn

4. Menghitung Jarak Gaya Terhadap h/2

h/2 = 400

ZCc = h / 2 - ab / 2
= 400 - 180,54
= 219,46 mm

ZC1 = h / 2 - d'
= 400 - 65,5
= 334,50 mm

ZC2 = h / 2 - d' - x
= 400 - 65,5 - 95,6
= 238,93 mm

ZC3 = h / 2 - d' - 2 x x
= 400 - 65,5 - 2 x 95,6
= 143,36 mm

ZC4 = h / 2 - d' - 3 x x
= 400 - 65,5 - 3 x 95,57
= 47,786 mm

ZT1 = d' + 4 x x - h / 2
= 65,5 + 4 x 95,6 - 400
= 47,79 mm

ZT2 = d' + 5 x x - h / 2
= 65,5 + 5 x 95,6 - 400
= 143,36 mm

ZT3 = d' + 6 x x - h / 2
= 65,5 + 6 x 95,6 - 400
= 238,93 mm

ZT4 = d' + 7 x x - h / 2
= 65,5 + 7 x 95,57 - 400
= 334,50 mm

5. Menghitung Pub pada kondisi seimbang

Pnb = NCc + NC1 + NC2 + NC3 + NC4 - ∀T1 - ∀T2 - ∀T3 - ∀T4

= 7366 + 1649 + 369,264 + 239,0 + 108,801 - 21,4 - 151,662 - 281,9 - 1648,5
= 7628,1 Kn

6. Menghitung ϕPnb pada Kondisi Seimbang

ϕPnb = 0,65 x Pnb
= 0,65 x 7628,1
= 4958,3 Kn

7. Menghitung Momen Nominal (Mnb) pada kondisi seimbang

MCc = NCc x ZCc
= 7366,0 x 219,5
= 1616548 Knmm
= 1616,548 Knm

MC1 = NC1 x ZC1
= 1648,50 x 334,5
= 551423 Knmm
= 551,423 Knm

MC2 = NC2 x ZC2
= 369,264 x 238,9
= 88227,8 Knmm
= 88,228 Knm

MC3 = NC3 x ZC3
= 239,033 x 143,4
= 34267,03 Knmm
= 34,267 Knm

MC4 = NC4 x ZC4
= 108,801 x 47,79
= 5199,138 Knmm
= 5,199 Knm

MT1 = NT1 x ZT1
= 21,430 x 47,79
= 1024,068 Knmm
= 1,024 Knm

MT2 = NT2 x ZT2
= 151,662 x 143,4
= 21741,82 Knmm
= 21,742 Knm

MT3 = NT3 x ZT3
= 281,893 x 238,9
= 67352,41 Knmm
= 67,352 Knm

MT4 = NT4 x ZT4
= 1648,500 x 334,5
= 551423,3 Knmm
= 551,423 Knm

Mn total = MCc + MC1 + MC2 + MC3 + MC4
+ MT1 + MT2 + MT3 + MT4
= 1616,548 + 551,423 + 88,228 + 34,27
+ 5,199 + 1,024 + 21,742 + 67,35
+ 551,423
= 2937,21 Knm

ϕMnb = 0,65 x Mnb Total
= 0,65 x 2937,21
= 1909,18410

$$eb = \frac{Mnb}{Pnb}$$

$$= \frac{1909,18}{4958,26}$$

= 0,385 m
= 385,051 mm

D. Kondisi Seimbang (1,25 x

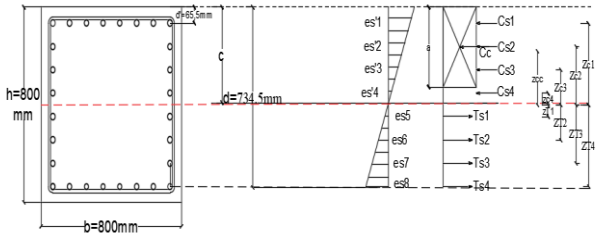
1,25 x Fy = 1,25 x 420
= 525 Mpa

$$cb = \frac{600 \times d}{600 + Fy}$$

$$cb = \frac{600 \times 735}{600 + 525}$$

= 392 mm

a = cb x β1
= 392 x 0,84
= 327,38 mm



Gambar 1. Diagram tegangan dan regangan kolom kondisi seimbang 1,25 fy

1. Menghitung Regangan Tulangan

$$ey = \frac{Fy}{Es}$$

$$= \frac{525}{200000}$$

= 0,0026

$$e's1 = \frac{cb - d'}{cb} \times ec$$

$$= \frac{392 - 65,5}{391,73} \times 0$$

= 0,0025 < ey 0,0026 → Maka dipakai nilai fs

$$e's2 = \frac{cb - d' + x}{cb} \times ec$$

$$= \frac{392 - 65,5 + 95,6}{391,73} \times 0$$

= 0,0018 < ey 0,0026 → Maka dipakai nilai fs

$$e's3 = \frac{cb - d' + 2 \times x}{cb} \times ec$$

$$= \frac{392 - 65,5 + 2 \times 95,6}{391,73} \times 0$$

$= 0,0010 < ey \quad 0 \rightarrow$ Maka dipakai nilai fs

$$e's4 = \frac{cb - d' + 3 \times x}{cb} \times ec$$

$$= \frac{392 - 65,5 + 3 \times 95,57}{391,73} \times 0$$

$= 0,0003 < ey \quad 0,0026 \rightarrow$ Maka dipakai nilai fs

$$e's5 = \frac{d' + 4 \times x - cb}{cb} \times ec$$

$$= \frac{65,5 + 4 \times 95,6 - 392}{391,73} \times 0$$

$= 0,0004 < ey \quad 0 \rightarrow$ Maka dipakai nilai fs

$$e's6 = \frac{d' + 5 \times x - cb}{cb} \times ec$$

$$= \frac{65,5 + 5 \times 95,6 - 392}{391,73} \times 0$$

$= 0,0012 < ey \quad 0 \rightarrow$ Maka dipakai nilai fs

$$e's7 = \frac{d' + 6 \times x - cb}{cb} \times ec$$

$$= \frac{65,5 + 6 \times 95,6 - 392}{391,73} \times 0$$

$= 0,0019 > ey \quad 0,0026 \rightarrow$ Maka dipakai nilai fs

$$e's8 = \frac{d' + 7 \times x - cb}{cb} \times ec$$

$$= \frac{65,5 + 7 \times 95,57 - 392}{391,73} \times 0$$

$= 0,0026 > ey \quad 0,0026 \rightarrow$ Maka dipakai nilai Fy

2. Menghitung Tegangan pada Tulangan

$fs'1 = e's1 \times Es$

$= 0,0025 \times 200000$

$= 499,68$ Mpa

$fs'2 = e's2 \times Es$

$= 0 \times 200000$

$= 353,29$ Mpa

$fs'3 = e's3 \times Es$

$= 0 \times 200000$

$= 206,91$ Mpa

fs'4 = e's4 x Es
= 0,0003 x 200000
= 60,530 Mpa

fs'5 = e's5 x Es
= 0,0004 x 200000
= 85,853 Mpa

fs'6 = e's6 x Es
= 0,0012 x 200000
= 232,24 Mpa

fs'7 = e's7 x Es
= 0,0019 x 200000
= 378,62 Mpa

fs'8 = fy ulir
= 525 Mpa

3. Menghitung Gaya Tekan dan Tarik

NCc = 0,85 x fc' x ab x b
= 0,85 x 30 x 327 x 800
= 6678494 N
= 6678,49 Kn

NC1 = As1 x fs'1
= 3925,0 x 499,68
= 1961231 N
= 1961,23 Kn

NC2 = As2 x fs'2
= 981,3 x 353,3
= 346670 N
= 346,670 Kn

NC3 = As3 x fs'3
= 981,3 x 206,9
= 203032 N
= 203,032 Kn

NC4 = As4 x fs'4
= 981,3 x 60,53
= 59394,6 N
= 59,395 Kn

NT1 = As5 x fs'5
= 981,3 x 85,85

= 84243,1 N
= 84,243 Kn

NT2 = As6 x fs'6
= 981,3 x 232,2
= 227881 N
= 227,881 Kn

NT3 = As7 x fs'7
= 981,3 x 378,6
= 371519 N
= 371,519 Kn

NT4 = As8 x fs'8
= 3925 x 525,0
= 2060625 N
= 2060,63 Kn

4. Menghitung Jarak Gaya Terhadap h/2

h/2 = 400

ZCc = h / 2 - ab / 2
= 400 - 163,7
= 236,3 mm

ZC1 = h / 2 - d'
= 400 - 65,5
= 334,5 mm

ZC2 = h / 2 - d' - x
= 400 - 65,5 - 95,6
= 238,9 mm

ZC3 = h / 2 - d' - 2 x x
= 400 - 65,5 - 2 x 95,6
= 143,4 mm

ZC4 = h / 2 - d' - 3 x x
= 400 - 65,5 - 3 x 95,57
= 47,79 mm

ZT1 = d' + 4 x x - h / 2
= 65,5 + 4 x 95,6 - 400
= 47,79 mm

ZT2 = d' + 5 x x - h / 2
= 65,5 + 5 x 95,6 - 400
= 143,4 mm

ZT3 = d' + 6 x x - h / 2
= 65,5 + 6 x 95,6 - 400
= 238,9 mm

ZT4 = d' + 7 x x - h / 2
= 65,5 + 7 x 95,57 - 400
= 334,5 mm

5. Menghitung Pub pada kondisi seimbang
Pnb = NCc + NC1 + NC2 + NC3 + NC4 - NT1 - NT2 - NT3 - NT4
= 6678,49 + 1961,23 + 346,670 + 203,0 + 59,395 - 84,243 - 227,881 - 371,519 - 2060,63
= 6504,55 Kn

6. Menghitung ϕPnb pada Kondisi Seimbang
ϕPnb = 0,65 x Pnb
= 0,65 x 6504,55
= 4227,96 Kn

7. Menghitung Momen Nominal (Mnb) pada kondisi seimbang
MCc = NCc x ZCc
= 6678,49 x 236,3
= 1578204 Knmm
= 1578,20 Knm

MC1 = NC1 x ZC1
= 1961,23 x 334,5
= 656032 Knmm
= 656,032 Knm

MC2 = NC2 x ZC2
= 346,670 x 238,9
= 82829,4 Knmm
= 82,829 Knm

MC3 = NC3 x ZC3
= 203,032 x 143,4
= 29106,1 Knmm
= 29,106 Knm

MC4 = NC4 x ZC4
= 59,395 x 47,79
= 2838,21 Knmm

= 2,838 Knm

MT1 = NT1 x ZT1
= 84,243 x 47,79
= 4025,62 Knmm
= 4,026 Knm

MT2 = NT2 x ZT2
= 227,881 x 143,4
= 32668,3 Knmm
= 32,668 Knm

MT3 = NT3 x ZT3
= 371,519 x 238,9
= 88766,4 Knmm
= 88,766 Knm

MT4 = NT4 x ZT4
= 2060,63 x 334,5
= 689279 Knmm
= 689,279 Knm

Mn total = MCc + MC1 + MC2 + MC3 + MT1
+ MT2 + MT3
= 1578,20 + 656,032 + 82,829 + 29,11
+ 2,838 + 4,026 + 32,668 + 88,77
+ 689,279
= 3163,75 Knm

ϕMnb = 0,65 x Mnb Total
= 0,65 x 3163,75
= 2056

$$eb = \frac{Mnb}{Pnb}$$

$$= \frac{2056,44}{4227,96}$$

= 0,486 m
= 486,4 mm

C. Kondisi Patah Desak (c >

Fy = 420 Mpa

$$cb = \frac{600 \times d}{600 + Fy}$$

$$cb = \frac{600 \times 735}{600 + 420}$$

= 432 mm

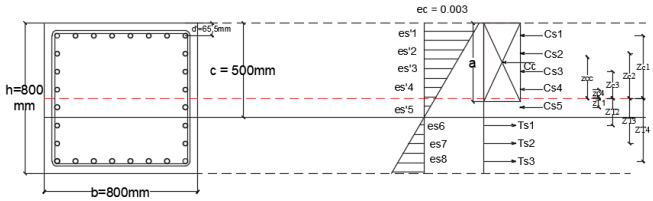
Karena kondisi patah desak c > cb, maka digunakan nilai c sebagai berikut :

c = 500

a = c x β1

= 500 x 0,84

= 418 mm



Gambar 1. Diagram tegangan dan regangan kolom kondisi patah desak

1. Menghitung Regangan Tulangan

$$ey = \frac{Fy}{Es}$$

$$= \frac{420}{200000}$$

$$= 0$$

$$e's1 = \frac{cb - d'}{cb} \times ec$$

$$= \frac{500,0 - 65,5}{500,00} \times 0$$

= 0,00261 > ey 0 → Maka dipakai nilai fy uli

$$e's2 = \frac{cb - d' + x}{cb} \times ec$$

$$= \frac{500 - 65,5 + 95,6}{500,00} \times 0$$

= 0,00203 < ey 0 → Maka dipakai nilai fs

$$e's3 = \frac{cb - d' + 2 \times x}{cb} \times ec$$

$$= \frac{500 - 65,5 + 2 \times 95,6}{500,00} \times 0$$

= 0,00146 < ey 0 → Maka dipakai nilai fs'

$$e's4 = \frac{cb - d' + 3 \times x}{cb} \times ec$$

$$= \frac{500 - 65,5 + 3 \times 95,57}{500,00} \times 0$$

$$= 0,00089 < ey \; 0 \rightarrow \text{Maka dipakai nilai fs}$$

$$e's5 = \frac{cb - d' + 4 \times x}{cb} \times ec$$

$$= \frac{500 - 65,5 + 4 \times 95,57}{500,00} \times 0$$

$$= 0,00031 < ey \; 0 \rightarrow \text{Maka dipakai nilai fs}$$

$$e's6 = \frac{d' + 5 \times x - cb}{cb} \times ec$$

$$= \frac{65,5 + 5 \times 95,6 - 500}{500,00} \times 0$$

$$= 0,00026 < ey \; 0 \rightarrow \text{Maka dipakai nilai fs}$$

$$e's7 = \frac{d' + 6 \times x - cb}{cb} \times ec$$

$$= \frac{65,5 + 6 \times 95,6 - 500}{500,00} \times 0$$

$$= 0,00083 < ey \; 0 \rightarrow \text{Maka dipakai nilai fs}$$

$$e's8 = \frac{d' + 7 \times x - cb}{cb} \times ec$$

$$= \frac{65,5 + 7 \times 95,57 - 500}{500,00} \times 0$$

$$= 0,00141 < ey \; 0 \rightarrow \text{Maka dipakai nilai fs'}$$

2. Menghitung Tegangan pada Tulangan

fs'1 = fy ulir
= 420 Mpa

fs'2 = e's2 x Es
= 0,00203 x 200000
= 406,714 Mpa

fs'3 = e's3 x Es
= 0,00146 x 200000
= 292,029 Mpa

fs'4 = e's4 x Es
= 0,0009 x 200000
= 177,343 Mpa

fs'5 = e's5 x Es
= 0,0003 x 200000
= 62,657 Mpa

fs'6 = e's6 x Es
= 0,00026 x 200000
= 52,029 Mpa

fs'7 = e's7 x Es
= 0,00083 x 200000
= 166,714 Mpa

fs'8 = e's8 x Es
= 0,00141 x 200000
= 281,400 Mpa

3. Menghitung Gaya Tekan dan Tarik

NCc = 0,85 x fc' x ab x b
= 0,85 x 30 x 418 x 800
= 8524286 N
= 8524,29 Kn

NC1 = As1 x fs'1
= 3925 x 420
= 1648500 N
= 1648,50 Kn

NC2 = As2 x fs'2
= 981,3 x 406,7
= 399088 N
= 399,088 Kn

NC3 = As3 x fs'3
= 981,3 x 292,0
= 286553 N
= 286,553 Kn

NC4 = As4 x fs'4
= 981,3 x 177,3
= 174018 N
= 174,018 Kn

NC5 = As5 x fs'5
= 981,3 x 62,66
= 6E+04 N
= 61,482 Kn

NT1 = As6 x fs'6
= 981,3 x 52,03
= 51053 N
= 51,053 Kn

NT2 = As7 x fs'7
= 981,3 x 166,7
= 163588 N
= 163,588 Kn

NT3 = As8 x fs'8
= 3925 x 281,4
= 1104495 N
= 1104,50 Kn

4. Menghitung Jarak Gaya Terhadap h/2

h/2 = 400

ZCc = h / 2 - ab / 2
= 400 - 208,9
= 191,1 mm

ZC1 = h / 2 - d'
= 400 - 65,5
= 334,5 mm

ZC2 = h / 2 - d' - x
= 400 - 65,5 - 95,6
= 238,9 mm

ZC3 = h / 2 - d' - 2 x x
= 400 - 65,5 - 2 x 95,6
= 143,4 mm

ZC4 = h / 2 - d' - 3 x x
= 400 - 65,5 - 3 x 95,57
= 47,79 mm

ZT1 = d' + 4 x x - h / 2
= 65,5 + 4 x 95,6 - 400
= 47,79 mm

ZT2 = d' + 5 x x - h / 2
= 65,5 + 5 x 95,6 - 400
= 143,4 mm

ZT3 = d' + 6 x x - h / 2
= 65,5 + 6 x 95,6 - 400
= 238,9 mm

ZT4 = d' + 7 x x - h / 2
= 65,5 + 7 x 95,57 - 400
= 334,5 mm

5. Menghitung Pub pada kondisi seimbang

Pnb = NCc + NC1 + NC2 + NC3 + NC4 + NC5 - NT1 - NT2 - NT3
= 8524,29 + 1648,50 + 399,088 + 286,6 + 174,0 + 61,482 - 51,053 - 163,6 - 1104,50
= 9774,79 Kn

6. Menghitung ϕPnb pada Kondisi Seimbang

ϕPnb = 0,65 x Pnb
= 0,65 x 9774,79
= 6353,61 Kn

7. Menghitung Momen Nominal (Mnb) pada kondisi seimbang

MCc = NCc x ZCc
= 8524,29 x 191
= 1628747 Knmm
= 1628,75 Knm

MC1 = NC1 x ZC1
= 1648,50 x 334,5
= 551423 Knmm
= 551,423 Knm

MC2 = NC2 x ZC2
= 399,088 x 238,9
= 95353,6 Knmm
= 95,354 Knm

MC3 = NC3 x ZC3
= 286,553 x 143,4
= 41079,4 Knmm
= 41,079 Knm

MC4 = NC4 x ZC4
= 174,018 x 47,79
= 8315,56 Knmm

= 8,316 Knm

MC5 = NC5 x ZC5
= 61,482 x 47,79
= 2937,98 Knmm
= 2,938 Knm

MT1 = NT1 x ZT1
= 51,053 x 143,4
= 7318,82 Knmm
= 7,319 Knm

MT2 = NT2 x ZT2
= 163,588 x 238,9
= 39085,9 Knmm
= 39,086 Knm

MT3 = NT3 x ZT3
= 1104,50 x 334,5
= 369454 Knmm
= 369,454 Knm

Mn total = MCc + MC1 + MC2 + MC3 + MC4 + MC5 + MT1 + MT2 + MT3
= 1628,75 + 551,423 + 95,354 + 41,08 + 8,316 + 2,938 + 7,319 + 39,09 + 369,454
= 2743,72 Knm

ϕMnb = 0,65 x Mnb Total
= 0,65 x 2743,72
= 1783

$$eb = \frac{Mnb}{Pnb}$$

$$= \frac{1783,42}{6353,61}$$

= 0,281 m
= 280,7 mm

D. Kondisi Patah Tarik (c <

Fy = 420 Mpa

$$cb = \frac{600 \times d}{600 + Fy}$$

$$cb = \frac{600 \times 735}{600 + 420} = 432 \text{ mm}$$

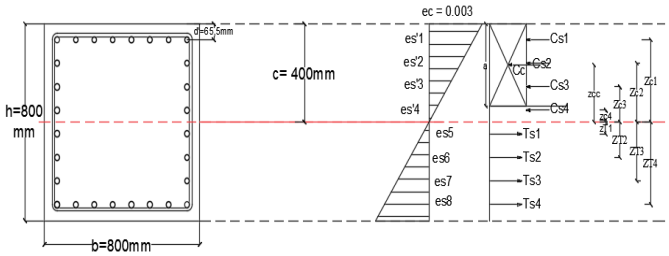
Karena kondisi patah tarik c < cb, maka digunakan nilai c sebagai berikut :

c = 400

a = c x β1

= 400 x 0,84

= 334 mm



Gambar 1. Diagram tegangan dan regangan kolom kondisi patah desak

1. Menghitung Regangan Tulangan

$$ey = \frac{Fy}{Es}$$

$$= \frac{420}{200000}$$

$$= 0{,}0021$$

$$e's1 = \frac{cb - d'}{cb} \times ec$$

$$= \frac{400{,}0 - 65{,}5}{400{,}00} \times 0$$

$$= 0{,}003 > ey \quad 0 \rightarrow \text{aka dipakai nilai fy u}$$

$$e's2 = \frac{cb - d' + x}{cb} \times ec$$

$$= \frac{400 - 65{,}5 + 95{,}6}{400{,}00} \times 0$$

$$= 0{,}002 < ey \quad 0 \rightarrow \text{Maka dipakai nilai fs}$$

$$e's3 = \frac{cb - d' + 2x}{cb} \times ec$$

$$= \frac{400 - 65{,}5 + 2 \times 95{,}57}{400{,}00} \times 0$$

$$= 0{,}001 < ey \quad 0 \rightarrow \text{Maka dipakai nilai fs}$$

$$e's4 = \frac{cb - d' + 3x}{cb} \times ec$$

$$= \frac{400 - 65{,}5 + 3 \times 95{,}57}{400{,}00} \times 0$$

$$= 0{,}00036 < ey \quad 0 \rightarrow \text{Maka dipakai nilai fs}$$

$$e's5 = \frac{d' + 4x - cb}{cb} \times ec$$

$$= \frac{65{,}5 + 4 \times 95{,}6 - 400}{400{,}00} \times 0$$

$$= 0{,}00036 < ey \quad 0 \rightarrow \text{Maka dipakai nilai fs}$$

$$e's6 = \frac{d' + 5x - cb}{cb} \times ec$$

$$= \frac{65{,}5 + 5 \times 95{,}6 - 400}{400{,}00} \times 0$$

$$= 0{,}00108 > ey \quad 0 \rightarrow \text{Maka dipakai nilai fs'}$$

$$e's7 = \frac{d' + 6x - cb}{cb} \times ec$$

$$= \frac{65{,}5 + 6 \times 95{,}6 - 400}{400{,}00} \times 0$$

$$= 0{,}00179 > ey \quad 0 \rightarrow \text{Maka dipakai nilai fs}$$

$$e's8 = \frac{d' + 7x - cb}{cb} \times ec$$

$$= \frac{65{,}5 + 7 \times 95{,}57 - 400}{400{,}00} \times 0{,}003$$

$$= 0{,}00251 > ey \quad 0 \rightarrow \text{Maka dipakai nilai fy ulir}$$

2. Menghitung Tegangan pada Tulangan

$fs'1 = fy\ ulir$

$= 420\ Mpa$

$fs'2 = e's2 \times Es$

$= 0{,}00179 \times 200000$

$= 358{,}393\ Mpa$

$fs'3 = e's3 \times Es$

$= 0 \times 200000$

$= 215{,}036\ Mpa$

fs'4 = e's4 x Es
= 0,00036 x 200000
= 71,679 Mpa

fs'5 = e's5 x Es
= 0,00036 x 200000
= 71,679 Mpa

fs'6 = e's6 x Es
= 0,00108 x 200000
= 215,036 Mpa

fs'7 = e's7 x Es
= 0,00179 x 200000
= 358,393 Mpa

fs'8 = Fy ulir
= 420 Mpa

3. Menghitung Gaya Tekan dan Tarik

NCc = 0,85 x fc' x ab x b
= 0,85 x 30 x 334 x 800
= 6819429 N
= 6819,43 Kn

NC1 = As1 x fs'1
= 3925 x 420
= 1648500 N
= 1648,50 Kn

NC2 = As2 x fs'2
= 981,25 x 358,393
= 351673 N
= 351,673 Kn

NC3 = As3 x fs'3
= 981,3 x 215,0
= 211004 N
= 211,004 Kn

NC4 = As4 x fs'4
= 981,3 x 71,68
= 70334,6 N
= 70,335 Kn

NT1 = As5 x fs'5
= 981,3 x 71,68
= 70334,6 N
= 70,335 Kn

NT2 = As6 x fs'6
= 981,3 x 215,0
= 211004 N
= 211,004 Kn

NT3 = As7 x fs'7
= 981,3 x 358,4
= 351673 N
= 351,673 Kn

NT4 = As8 x fs'8
= 3925 x 420,0
= 1648500 N
= 1648,50 Kn

4. Menghitung Jarak Gaya Terhadap h/2

h/2 = 400

ZCc = h / 2 - ab / 2
= 400 - 167,143
= 232,857 mm

ZC1 = h / 2 - d'
= 400 - 65,5
= 334,500 mm

ZC2 = h / 2 - d' + x
= 400 - 65,5 + 95,6
= 238,929 mm

ZC3 = h / 2 - d' + 2 x
= 400 - 65,5 + 2 x 95,57
= 143,36 mm

ZC4 = h / 2 - d' + 3 x
= 400 - 65,5 + 3 x 95,57
= 47,79 mm

ZT1 = d' + 4 x x - h / 2
= 65,5 + 4 x 95,6 - 400
= 47,79 mm

ZT2 = d' + 5 x x - h / 2
= 65,5 + 5 x 95,6 - 400
= 143,357 mm

ZT3 = d' + 6 x x - h / 2
= 65,5 + 6 x 95,6 - 400
= 238,929 mm

ZT4 = d' + 7 x x - h / 2
= 65,5 + 7 x 95,57 - 400
= 334,500 mm

5. Menghitung Pub pada kondisi seimbang

Pnb = NCc + NC1 + NC2 + NC3 + NC4
- NT1 - NT2 - NT3 - NT4
= 6819,43 + 1648,50 + 351,673 + 211,004
+ 70,33 - 70,335 - 211,004 - 351,673
- 1648,50
= 6819,43 Kn

6. Menghitung ϕPnb pada Kondisi Seimbang

ϕPnb = 0,65 x Pnb
= 0,65 x 6819,43
= 4432,63 Kn

7. Menghitung Momen Nominal (Mnb) pada kondisi seimbang

MCc = NCc x ZCc
= 6819,43 x 232,857
= 1587952,65 Knmm
= 1587,95 Knm

MC1 = NC1 x ZC1
= 1648,50 x 334,500
= 551423,250 Knmm
= 551,423 Knm

MC2 = NC2 x ZC2
= 351,673 x 238,929
= 84024,725 Knmm
= 84,025 Knm

MC3 = NC3 x ZC3
= 211,004 x 143,357
= 30248,901 Knmm
= 30,249 Knm

MC4 = NC4 x ZC4
= 70,335 x 47,786
= 3360,989 Knmm
= 3,361 Knm

MT1 = NT1 x ZT1
= 70,335 x 47,786
= 3360,989 Knmm
= 3,361 Knm

MT2 = NT2 x ZT2
= 211,004 x 143,357
= 30248,901 Knmm
= 30,249 Knm

MT3 = NT3 x ZT3
= 351,673 x 238,929
= 84024,725 Knmm
= 84,025 Knm

MT4 = NT4 x ZT4
= 1648,50 x 334,500
= 551423,250 Knmm
= 551,423 Knm

Mn total = MCc + MC1 + MC2 + MC3 + MC4
+ MT1 + MT2 + MT3 + MT4
= 1587,95 + 551,423 + 84,025 + 30,25
+ 3,361 + 3,361 + 30,249 + 84,02
+ 551,423
= 2926,07 Knm

ϕMnb = 0,65 x Mnb Total
= 0,65 x 2926,07
= 1902

$eb = \frac{Mnb}{Pnb}$

$= \frac{1901,94}{4432,63}$

= 0,429 m
= 429,1 mm

F. Kondisi Lentur Murni

Dicoba Pemasangan Tulangan Sebagai Berikut :

Tulangan Tarik (As) As 20 D 25 = 9812,50

Tulangan Tekan (As') As 8 D 25 = 3925,00

$$d = h - sb - \text{D sengkang} - 1/2 \text{ D tulangan utama}$$
$$= 800 - 40 - 13 - 1/2 \times 25$$
$$= 735 \text{ mm}$$

$$d' = h - d$$
$$= 800 - 735$$
$$= 65,5 \text{ mm}$$

Dimisalkan Garis Netral (c) dihitung berdasarkan d' < c < y2. Maka Garis Netral Dicari

$$Cc + Cs = Ts$$

$$0,85 \times fc' \times a \times b + As' \times fs' = As \times fy \text{ ulir}$$

Subtitusi nilai $\frac{fs'}{\varepsilon c} = \left(\frac{c - d'}{c}\right) \times Es$

$$fs' = \left(\frac{c - d'}{c}\right) \times \varepsilon c \times Es$$

$$fs' = \left(\frac{c - d'}{c}\right) \times 0 \times 200000$$

$$fs' = \left(\frac{c - d'}{c}\right) \times 600$$

$$\left(0,85 \times fc' \times a \times b\right) + \left(As' \times \frac{c - d'}{c}\right) \times 600$$

$$= As1 \times fy \text{ ulir}$$

$$\left(0,85 \times Fc' \times a \times b\right) \times c + 600 \times As' \times c - 600 \times d' \times As' = As1 \times fy \text{ ulir} \times c$$

Distribusi a = β1 c

$$\left(0,85 \times Fc' \times \beta 1 \times c\right) \times b \times c + 600\ As' \times c - 600 \times d' \times As' = As1 \times Fy \text{ ulir} \times c$$

$$0,85 \times Fc' \times \beta 1\ c^2 \times b + 600\ As' \times c - 600 \times d' \times As' = 9813 \times 420 \times c$$

$$0,85 \times 30 \times 0,84 \times c^2 \times 800 + 600 \times 3925 \times c - 600 \times 65,5 \times 3925 = 9813 \times 420$$

17049 c^2 + 2355000 c - 154252500 = 4121250 c

17049 c^2 + 2355000 c - 4121250 c - 154252500 = 0

17049 c^2 - 1766250 c - 154252500 = 0

ihitung dengan rumus AB

$$c = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \qquad \left(154252500 \right)$$

$$c = \frac{1766250 \pm \sqrt{1766250{,}0^2 - 4 \times 17049 \times -}}{2 \times 17048{,}5714}$$

$$c+ = \frac{1766250{,}0 + \sqrt{13638778119642{,}9}}{34097{,}1}$$

= 160

$$c- = \frac{1766250{,}00 - \sqrt{13638778119642{,}90}}{34097{,}1}$$

= -56,5

$\left(17048{,}6 \times 25635\right) - \left(1766250{,}00 \times 160 \right) - \left(154252500 \right)$ = 0

0,00 = 0

Maka, dipakai ni = 160

Cek asum d' < c < y2

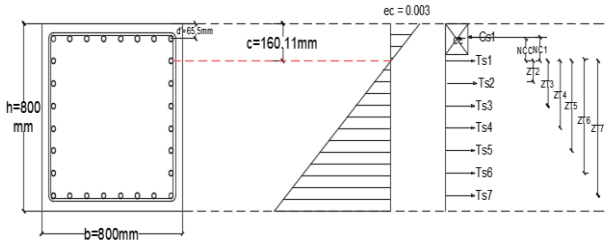
65,5 < 160 < 186,07 **OK**

Dari nilai c (garis netral) ternyata lebih besar dari d', maka dilanjutkan menghitung nilai a :

a = β1 x c

= 0,84 x 160

= 134 mm



Gambar4.28 Diagram tegangan dan regangan kolom kondisi lentur murni

1. Menghitung Regangan Tulangan

$$ey = \frac{Fy}{Es}$$

$$= \frac{420}{200000}$$

$$= 0{,}0021$$

$$e's1 = \frac{c - d'}{c} \times ec$$

$$= \frac{160 - 65{,}5}{160{,}111} \times 0$$

$$= 0{,}0018 < ey = 0 \rightarrow \text{Maka dipakai nilai fs'}$$

$$es1 = \frac{d' + x - c}{c} \times ec$$

$$= \frac{65{,}5 + 95{,}6 - 160}{160{,}111} \times 0$$

$$= 0{,}000018 > ey = 0 \rightarrow \text{Maka dipakai nilai fs'}$$

$$es2 = \frac{d' + 2 \times x - c}{c} \times ec$$

$$\frac{65{,}5 + 2 \times 95{,}6 - 160}{160{,}111} \times 0$$

$$= 0{,}0018 > ey = 0 \rightarrow \text{Maka dipakai nilai fs'}$$

$$es3 = \frac{d' + 3 \times x - c}{c} \times ec$$

$$= \frac{65{,}5 + 3 \times 95{,}57 - 160}{160{,}111} \times 0$$

$$= 0{,}0036 > ey = 0 \rightarrow \text{Maka dipakai}$$

$$es4 = \frac{d' + 4 \times x - c}{c} \times ec$$

$$= \frac{65{,}5 + 4 \times 95{,}6 - 160}{160{,}111} \times 0$$

$$= 0{,}0054 > ey = 0 \rightarrow \text{Maka dipakai nilai}$$

$$es5 = \frac{d' + 5 \times x - c}{c} \times ec$$

$$= \frac{65{,}5 + 5 \times 95{,}57 - 160}{160{,}111} \times 0$$

$$= 0{,}0072 > ey = 0 \rightarrow \text{Maka dipakai nilai}$$

$$es6 = \frac{d' + 6 \times x - c}{c} \times ec$$

$$= \frac{65{,}5 + 6 \times 95{,}6 - 160}{160{,}111} \times 0$$

= 0,0090 > ey = 0 → Maka dipakai nilai

$$es7 = \frac{d' + 7 \times x - c}{c} \times ec$$

$$= \frac{65,5 + 7 \times 95,57 - 160}{160,111} \times 0$$

= 0,0108 > ey = 0 → Maka dipakai nilai fy

2. Menghitung Tegangan Pada Tulangan

fs'1 = e's1 x Es
= 0,00177 x 200000
= 355 Mpa

fs'2 = es1 x Es
= 0,00002 x 200000
= 3,6 Mpa

fs'3 = fy ulir = 420 Mpa

fs'4 = fy ulir = 420 Mpa

fs'5 = fy ulir = 420 Mpa

fs'6 = fy ulir = 420 Mpa

fs'7 = fy ulir = 420 Mpa

fs'8 = fy ulir = 420 Mpa

3. Menghitung Gaya Tekan dan Tarik

NCc = 0,85 x Fc' x ab x b
= 0,85 x 30 x 134 x 800
= 2729661 N
= 2729,661 kN

NC1 = As1 x fs'1
= 3925 x 354,545
= 1391589 N
= 1392 Kn

NT1 = As2 x fs'2
= 981 x 3,600
= 3532 N
= 3,53 Kn

NT2 = As2 x fy ulir
= 981 x 420,000
= 412125 N
= 412 Kn

NT3 = As3 x fy ulir
= 981 x 420,000
= 412125 N
= 412 Kn

NT4 = As4 x fy ulir
= 981 x 420,000
= 412125 N
= 412 Kn

NT5 = As5 x fy ulir
= 981 x 420,000
= 412125 N
= 412 Kn

NT6 = As6 x fy ulir
= 981 x 420,000
= 412125 N
= 412,125 Kn

NT7 = As7 x fy ulir
= 3925 x 420,000
= 1648500 N
= 1648,5 Kn

4. Menghitung Jarak Gaya Terhadap Garis Netral (c)

ZCc = c - a/2
= 160 - 66,9
= 93,2 mm

ZC1 = c - d'
= 160 - 65,5
= 94,6 mm

ZT1 = d' + x - c
= 65,5 + 95,6 - 160
= 0,96 mm

ZT2 = d' + 2 x x - c
= 65,5 + 2 x 95,6 - 160
= 96,5 mm

ZT3 = d' + 3 x x - c
= 65,5 + 3 x 95,6 - 160
= 192 mm

ZT4 = d' + 4 x x - c
= 65,5 + 4 x 95,6 - 160
= 288 mm

ZT5 = d' + 5 x x - c
= 65,5 + 5 x 95,57 - 160

= 383 mm

ZT6 = d' + 6 x x - c
= 65,5 + 6 x 95,6 - 160
= 479 mm

ZT7 = d' + 7 x x - c
= 65,5 + 7 x 95,57 - 160
= 574 mm

5. Menghitung Momen Nominal (Mn) Pada Kondisi Lentur Murni

MCc = NCc x ZCc
= 2730 x 93,2
= 254425 Knmm
= 254 Knm

MC1 = NC1 x ZC1
= 1392 x 94,6
= 131659 Knmm
= 132 Knm

MT1 = NT1 x ZT1
= 3,53 x 0,96
= 3,39 Knmm
= 0 Knm

MT2 = NT2 x ZT2
= 412 x 96,5
= 39783,2642 Knmm
= 39,8 Knm

MT3 = NT3 x ZT3
= 412 x 192
= 79170,6392 Knmm
= 79,2 Knm

MT4 = NT4 x ZT4
= 412 x 288
= 118558,014 Knmm
= 119 Knm

MT5 = NT5 x ZT5
= 412 x 383
= 157945 Knmm
= 158 Knm

MT6 = NT6 x ZT6

= 412 x 479
= 197333 Knmm
= 197 Knm

MT7 = NT7 x ZT7
= 1649 x 574
= 946880,557 Knmm
= 947 Knm

Mn tota = MC1 + MCc + MT1 + MT2 + MT3 + MT4 + MT5 + MT6 + MT7
= 132 + 254 + 0 + 39,8 + 79,2 + 119 + 158 + 197 + 947 = 1926 Knm

ϕMn = 0,65 x 1926
= 1252 Knm

Berikut adalah tabel hasil perhitungan dengan formasi tulangan yang simetris yaitu 20 D25, 24

Tabel 4.38 Koordinat Diagram Interaksi Formasi T

Kondisi	20 D 25	
	ϕ Pn (Kn)	ϕ Mn (Kn)
Sentris	11304,511	0
Patah Desak	432,059	4958,264
Balance	4227,960	1616,548
Balance 1,25 fy	6353,614	2056,437
Patah Tarik	4432,629	429,078
Lentur Murni	0	1251,743

Tabel 4.38 Koordinat Diagram Interaksi Formasi T

Kondisi	24 D 25	
	ϕ Pn (Kn)	ϕ Mn (Kn)
Sentris	11304,511	0
Patah Desak	6353,614	1524,683
Balance	4432,629	1624,914
Balance 1,25 fy	4252,629	1743,021
Patah Tarik	4432,629	0,000
Lentur Murni	0	0,000

Tabel 4.38 Koordinat Diagram Interaksi Formasi T

Kondisi	28 D 25	
	ϕ Pn (Kn)	ϕ Mn (Kn)
Sentris	11304,511	0
Patah Desak	6353,614	1783,415
Balance	4958,264	1909,184
Balance 1,25 fy	4227,960	2056,437
Patah Tarik	4432,629	1901,944
Lentur Murni	0	1251,743

Tabel 4.38 Koordinat Diagram Interaksi Formasi T

Kondisi	32 D 25	
	ϕ Pn (Kn)	ϕ Mn (Kn)
Sentris	11304,511	0
Patah Desak	6258,553	1702,237
Balance	4955,509	1820,415
Balance 1,25 fy	4227,960	2005,864
Patah Tarik	4432,629	1805,864
Lentur Murni	0	1115,991

2. Perhitungan Pembesaran Momen

Data - data perencanaan :

Lebar Kolom (bw)	:	800	mm
Tinggi Kolom (h)	:	800	mm
Selimut beton (sb)	:	40	mm
Mutu beton fc'	:	30	Mpa
fy ulir	:	420	Mpa
fy sengkang polos	:	280	Mpa
Modulus elastisitas baja (E	:	200000	Mpa
Diameter tul. Pokok (D)	:	25	mm
Diameter tul. Sengkang (D	:	13	mm
Tinggi Lantai (h lantai)	:	4500	mm
Tinggi Balok (h lantai)	:	700	mm
Tinggi bersih kolom (hn kc	:	3800	mm
Pu	:	3609,233	Kn
M kolom	:	862,359	kNm
Σ Vu	:	9485,92	
Σ Pu	:	113447	
Simpangan	:	29,7	

1. Menghitung Inersia Penampang

a. Inersia Penampang Utuh Kolom Atas

Igk atas $= \frac{1}{12} \times b \times h^3$

$= \frac{1}{12}$ x 800 x 5,1E+08

$=$ 3,4133E+10 mm^4

$=$ 0,03413 m^4

Tinggi Lantai $=$ 4000 mm

b. Inersia Penampang Utuh Kolom yang dit .

Igk yang ditir $= \frac{1}{12}$ x b x h^3

$= \frac{1}{12}$ x 800 x 5,1E+08

$=$ 3,4133E+10 mm^4

$=$ 0,03413 m^4

Tinggi Lantai $=$ 4500 mm

c. Inersia Penampang Utuh Balok Kiri .

Igk yang ditir $= \frac{1}{12}$ x b x h^3

$= \frac{1}{12}$ x 400 x 3,4E+08

$=$ 1,1433E+10 mm^4

$=$ 0,01143 m^4

Bentang Balc $=$ 3000 mm

d. Inersia Penampang Utuh Balok Kanan .

Igk yang ditir $= \frac{1}{12}$ x b x h^3

$= \frac{1}{12}$ x 400 x 3,4E+08

$=$ 1,1433E+10 mm^4

$=$ 0,01143 m^4

Bentang Balc $=$ 7200 mm

2. Modulus Elastisitas Beton (Ec)

Ec $=$ 4700 $\sqrt{fc'}$

$=$ 4700$\sqrt{30}$

$=$ 25742,9602 Mpa

3. Perhitungan Kekakuan Lentur Komponen Struktur Tekan dan Rasio Beban Terfaktor

a. Kolom Atas

1,4 D $=$ 42,1 kNm

1,2 D + 1,6 L = 44,6 kNm

β_d Kolom Atas $= \dfrac{1,4\ D}{1,2\ D + 1,6\ L} = \dfrac{42,1}{44,6}$

$= 0,95$

E_l Kolom Atas $= \dfrac{0,7\ E_c\ I_g}{1 + \beta_d \text{ Kolom Ata}} =$

$$\frac{0,7 \text{ x } 25743 \text{ x } 3,4133E+10}{1 + 0,95}$$

$= 316227165201716$ N/mm^2

b. Kolom yang ditinjau

1 D = 56,6 kNm

1 D + 2 L = 63,5 kNm

β_d Kolom yang $= \dfrac{1,4\ D}{1\ D + 2\ L} = \dfrac{56,6}{63,5}$

$= 0,89$

E_l Kolom yang ditinjau $= \dfrac{0,7\ E_c\ I_g}{1 + \beta_d \text{ Kolom Atas}}$

$$= \frac{0,7 \text{ x } 25743 \text{ x } 3,4133E+10}{1 + 0,89}$$

$= 325144372894491,00$ N/mm^2

c. Balok Kiri

1 D = 8,3023 kNm

1 D + 2 L = 12,9138 kNm

β_d Balok Kiri $= \dfrac{1,4\ D}{1\ D + 2\ L} = \dfrac{8,3}{12,9}$

$= 0,64$

E_l Balok Kiri $= \dfrac{0,35\ E_c\ I_g}{1 + \beta_d \text{ Balok kiri}}$

$$= \frac{0,35 \text{ x } 3E+04 \text{ x } 1,1433E+10}{1 + 0,64}$$

$= 62702938975455,60$ N/mm^2

d. Balok Kanan

1 D = 65,8434 kNm

1 D + 2 L = 77,0000 kNm

$$\beta_d \text{ Balok Kanan} = \frac{1{,}4 \quad D}{1 \quad D + 2 \quad L} = \frac{65{,}8}{77}$$

$$= 0{,}86$$

$$E_l \text{ Balok Kanan} = \frac{0{,}35 \quad E_c \quad I_g}{1 + \beta_d \text{ Balok kan}} =$$

$$\frac{0{,}35 \quad x \quad 25743 \quad x \quad 1{,}1433E{+}10}{1 + 0{,}86}$$

$$= \quad 55530289970257{,}40 \quad N/mm^2$$

4. Perhitungan Rasio Kekakuan Balok dan Kolom

$$\Psi_{atas} = \frac{\text{El kolom}}{\text{El balok /}} = \frac{79.056.791.300 + 72.254.305.088}{20.900.979.658 + 7.712.540.274}$$

$$= 5{,}29$$

a. Inersia Penampang Utuh Kolom Bawah

Igk atas $= \frac{1}{12} \text{ x } b \text{ x } h^3$

$= \frac{1}{12} \text{ x } 800 \text{ x } 5{,}1E{+}08$

$= 3{,}4133E{+}10 \text{ mm}^4$

$= 0{,}03413 \text{ m}^4$

Tinggi Lantai = 4000 mm

b. Inersia Penampang Utuh Kolom yang dit .

Igk yang ditir $= \frac{1}{12} \text{ x } b \text{ x } h^3$

$= \frac{1}{12} \text{ x } 800 \text{ x } 5{,}1E{+}08$

$= 3{,}4133E{+}10 \text{ mm}^4$

$= 0{,}03413 \text{ m}^4$

Tinggi Lantai = 4500 mm

c. Inersia Penampang Utuh Balok Kiri .

Igk yang ditir $= \frac{1}{12} \text{ x } b \text{ x } h^3$

$= \frac{1}{12} \text{ x } 400 \text{ x } 3{,}4E{+}08$

$= 1{,}1433E{+}10 \text{ mm}^4$

$= 0{,}01143 \text{ m}^4$

Bentang Balc = 3000 mm

d. Inersia Penampang Utuh Balok Kanan .

Igk yang ditir = $\frac{1}{12}$ x b x h^3

= $\frac{1}{12}$ x 400 x 343000000

= 1,1433E+10 mm^4

= 0,01143 m^4

Bentang Balc = 7200 mm

2. Modulus Elastisitas Beton (Ec)

Ec = 4700 $\sqrt{fc'}$

= 4700$\sqrt{30}$

= 25743 Mpa

3. Perhitungan Kekakuan Lentur Komponen Struktur Tekan dan Rasio Beban Terfaktor

a. Kolom Bawah

1,4 D = 30,4 kNm

1,2 D + 1,6 L = 32,4 kNm

β_d Kolom Atas = $\frac{1,4\ D}{1,2\ D + 1,6\ L} = \frac{30,4}{32,4}$

= 0,94

E_l Kolom Atas = $\frac{0,7\ E_c\ I_g}{1 + \beta_d \text{ Kolom Ata}}$ =

$\frac{0,7 \text{ x } 25743 \text{ x } 3,4133E+10}{1 + 0,94}$

= 317155214450010,00 N/mm^2

b. Kolom yang ditinjau

1 D = 56,6 kNm

1 D + 2 L = 63,5 kNm

β_d Kolom yang ditinjau = $\frac{1,4\ D}{1\ D + 2\ L} = \frac{56,6}{63,5}$

$= 0{,}89$

E_l Kolom yang ditinjau $= \dfrac{0{,}7 \quad E_c \quad I_g}{1 + \beta_d \text{ Kolom Atas}}$

$= \dfrac{0{,}7 \text{ x } 25743 \text{ x } 3{,}4133E{+}10}{1 + 0{,}89}$

$= 325144372894491{,}00 \ N/mm^2$

c. Balok Kiri

1 D $= 8{,}3023$ kNm

1 D + 2 L $= 12{,}9138$ kNm

β_d Balok Kiri $= \dfrac{1{,}4 \quad D}{1 \quad D + 2 \quad L} = \dfrac{8{,}3}{12{,}9} =$

0,64

E_l Balok Kiri $= \dfrac{0{,}35 \quad E_c \quad I_g}{1 + \beta_d \text{ Balok kiri}}$

$= \dfrac{0{,}35 \text{ x } 3E{+}04 \text{ x } 1{,}1433E{+}10}{1 + 0{,}64}$

$= 62702938975456 \ N/mm^2$

d. Balok Kanan

1 D $= 65{,}8434$ kNm

1 D + 2 L $= 77{,}0000$ kNm

β_d Balok Kanan $= \dfrac{1{,}4 \quad D}{1 \quad D + 2 \quad L} = \dfrac{65{,}8}{77}$

$= 0{,}86$

E_l Balok Kanan $= \dfrac{0{,}35 \quad E_c \quad I_g}{1 + \beta_d \text{ Balok kanan}}$

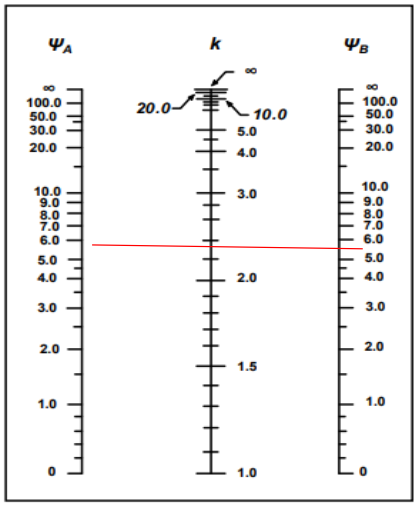
$= \dfrac{0{,}35 \text{ x } 25743 \text{ x } 1{,}1433E{+}10}{1 + 0{,}86}$

$= 55530289970257 \ N/mm^2$

4. Perhitungan Rasio Kekakuan Balok dan Kolom

$\Psi_{bawah} = \dfrac{\text{El kolom}}{\text{El balok /}} = \dfrac{79.288.803.613 + 72.254.305.088}{20.900.979.658 + 7.712.540.274}$

$= 5{,}3$



Gambar. Penentuan Nilai k

dari gambar diatas didapat = 2,37

5. Menentukan faktor kelangsingan

Radius girasi = 0,3 x ı kolon
= 0,3 x 800
= 240 mm

$$\text{Cek} = \frac{k \times \ln}{r} \leq 22$$

$$= \frac{2{,}37 \times 3800}{240}$$

$$= 37{,}5 \geq 22$$

Maka sesuai SNI 2847 - 2019 Pasal 6.2.5 halaman 91
prosedur pembesaran
diperhitungkan

$$Q = \frac{\Sigma Pu \times \text{Simpangan}}{\Sigma Vu \times L}$$

$$= \frac{113447 \times 29{,}7}{9486 \times 3800}$$

$$= 0{,}09$$

$$\delta s = \frac{1}{1 - Q} \geq 1$$

$$= \frac{1}{1 - 0{,}09} \geq 1$$

$$= 1{,}1 \geq 1 \quad \text{OK}$$

Nilai momen setiap kombinasi setelah dilakukan pembesaran momen

$$Mc = \delta s \times M\,kolom$$
$$= 1{,}1 \times 862$$
$$= 951{,}2 \text{ kNm}$$

$$M2\,min = Pu\,(15 + 0{,}03\,h\,kolo) \leq Mc$$
$$= 3609\,(15 + 0{,}03 \times 800) \leq Mc$$
$$= 140760 \text{ Nmm} \leq 951 \text{ kNm}$$
$$= 141 \text{ kNm} \leq 951 \text{ kNm}$$

Tabel. Rekapitulasi Pembesaran Momen Arah X dan Y

Kombinas	Sumbu X			Sumbu Y		
	Pu (kN	Mu (k	Mc (kNm	Pu (kN)	Mu (kNm	Mc (kNm)
Dinamis 1	262	11,5	12,732	262,119	121,094	134
Dinamis 2	262	64,5	71,124	2388,51	70,0597	77,3
Dinamis 3	2389	668	737,007	2322,6	671,352	741
Dinamis 4	5244	283	312,571	2854,37	74,1495	81,8
Dinamis 5	2854	215	236,748	2078,45	960,19	1059
Dinamis 6	1511	262	289,425	2888,37	910,62	1004
Dinamis 7	1104	196	215,936	1657,54	909,21	1003
Dinamis 8	3119	50,8	55,984	4327,46	328,92	363
Dinamis 9	4327	97,6	107,629	818	307,55	339
Dinamis 1	2248	127	140,113	4325,51	257,97	285
Dinamis 1	1247	318	351,313	659,21	279,35	308
Dinamis 1	2506	272	299,806	1647,93	943,74	1041
Dinamis 1	2149	224	247,174	991,82	947,95	1046
Dinamis 1	965	271	298,680	2421,23	916,31	1011
Dinamis 1	628	183	202,002	1456,86	912,1	1006
Dinamis 1	2363	35,5	39,180	2974,38	313,87	346
Dinamis 1	1228	41,4	45,681	350,87	301,85	333
Dinamis 1	351	1354	1494,00	3238,87	270,21	298
Dinamis 1	1904	1182	1303,49	458,55	282,23	311

Arah X

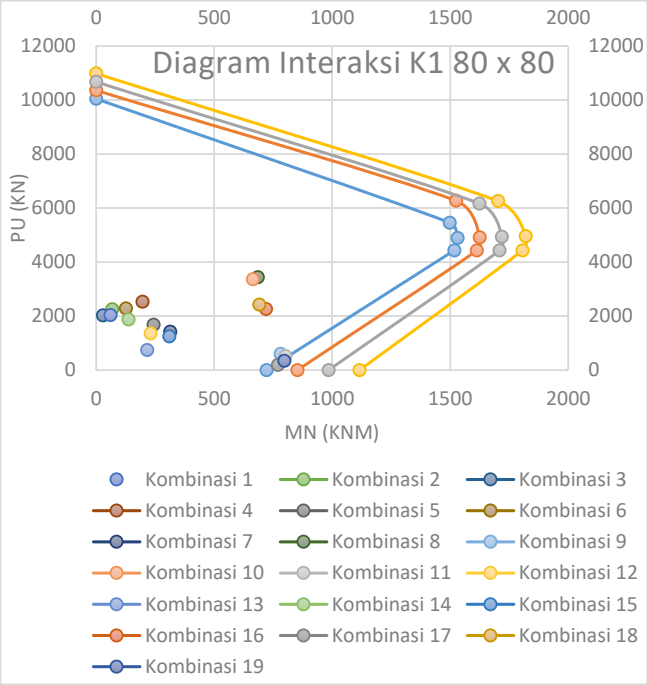


Diagram Interaksi K1 80 x 80
PU (KN)
MN (KNM)
0
500
1000
1500
2000
12000
10000
8000
6000
4000
2000
Kombinasi 1
Kombinasi 2
Kombinasi 3
Kombinasi 4
Kombinasi 5
Kombinasi 6
Kombinasi 7
Kombinasi 8
Kombinasi 9
Kombinasi 10
Kombinasi 11
Kombinasi 12
Kombinasi 13
Kombinasi 14
Kombinasi 15
Kombinasi 16
Kombinasi 17
Kombinasi 18
Kombinasi 19

Arah Y

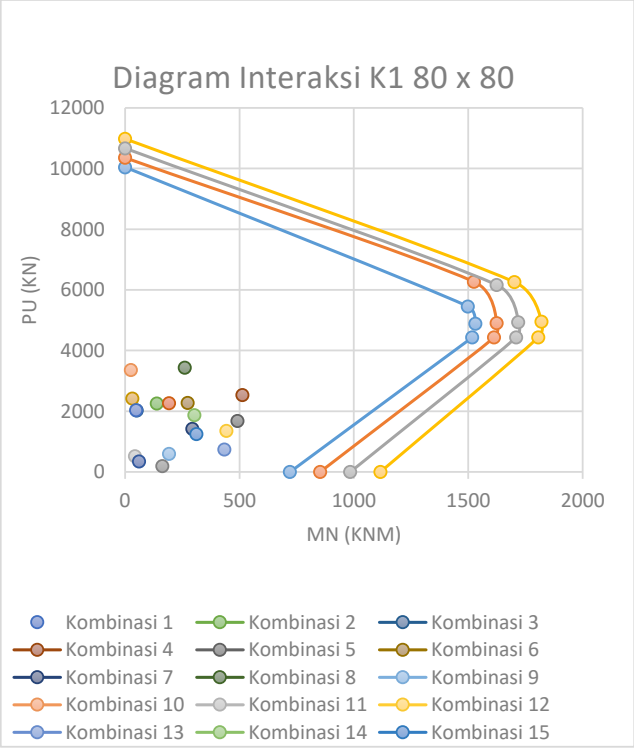


Diagram Interaksi K1 80 x 80
PU (KN)
MN (KNM)
0
500
1000
1500
2000
12000
10000
8000
6000
4000
2000
Kombinasi 1
Kombinasi 2
Kombinasi 3
Kombinasi 4
Kombinasi 5
Kombinasi 6
Kombinasi 7
Kombinasi 8
Kombinasi 9
Kombinasi 10
Kombinasi 11
Kombinasi 12
Kombinasi 13
Kombinasi 14
Kombinasi 15

Dari diagram interaksi diatas dapat dilihat bahwa P dan M pada kolom yang ditinjau masuk ke dalam area 28 D

5. Desain Penulangan Tranversal Kolom

Data - data perencanaan :

Lebar Kolom (bw)	:	800	mm
Tinggi Kolom (h)	:	800	mm
Selimut beton (sb)	:	40	mm
Mutu beton fc'	:	30	Mpa
fy ulir	:	420	Mpa
fy sengkang polos	:	280	Mpa
Modulus elastisitas baja (E	:	200000	Mpa
Diameter tul. Pokok (D)	:	25	mm
Diameter tul. Sengkang (D	:	13	mm
Tinggi Lantai (h lantai)	:	4500	mm
Tinggi Balok (h lantai)	:	700	mm
Tinggi bersih kolom (hn kc	:	3800	mm
Nu	:	4958	kN

a. Perhitungan Tulangan Transversal Kolom Akibat Ve

1. Momen Probable Capacities (Mpr) Kolom

   Nilai Mpr didapat dari diagram interaksi kolom yang menghasilkan

   Mpr kolom = ϕMn Kondisi balance dengan 1,25

   Mpr kolom = 2056,44 kNm

   Mpr kolom = 2,1E+09 Nmm

   Karena tulangan longitudinal disepanjang kolom sama, maka Mpr3 dan Mpr 4 sama :

   Mpr3 = 2,1E+09 Nmm

   Mpr4 = 2,1E+09 Nmm

$$\text{Ve Kolom} = \frac{\text{Mpr3} + \text{Mpr4}}{\text{Lu}}$$

$$= \frac{2{,}1E{+}09 + 2{,}1E{+}09}{3800}$$

$$= 1082335{,}3 \text{ N}$$

$$= 1082 \text{ kN}$$

2. Momen Probable Capacities (Mpr) Balok

   Mpr1 (balok kiri/sisi atas)

   = 1,25 x n (-) tumpuan ki

   = 1,25 x 562.737.319,84

   = 703.421.649,80 Nmm

   = 1,25 x In (+) tumpuan kana

   = 1,25 x 347.777.761,14

= 434.722.201 Nmm

Mpr2 (balok kanan/sisi bawah)

$$\text{Ve Balok} = \frac{\text{Mpr1} + \text{Mpr2}}{\text{Lu}}$$

$$= \frac{703.421.650 + 434.722.201{,}42}{6400}$$

= 177834,98 N

= 178 kN

c. Menghitung Kebutuhan Tulangan Geser di Daerah Sendi Plastis

SNI 2847 2019 Pasal 18.7.6.2 Menyatakan bahwa untuk daerah sendi plastis sepanjang lo dari muka kolom, maka kontribusi beton dalam menahan geser,

1). Gaya geser yang ditimbulkan gempa yang dihitung dengan 18.7.6.1 mewakili 1/2 atau lebih dari

2). Gaya tekan aksial terfaktor, Pu, termasuk pengaruh gempa kurang dari Agfc'/20

Cek kedua persyaratan diatas :

1. 1 / 2 Ve kolom > Vu maks sepanjang lo

   1 / 2 x 1082 > 344,205 kN

   541,167634 kN > 344,205 kN Memenuhi

2. $\text{Pu} < \frac{\text{Ag x fc}}{20}$

   $\text{Pu} < \frac{\text{b x h x fc}}{20}$

   $668{,}15 < \frac{800 \text{ x } 800 \text{ x } 30}{20}$

   668,15 < 960000 N

   668,15 < 960 kN Memenuhi

Karena syarat diatas tidak terpenuhi, maka nilai Vc perlu diperhitungkan, Vc dihitung sesuai SNI 2847-

$$V_c = 0{,}17 \left(1 + \frac{N_u}{14A_g}\right) \lambda \sqrt{f_c'}\ b_w d$$

$$V_c = 0{,}17 \left(1 + \frac{N_u}{14\ x\ b\ x\ h}\right) \lambda \sqrt{f_c'}\ b_w d$$

$$\text{Vc} = 0{,}17 \text{ x } \left(1 + \frac{4958263{,}502}{14 \text{ x } 800 \text{ x } 800}\right) 1{,}0 \sqrt{30}\ 800\ 735$$

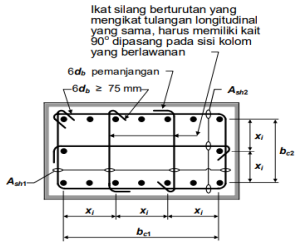
= 849901 N = 850 kN

Tulangan transversal yang diisyaratkan dalam SNI 2847 - 2019 Pasal 18.7.5.2 sampai 18.7.5.4 harus dipasang sepanjang lo dari setiap muka joint dan pada kedua sisi sebarang penampang dimana pelelehan lentur sepertinya terjadi sebagai akibat dari

a). Tinggi kolom pada muka joint atau pada penampang dimana pelelehan lentur
h = 800 mm
b). Seperenam tinggi bersih kolom
1 / 6 x 3800 mm = 633 mm
c). 450 mm
Jadi, daerah yang berpotensi terjadi sendi plastis (lo) adalah sepanjang 800 mm

Pada SNI 2847 2019 Pasal 18.7.5.2, tulangan transversal harus disediakan dengan salah satu dari spiral tunggal atau saling tumpuk yang memenuhi 25.7.2.2, sengkang bulat atau sengkang persegi dengan atau tanpa pengikat silang. Pengikat silang dengan ukuran batang tulangan yang sama atau yang lebih kecil seperti begelnya diizinkan.

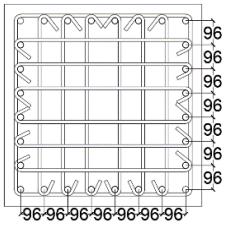
setiap ujung pengikat silang harus memegang batang tulangan longitudinal terluar. Pengikat silang yang berurutan harus diseling ujung-ujungnya sepanjang tulangan longitudinal. Spasi pengikat silang atau kaki-kaki sengkang persegi, hx, dalam penampang komponen struktur tidak boleh melebihi 350 mm pusat ke pusat (Gambar S21.6.4.2).



Dimensi x_i antara sumbu-sumbu penampang tulangan longitudinal yang ditopang secara lateral tidak melebihi 350 mm. Nilai h_x dalam Pers. (18.7.5.3) diambil sebagai nilai terbesar dari x_i.

Gambar. 4.32 Nilai Terbesar xi (Spasi Antar Sengkang)

hx = 95,57 mm



Menurut SNI 2847 2019 Pasal 18.7.5.3, Spasi tulangan transversal sepanjang lo komponen struktur tidak boleh melebihi yang terkecil

a). Seperempat dimensi terkecil penampang kolom

1 / 4 x 800 = 200 mm

b). Enam kali diameter tulangan longitudinal terkecil

6 x 25 = 150 mm

c). S_o, yang dihitung dengan

$$S_o = 100 + \left(\frac{350 - h_x}{3}\right)$$

$$= 100 + \left(\frac{350 - 95{,}6}{3}\right)$$

= 185 mm

Catatan : Nilai S_o tidak boleh melebihi 150 mm dan tidak perlu kurang dari 100 mm.

Maka direncanakan spasi (s) tulangan transversal sepanjang lo sebesar : 110

Luas penampang total tulangan sengkang persegi (Ash) tidak boleh kurang dari yang disyaratkkan pada SNI 2847 2019 Pasal

bc = h kolom - sb - sb - 1 / 2 b sengkan

= 800 - 40 - 40 - 1 / 2 x 13

= 714 mm

Ach = (h kolom - 2 x sb) x (b kolom - 2 x sb)

= (800 - 2 x 40) x (800 - 2 x 40)

= 518400 mm^2

$$Ash = 0{,}3 \times \left(\frac{s \times bc \times fc'}{fyt}\right)$$

$$Ash = 0{,}3 \times \left(\frac{s \times bc \times fc'}{fyt}\right)$$

$$x \left(\frac{Ag}{Ach} - 1 \right)$$

$$x \left(\frac{b \times h}{Ach} - 1 \right)$$

$$Ash = 0,3 \times \left(\frac{110 \times 714 \times 30}{280} \right) \times \left(\frac{800 \times 800}{518400} - 1 \right)$$

$$= 592 \ mm^2$$

Atau :

$$Ash = 0,09 \times \left(\frac{s \times bc \times fc'}{fyt} \right)$$

$$Ash = 0,09 \times \left(\frac{110 \times 714 \times 30}{280} \right)$$

$$= 757 \ mm^2$$

Dicoba pemasangan tulangan pengek 6 kaki D 13 mm - 110

As = n tulangan x 1 / 4 x π x D^2 > Ash

= 6 x 1 / 4 x 3,14 x 169 > 757

= 796 mm^2 > 757 mm^2 OKE

Maka, direncanakan tulangan pengek 6 kaki D 13 mm - 110

$$Vs = \frac{As \times fyt \times d}{s}$$

$$= \frac{796 \times 280 \times 735}{110}$$

= 1488212 N

= 1488,21 kN

Vs maks = $0,66 \times \sqrt{fc'} \times bw \times d$

= $0,66 \times \sqrt{30} \times 800 \times 735$

= 2124156 N

= 2124,16 kN

Vs pakai = 1488,21 kN

Vn = Vc + Vs

= 850 kN + 1488,21 kN

= 2338,11 kN

ØVn = Ø x Vn
= 0,75 x 2338,11
= 1753,58 kN > Ve kolom = 1082 kN
AMAN

d. Menghitung kebutuhan tulangan geser diluar daerah sendi

Menghitung kebutuhan tulangan geser diluar daerah sendi plastis sesuai SNI 2847 2019 Pasal 18.7.5.5
Spasi maksimum untuk tulangan transversal (sengkang) diluar sendi plastis tidak melebihi yang

a. enam kali diameter tulangan longitudinal terkecil
6 x 25 = 150 mm
b. 150 mm

Maka, direncanakan tulangan transversal (sengkang) diluar sendi plastis
: 2 kaki D 13 mm - 110
As = n tulangan x 1 / 4 x π x D^2
= 2 x 1 / 4 x 3,14 x 169
= 265 mm^2

$$Vs = \frac{As \times fyt \times d}{s}$$
$$= \frac{265 \times 280 \times 735}{110}$$
= 496071 N
= 496,071 kN

Vs ma = 0,66 x$\sqrt{fc'}$ x bw x d
= 0,66 x $\sqrt{30}$ x 800 x 735
= 2124156 N
= 2124,16 kN

Vs pak = 496,071 kN

Vn = Vc + Vs
= 850 kN + 496,071 kN
= 1345,97 kN

ØVn = Ø x Vn
= 0,75 x 1345,97
= 1009,48 kN > Ve kolom = 1082 kN

5. Panjang penyaluran dalam kondisi tarik
Sesuai SNI 2847 2019 Pasal 25.4.2.3 halaman 567, panjang penyaluran harus dihitung sesuai dengan

$$Ld = \left(\frac{fy}{1{,}1\ \lambda\sqrt{f'c}}\ x\ \frac{\Psi_t \Psi_e \Psi_s}{\left(\frac{C_b + K_{tr}}{d_b}\right)} \right) x\ d_b$$

Dimana menurut SNI 2847 - 2019 Pasal 25.4.2.4 halaman 568 menyatakan:

Ψt = 1 (Untuk situasi lainnya)
Ψe = 1 (Untuk tulangan tidak dilapisi dan dilapisi bahan seng (digalvanis))
Ψs = 1 Untuk batang tulangan D22 dan yang lebih besar
λ = 1 (Bila beton berat normal)
cb = Selimut beton + ł. sengkan
+ 1 / 2 d. longitudinal
= 40 + 13 + 1 / 2 x 25
= 65,5 mm
Ktı = Diizinkan sebagai penyederhanaan desain meskipun terdapat tulangan transversal

$$\left(\frac{C_b + K_{tr}}{d_b}\right) tidak\ boleh\ lebih\ dari\ 2{,}5$$

$$\left(\frac{C_b + K_{tr}}{d_b}\right) = \left(\frac{66 + 0}{25}\right) \leq 2{,}5$$

= 2,620 ≥ 2,5 **(Dipakai 2,5)**

Sehingga :

$$Ld = \left(\frac{fy}{1{,}1\ \lambda\sqrt{f'c}}\ x\ \frac{\Psi_t \Psi_e \Psi_s}{\left(\frac{C_b + K_{tr}}{d_b}\right)} \right) x\ d_b$$

$$= \left(\frac{420}{1{,}1 \text{ x } 1 \text{ x}\sqrt{30}}\right) \text{x} \left(\frac{1 \text{ x } 1 \text{ x } 1}{2{,}5}\right) \text{x } 25$$

= 697 mm → 700 mm

Sesuai SNI 2847 2019 Pasal 18.7.4.3 halaman 386, sambungan lewatan diletakan ditengah panjang
SNI 2847 2019 Pasal 25.5.2.1 halaman 586, Panjang minimum sambungan untuk sambungan lewatan tarik harus seperti disyaratkan untuk sambungan

1. Sambungan kela = 1,0 ld
2. Sambungan kela = 1,3 ld

Mengingat sambungan lewatan ini termasuk kelas B, Maka panjangnya harus :

1,3 ld = 1,3 x 700 = 910 mm

Digunakan ld = 910 mm → 1000 mm ≥ 300 mm OK

Spasi sengkang disepanjang sambungan tidak boleh melebihi yang lebih kecil dari (SNI 2847 2019 Pasal

1. $\frac{d}{4} = \frac{735}{4} =$ 183,63 mm
2. 100 mm

Diambil spasi sengkang disepanjang sambungan lewatan sebesar 100 mm, sehingga digunakan tulangan transversal pada daerah sambungan lewatan yaitu

6 kaki Ø 13 mm - 100 mm

4.7 Persyaratan Strong Column Weak Beam

Sesuai persyaratan di SNI 2847 - 2019 Pasal 18.7.3.2 kekuatan lentur kolom harus memenuhi ΣMnc ≥ 1,2 ΣMnb. Kekuatan lentur kolom (Mnc) harus dicari dari gaya aksial terfaktor yang konsisten terhadap arah gempa yang ditinjau yang menghasilkan kekuatan lentur terendah.

Kontrol desain kapasitas :

1. Momen pada kolom

δs Mnc atas	=	Mnc atas	x	δs
	=	1616547581	x	1
	=	1616547581	Nmm	
δs Mnc Bawah	=	Mnc bawah	x	δs
	=	1616547581	x	1
	=	1616547581	Nmm	
ΣMnc	=	Mnc atas	+	Mnc bawah
	=	1616547581	+	1616547581
	=	3233095162	Nmm	

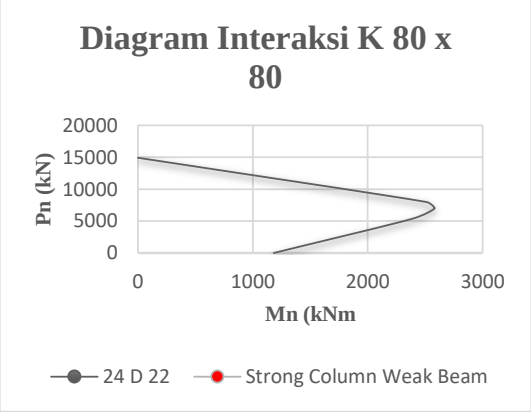
2. Momen pada balok

M^+	=	521.447.885	Nmm	
M^-	=	636.204.057	Nmm	
ΣMnb	=	521.447.885	+	636.204.057
	=	1157651942,1	Nmm	
1,2 ΣMnb	=	1,2	x	1157651942,1
	=	1389182330,5	Nmm	

Kontrol persyaratan :

ΣMnc		≥	1,2 ΣMnb		
3233095162	Nmm	≥	1389182330,5	Nmm	
3233,095162	kNm	≥	1389,182	kNm	**Memenuhi**

Dari analisa diatas, kita tahu bahwa persyaratan desain kapasitas "Strong Column Weak sudah terpenuhi



4.8 Hubungan Balok Kolom (*Joints)*

1. Arah X

Data-data perencanaan:

fc'	=	35,0	Mpa
fy ulir	=	420	Mpa
Tinggi kolom (h kolom)	=	800	mm
Lebar kolom (b kolom)	=	800	mm
Tinggi lantai	=	4500	mm
Tinggi bersih kolom (hn)	=	Tinggi lantai - h balok	
	=	4500 - 700	
	=	3800 mm	
Mpr (+) balok	=	464367000,000	Nmm
Mpr (-) balok	=	764000000,000	Nmm
Nu (Aksial terfaktor maks)	=	2910518,600	N

Tulangan yang terpasang pada balok :

Balok sisi atas	=	7	D	25		
As tulangan atas	=	n tulangan	x	1/4	3,14	D²
	=	7	x	1/4	3,14	625
	=	3436,117	mm²			
Balok sisi bawah	=	5	D	25		
As tulangan bawah	=	n tulangan	x	1/4	3,14	D²
	=	5	x	1/4	3,14	625
	=	2454,369	mm²			

A. Kuat Geser Nominal Pada *Joint (* arah x-x)

Menurut SNI 2847-2019 pasal 18.8.2.1, Gaya-gaya pada tulangan balok longitudinal di muka *joint* harus ditentukan dengan mengasumsikan bahwa tegangan pada tulangan tarik lentur adalah **1,25 fy**

-

Gaya yang bekerja pada tulangan sisi atas (T1) pada balok di sebelah kiri HBK:

T1	=	1,25	As	fy
	=	1,25	3436,117	420
	=	1803961,407	N	

- Gaya tekan yang bekerja pada beton sisi kiri HBK (C1):

C1	=	T1	
	=	1803961,407	N

- Gaya yang bekerja pada tulangan sisi bawah (T2) pada balok di sebelah kanan HBK:

T2	=	1,25	As	fy
	=	1,25	2454,369	420
	=	1288543,862	N	

- Gaya tekan yang bekerja pada beton sisi kanan HBK (C2):

C2	=	T2	
	=	1288543,862	N

Karena kolom memiliki kekakuan yang sama, maka faktor distribusinya sebesar 0,5.

- Momen kolom (Mc)

$$Mc = \frac{Mpr+ + Mpr-}{2}$$

$$= \frac{464367000,000 + 764000000,000}{2}$$

= 614183500,000 Nmm

- Gaya geser kolom (Vh)

$$Vh = \frac{2 \times Mc}{hn} = \frac{2 \times 614183500,000}{3800} = 323254,474 \text{ N}$$

- Gaya geser horizontal yang terjadi pada joint (Vjh):

Vjh = T1 + C2 - Vh
= 1803961 + 1288543,862 - 323254,474
= 2769250,795 N

- Vn = 1,7 √fc' Aj
= 1,7 √fc' h kolom x b kolom
= 1,7 5,916 800 x 800
= 6436694,804 N

ØVn = Ø Vn > Vjh
= 0,75 6436694,804 > 2769250,795 N
= 4827521,103 N > 2769250,795 N **AMAN**

B. Penulangan Geser Horizontal (arah x-x)

1 $\frac{Nu}{Ag} = \frac{Nu,k}{b \times h} > 0,1 \; fc'$

$= \frac{2910518,600}{800 \times 800} > 0,1 \; 35,0$

$= 4,548 > 3,5$

Maka, nilai Vc,h dihitung dengan persamaan berikut:

2 $Vc,h = \frac{2}{3}\left(\sqrt{\frac{Nu,k}{b \times h}} - 0,1\right) fc' \times bj \; hj$

$= \frac{2}{3}\left(\sqrt{\frac{2910518,600}{800 \times 800}} - 0,1\right) 35,0 \times 800 \; 800$

= 436721,067 N

3 Vs,h + Vc,h = Vj,h
Vs,h = Vj,h - Vc,h
= 2769250,795 - 436721,067
= 2332529,727 N

$Aj,h = \frac{Vs,h}{fy} = \frac{2332529,727}{420} = 5553,642 \text{ mm}^2$

Dicoba dipasang tulangan geser horizontal sebagai berikut 12 lapis
7 kaki D 10 mm

As = 7 x 0,25 3,14 100 > Aj,h

= 6594,000 mm² > 5553,642 mm² **OK**

C. Penulangan Geser Vertikal (arah x-x)

$$Vj,v = \frac{hj}{bj} \times Vj,h$$

$$= \frac{800}{800} \times 2769250,795$$

$$= 2769250,79 \text{ N}$$

$$Vc,v = \frac{As' \times Vj,v}{As} \times 0,6 \frac{Nu,k}{Ag \quad fc}$$

$$= \frac{As' \times Vj,v}{As} \times 0,6 \frac{Nu,k}{b \times h \quad fc}$$

$$= \frac{2454,37 \times 2769250,795}{3436,117} \times 0,6 \frac{2910518,600}{800 \times 800 \quad 35,0}$$

$$= 1978036,282 \times 0,078$$

$$= 154208,341 \text{ N}$$

$$Vs,v = Vj,v - Vc,v$$

$$= 2769250,795 - 154208,341$$

$$= 2615042,454 \text{ N}$$

$$Aj,v = \frac{Vs,v}{fy}$$

$$= \frac{2615042,454}{420}$$

$$= 6226,292 \text{ mm}^2$$

Tulangan longitudinal kolom yang terpasang adalah: 28 D 25

As = n tulangan x 1/4 3,14 D² > Aj,v

= 28 x 1/4 3,14 625 > 6226,292 mm²

= 13744,468 mm² > 6226,292 mm²

Cukup menggunakan tul. longitudinal kolom

As tu. Longitudinal kolom > Aj,v yang dibutuhkan, sehingga tidak diperlukan lagi tulangan geser vertikal karena sudah ditahan oleh tulangan longitudinal kolom yang terpasang.

2. Arah Y

Data-data perencanaan:

fc'	=	35,0 Mpa
fy ulir	=	420 Mpa
Tinggi kolom (h kolom)	=	800 mm
Lebar kolom (b kolom)	=	800 mm
Tinggi lantai	=	4500 mm
Tinggi bersih kolom (hn)	=	Tinggi lantai - h balok
	=	4500 - 700
	=	3800 mm
Mpr (+) balok	=	464367000,000 Nmm
Mpr (-) balok	=	764000000,000 Nmm
Nu (Aksial terfaktor maks)	=	2910518,600 N

Tulangan yang terpasang pada balok :

Balok sisi atas	=	7 D 25
As tulangan atas	=	n tulangan x 1/4 3,14 D²
	=	7 x 1/4 3,14 625
	=	3436,117 mm²

Balok sisi bawah	=	5	D	25		
As tulangan bawah	=	n tulangan	x	1/4	3,14	D^2
	=	5	x	1/4	3,14	625
	=	2454,369	mm^2			

A. Kuat Geser Nominal Pada *Joint (* arah y-y)

Menurut SNI 2847-2019 pasal 18.8.2.1, Gaya-gaya pada tulangan balok longitudinal di muka *joint* harus ditentukan dengan mengasumsikan bahwa tegangan pada tulangan tarik lentur adalah **1,25 fy**

-

Gaya yang bekerja pada tulangan sisi atas (T1) pada balok di sebelah kiri HBK:

T1	=	1,25	As	fy
	=	1,25	3436,117	420
	=	1803961,407	N	

- Gaya tekan yang bekerja pada beton sisi kiri HBK (C1):

C1	=	T1	
	=	1803961,407	N

- Gaya yang bekerja pada tulangan sisi bawah (T2) pada balok di sebelah kanan HBK:

T2	=	1,25	As	fy
	=	1,25	2454,369	420
	=	1288543,862	N	

- Gaya tekan yang bekerja pada beton sisi kanan HBK (C2):

C2	=	T2	
	=	1288543,862	N

Karena kolom memiliki kekakuan yang sama, maka faktor distribusinya sebesar 0,5.

- Momen kolom (Mc)

$$Mc = \frac{Mpr+ + Mpr-}{2}$$

$$= \frac{464367000,000 + 764000000,000}{2}$$

$$= 614183500,000 \text{ Nmm}$$

- Gaya geser kolom (Vh)

$$Vh = \frac{2 \times Mc}{hn}$$

$$= \frac{2 \times 614183500,000}{3800}$$

$$= 323254,474 \text{ N}$$

- Gaya geser horizontal yang terjadi pada joint (Vjh):

Vjh	=	T1	+	C2	-	Vh	
	=	1803961	+	1288543,862	-	323254,474	
	=	2769250,795	N				

-

Kuat geser dari HBK yang terkekang (4/3/2/kondisi lainnya) sisinya (syaratnya

Vn	=	1,7	√fc'		Aj	
	=	1,7	√fc'	h kolom	x	b kolom
	=	1,7	5,916	800	x	800
	=	6436694,804	N			

$$\text{ØVn} = \text{Ø}\ \text{Vn} > \text{Vjh}$$
$$= 0{,}75\ \ 6436694{,}804 > 2769250{,}795\ \text{N}$$
$$= 4827521{,}103\ \text{N} > 2769250{,}795\ \text{N}$$ **AMAN**

B. Penulangan Geser Horizontal (arah y-y)

1 $$\frac{Nu}{Ag} = \frac{Nu,k}{b \times h} > 0{,}1\ fc'$$
$$= \frac{2910518{,}600}{800 \times 800} > 0{,}1\ \ 35{,}0$$
$$= 4{,}548 > 3{,}5$$

Maka, nilai Vc,h dihitung dengan persamaan berikut:

2 $$Vc,h = \frac{2}{3}\left(\sqrt{\frac{Nu,k}{b \times h}} - 0{,}1\ fc' \times bj\ hj\right)$$
$$= \frac{2}{3}\left(\sqrt{\frac{2910518{,}600}{800 \times 800}} - 0{,}1\ \ 35{,}0 \times 800\ \ 800\right)$$
$$= 436721{,}067\ \text{N}$$

3 $$Vs,h + Vc,h = Vj,h$$
$$Vs,h = Vj,h - Vc,h$$
$$= 2769250{,}795 - 436721{,}067$$
$$= 2332529{,}727\ \text{N}$$
$$Aj,h = \frac{Vs,h}{fy}$$
$$= \frac{2332529{,}727}{420}$$
$$= 5553{,}642\ \text{mm}^2$$

Dicoba dipasang tulangan geser horizontal sebagai berikut 7 lapis
7 kaki D 22 mm

$$As = 7 \times 0{,}25\ 3{,}14\ 484 > Aj,h$$
$$= 18617{,}060\ \text{mm}^2 > 5553{,}642\ \text{mm}^2$$ **OK**

C. Penulangan Geser Vertikal (arah y-y)

$$Vj,v = \frac{hj}{bj} \times Vj,h$$
$$= \frac{800}{800} \times 2769250{,}795$$
$$= 2769250{,}795\ \text{N}$$

$$Vc,v = \frac{As' \times Vj,v}{As} \times 0{,}6\ \frac{Nu,k}{Ag\ fc}$$
$$= \frac{As' \times Vj,v}{As} \times 0{,}6\ \frac{Nu,k}{b \times h\ fc}$$
$$= \frac{2454{,}37 \times 2769250{,}795}{3436{,}117} \times 0{,}6\ \frac{2910518{,}600}{800 \times 800\ 35{,}0}$$
$$= 1978036{,}282 \times 0{,}078$$
$$= 154208{,}341\ \text{N}$$

$$Vs,v = Vj,v - Vc,v$$
$$= 2769250{,}795 - 154208{,}341$$
$$= 2615042{,}454\ \text{N}$$

$$A_{j,v} = \frac{V_{s,v}}{f_y}$$

$$= \frac{2615042{,}454}{420}$$

$$= 6226{,}292 \text{ mm}^2$$

Tulangan longitudinal kolom yang terpasang adalah: 28 D 25

As = n tulangan x 1/4 3,14 D^2 > $A_{j,v}$

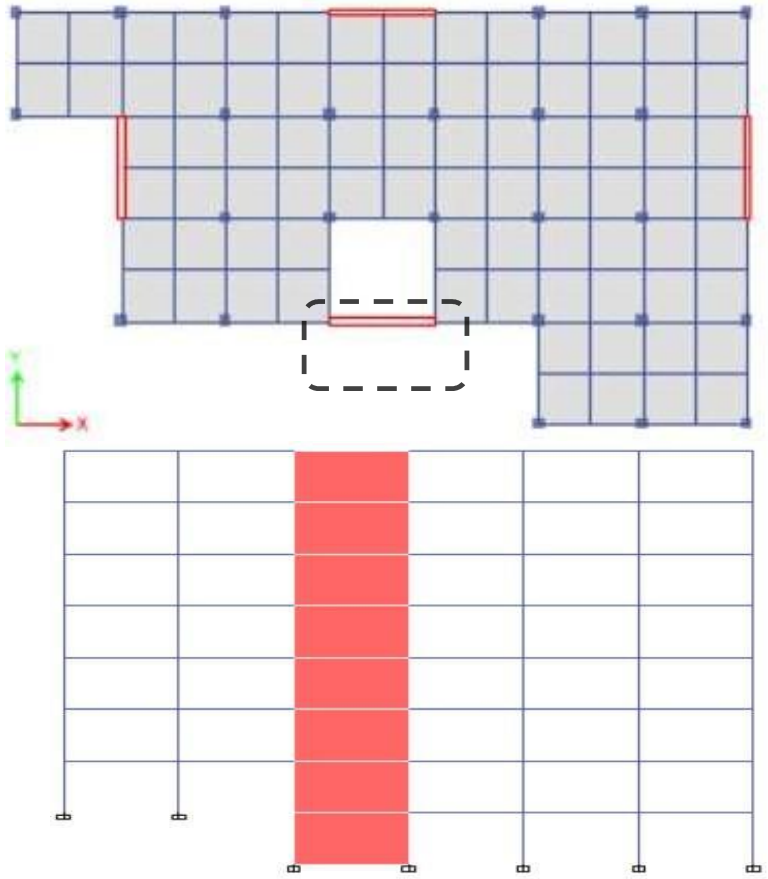
= 28 x 1/4 3,14 625 > 6226,292 mm^2

= 13737,500 mm^2 > 6226,292 mm^2

Cukup menggunakan tul. longitudinal kolom

As tu. Longitudinal kolom > Aj,v yang dibutuhkan, sehingga tidak diperlukan lagi tulangan geser vertikal karena sudah ditahan oleh tulangan longitudinal kolom yang terpasang.

4.9 perhitungan Penulangan dinding Struktural



Gambar 4.42 dinding geser rencana P1 lantai 1

Data perencanaan :

Lebar Kolom (b)	=	350	mm
Tinggi kolom (h)	=	4800	mm
Selimut Beton (sb)	=	40	mm
Mutu Beton fc'	=	35	Mpa
fy ulir	=	420	Mpa
fy ulir sengkang	=	420	Mpa
Modulus Elastisitas Baja (Es)	=	200000	Mpa
Diameter Tul. Pokok	=	22	mm
Diameter Tul. Sengkang	=	13	mm
Tinggi bersih dinding geser	=	3750	mm

Pu maks	=	8578.930	kN
Mux maks	=	500.503	kN.m
Muy maks	=	16470.426	kN.m
Vux maks	=	239.970	kN
Vuy maks	=	328.960	kN

4.9.1 Kebutuhan Elemen Pembatas Khusus

Menurut SNI 2847 : 2019 Pasal 18.10.6.2 daerah tekan harus diberi komponen batas apabila persamaan berikut terpenuhi:

$$c > \frac{lw}{600 \times 2 \quad \delta_{u/hw}}$$

Dimana nilai δu/hw tidak kurang dari 0,005

Dari perhitungan simpangan didapat nilai δ : 29.91 mm

$$\frac{\delta_u}{h_w} = \frac{24.358}{33850} = 0.0007 < 0.005$$

maka dipakai : $\frac{\delta u}{hw} = 0.005$

Nilai c dari Sp Column : 995 mm (Lampiran)

Maka : $\frac{l_w}{600 \times 2\left(\frac{\delta u}{hw}\right)} = \frac{4200}{600 \times 0.01} = 933$ mm

Dari perhitungan diatas didapatkan nilai **995 mm > 933.33 mm**

Maka dinding struktur harus menggunakan Boundary Element

- Dimensi Elemen batas khusus

Berdasarkan SNI 2847-2019 pasal 18.10.6.4 (a), elemen batas harus diperpanjang pada arah horizontal dari serat tekan terluar sejauh minimal nilai yang terbesar dari c-0,1 lw dan c/2.

- $c - 0{,}1\, l_w = 995 - 0.1 \quad 4200 =$ **575 mm**
- $c/2 = \frac{995}{2} =$ **497.5 mm**

jadi *boundary element* harus dipasang sejauh 580 mm dari serat tekan terluar

(lbe = 580 mm)

Menurut SNI pasal 18.10.6.4 (c) untuk hw/lw ≥ 2,0 maka harus dicek :

$\frac{c}{} \geq \frac{3}{}$

$$\frac{lw}{955} \geq \frac{8}{4200}$$

$$0.23 \leq 0.375$$

Dari perhitungan diatas karena c/lw kurang dari 3/8 maka lebar elemen batas khusus boleh diambil kurang dari 300 mm. Tetapi disarankan diambil sebesar 300 atau lebih untuk mengurangi ketidak stabilan lateral zona tekan atau retak pada selimut beton Maka lebar elemen pembatas diambil 400 mm. (b = 400 mm)

Maka dimensi elemen pembatas khusus :

lbe x b = 580 mm x 400 mm

- Tulangan transversal (SNI 2847-2019 pasal 18.10.6.4 e)

Direncanakan tulangan elemen batas dengan hx :

≤ 1/3 dimensi terkecil elemen batas = 1/3 x 400 = **133.33 mm**

≤ 2/3 tebal elemen batas = 2/3 x 400 = **266.67 mm**

≤ **350** mm

Diambil nilai terkecil hx = 113 mm

Sehingga dapat digunakan sengkang pada elemen batas dengan hx = 113 mm

Maka nilai A_{sh} untuk masing - masing sisi sebagai berikut

(SNI 2847-2019 tabel 18.10.6.4)

Ag = h elemen batas x b elemen batas

= 580 x 400

= 232000 mm2

bc = h elemen batas - sb - sb - 1/2 db

= 580 - 40 - 40 - 0.5 13

= 487.0 mm

Ach = (h elemen batas - 2 sb) x (b elemen batas - 2 sb)

= (580 - 2 40) x (400 - 2 40)

= 160000 mm²

$$\mathbf{A_{sh}} = 0.09 \left(\frac{bc \; f'c \; s}{fyt} \right)$$

$$= 0.09 \left(\frac{487.0 \quad 35 \quad 113}{} \right) = 412.73 \; ^2$$

$$\text{Ash} = 0.3 \frac{s \; bc \; f'c}{fyt} \times \left(\frac{Ag}{Ach} - 1 \right) \quad \text{mm}$$

$$= 0.3 \frac{113 \quad 487 \quad 35}{420} \times \left(\frac{232000}{160000} - 1 \right) \quad \left(420 \right)$$

$$= \quad 619.099 \quad \text{mm2}$$

Digunakan Sengkang (hoop) **5 kaki D 13**

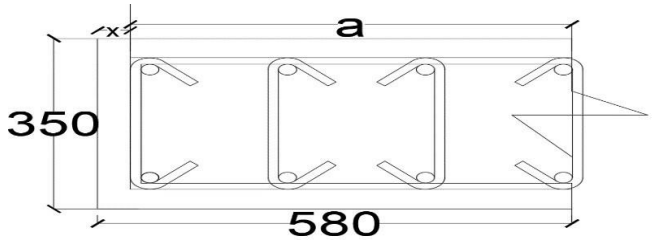
A_s pasang = 5 Tul x 1/4 x 3.14 x 13^2

= 663.66 mm^2 > 619.099 mm^2 **OK**

- Tulangan longitudinal pada elemen batas khusus

SNI 2847: 2019 Pasal R18.10.6.5 mengatakan bahwa rasio tulangan lobgitudinal dihitung dengan rumus:

penulangan pada elemen batas dicoba menggunakan tulangan 10 D 22



Gambar 4.43 Rasio tulangan longitudinal untuk elemen batas dinding

x = sb + db sengkang + 1/2 db tul pokok

= 40 + 13 + 11

= 64

Ab = luas 1 tulangan longitudinal

$$\rho = \frac{10 \; Ab}{h \; (2x + a)}$$

$$\rho = \frac{\left(10 \quad x \quad 379.94 \right)}{400 \left(2 \quad x \quad 64 \quad + \quad 452 \right)}$$

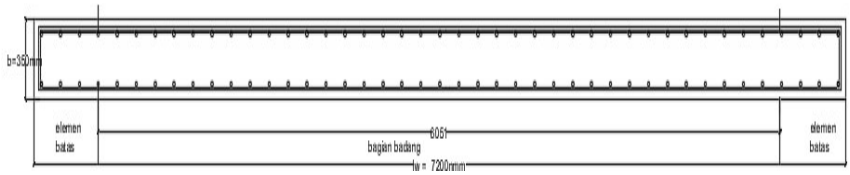
$$\rho = \quad 0.02$$

Menurut SNI 2847-2019 Pasal 18.7.4.1 luas tulangan memanjang (longitudinal), Ast, tidak boleh kurang dari 0,01 Ag atau lebih dari 0,06 Ag.

$0.01 \leq \rho \leq 0.06$

$0.01 \leq 0.02 \leq 0.06$ OK

spasi tulangan longitudinal mengacu pada nilai hx yang didapat pada perhitungan kebutuhan tulangan transversal yaitu sebesar : 113 mm



Gambar 4.44 skema bagian badan dan elemen batas

4.9.2 Perhitungan Penulangan Longitudinal dinding geser searah sumbu X

Penulangan longitudinal termasuk memperhitungkan tulangan longitudinal pada daerah elemen batas khusus (Boundery Element).

Menentukan Nilai $\beta 1$ untuk fc' = 35 sebagai berikut :

b_1 = 0.85 - 35 - 28 x 0.05 / 7

= 0.8

di coba menggunakan tulangan = 44 D 22

d' = sb + d. sengkang + 1/2 d tulangan

= 40 + 13 + 11

= 64 mm

ds = sb + d. sengkang + 1/2 d tulangan

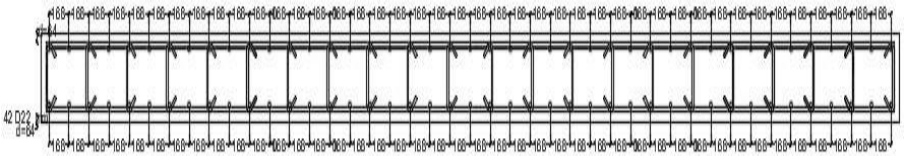
40 + 13 + 11

64 mm

d = h - ds

= 350 - 64.0

= 286 mm



Gambar 4.45 Skema d dan d' arah X dinding geser

Perhitungan jarak antar tulangan (x):

$$x1 = \frac{\text{Jarak antar tulangan tepi}}{\text{n tulangan yg ditinjau} - 1}$$

$$= \frac{h - 2 \times d'}{}$$

$$= \frac{\text{n tulangan yg ditinjau} - 1}{350 - 2 \times 64} = \frac{350 - 2 \times 64}{2 - 1}$$

$= 222$ mm

Luas penampang dinding geser (Ag)

$Ag = b \times h$

$Ag = 400 \times 4200$

$Ag = 1680000$ mm²

As 1 tul = D22 (1 tulangan)

$= 1/4\ \Pi\ D^2$

$= 1/4\ 3.14\ 22^2$

$= 380.3$ mm²

Menurut SNI 2847-2019 Pasal 18.7.4.1 luas tulangan memanjang (longitudinal), Ast, tidak boleh kurang dari 0,01 Ag atau lebih dari 0,06 Ag.

$\rho = 0.01$

$As = \rho \times Ag$

$As = 0.01 \times 1680000$

$As = 16800$ mm²

$$n\ tul = \frac{As}{Ast} = \frac{16800}{380} = 44$$

$Ast = n\ tul \times As\ 1\ tul$

$= 44 \times 380.3$

$= 16800$ mm2

Perhitungan luas tulangan (As) tiap baris:

Luas tulangan baris 1 (As 1) = Jumlah tulangan x 1/4 π D²

= 22 x 1/4 3.14 484

= 8358.7 mm²

Luas tulangan baris 2 (As 2) = Jumlah tulangan x 1/4 π D²

= 22 x 1/4 3.14 484

= 8358.7 mm²

A. Kondisi sentris

Beban sentris (Po)

$Po = 0.85\ fc'(Ag - Ast) + fy \times Ast$

$= 0.85 \quad 35 \left(1680000 - 16800 \right) + 420 \times 16800$

$= 56536200 \quad N$

$= 56536.2 \quad kN$

$Pn = 0.8 \times Po$

$= 0.8 \times 56536.2$

$= 45228.96 \quad kN$

$\emptyset Pn = 0.65 \times Pn$

$= 0.65 \times 45228.96$

$= 29398.82 \quad kN$

B. Kondisi Seimbang (cb)

$fy = 420 \quad Mpa$

$cb = \dfrac{600 \times d}{600 + fy}$

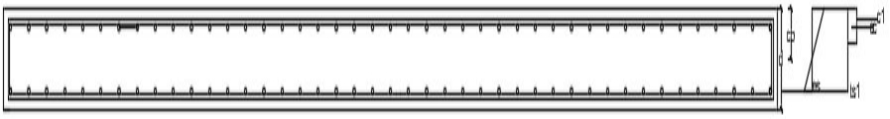
$cb = \dfrac{600 \times 286}{600 + 420}$

$cb = 168.24 \quad mm$

$ab = cb \times \beta 1$

$= 168.24 \times 0.8$

$= 134.59 \quad mm$



Gambar 4.46 Diagram tegangan regangan kondisi seimbang SW

Menghitung regangan tulangan:

$$ey = \frac{fy}{Es} = \frac{420}{200000} = 0.0021$$

$$es1 = \frac{cb - d'}{cb} \times ec = \frac{168.24 - 64.0}{168.24} \times 0.003$$

$= 0.0019 < ey = 0.0021$ → Maka di pakai nilai fs'

$$es2 = \frac{d' + 1 \times - cb}{cb} \times ec = \frac{64 + 1 \quad 222 \quad - \quad 168.2}{168.2} \times 0.003$$

$= 0.0021 = ey = 0.0021$ → Maka di pakai nilai fy ulir

Menghitung tegangan pada tulangan:

fs1 = es1 x Es
= 0.0019 x 200000
= **371.748 Mpa**

fs2 = es2 x Es
= 0.0021 x 200000
= **420.000 Mpa**

Menghitung gaya tekan dan tarik:

Cc = 0.85 fc' ab b
= 0.85 35 134.59 4800
= 19219200.0 N
= **19219.2 kN**

Cs1 = As 1 x fs1
= 8358.680 x 372
= 3107324.677 N
= **3107.325 kN**

Ts1 = As 2 x fs2
= 8358.680 x 420
= 3510645.600 N
= **3510.64560 kN**

Menghitung jarak gaya terhadap h/2:

h/2 = 175

ZCc = h/2 - ab/2
= 400 - 134.59

$$= 175 - 67.294$$

$$= \mathbf{107.71\ mm}$$

$$ZCs1 = h/2 - d'$$

$$= 175 - 64$$

$$= \mathbf{111\ mm}$$

$$ZTs1 = d' + 1 \times - h/2$$

$$= 64 + 1 \quad 222 - 200$$

$$= \mathbf{86\ mm}$$

Menghitung Pnb pada kondisi seimbang:

$$Pnb = Cc + Cs1 - Ts1$$

$$= 19219 + 3107.3 - 3510.6$$

$$= 18815.879 \text{ kN}$$

Menghitung ΦPnb pada kondisi seimbang:

$$\Phi Pnb = 0.65 \times Pnb$$

$$= 0.65 \times 18815.879$$

$$= 12230.321 \text{ kN}$$

Menghitung momen nominal (Mnb) pada kondisi seimbang:

$$MCc = Cc \times ZCc$$

$$= 19219.200 \times 107.71$$

$$= 2070020.9 \text{ kNmm}$$

$$= \mathbf{2070.021\ kNm}$$

$$MCs1 = Cs1 \times ZCs1$$

$$= 3107.325 \times 111$$

$$= 344913.04 \text{ kNmm}$$

$$= \mathbf{344.913\ kNm}$$

$$MTs1 = NTs1 \times ZTs1$$

$$= 3510.646 \times 86.00$$

$$= 301915.52 \text{ kNmm}$$

$$= \mathbf{301.916\ kNm}$$

Mn total = MCs1 + MCc + MTs1

= 344.91 + 2070.0 + 301.916

= 2716.849 kNm

ΦMnb = 0.65 x Mnb total

= 0.65 x 2716.849

= 1765.952 kNm

$$eb = \frac{\Phi Mnb}{Pnb}$$

$$= \frac{1765.952}{18815.879} = 0.094 \text{ m} = 93.85 \text{ mm}$$

C. Kondisi seimbang (1,25 x fy)

1.25 x fy = 1 x 420

= 525 Mpa

$$c = \frac{600 \times d}{600 + fy}$$

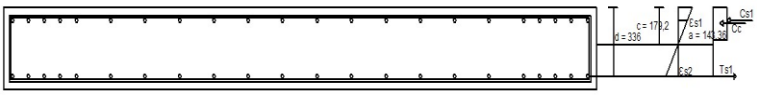
$$c = \frac{600 \times 286}{600 + 525}$$

c = 152.5 mm

a = c β1

= 152.5 0.8

= 122.03 mm



Gambar 4.47 Diagram tegangan regangan kondisi seimbang 1,25fy SW arah X

Menghitung regangan tulangan:

$$ey = \frac{fy}{Es}$$

$$= \frac{525}{200000}$$

= 0.0026

$$es1 = \frac{c - d'}{c} \times ec$$

$$= \frac{152.5 - 64.0}{152.5} \times 0.003$$

= 0.0017 < ey = 0.0026 → Maka di pakai nilai fs'

$$es2 = \frac{d' + 1 \quad x - c}{c} \times ec$$

$$= \frac{64.0 + 1 \quad 222 - 152.5}{152.5} \times 0.003$$

= 0.0026 = ey = 0.0026 → Maka di pakai nilai fy ulir

Menghitung tegangan pada tulangan:

fs1 = es1 x Es
= 0.0017 x 200000
= 348.252 Mpa

fs2 = es2 x Es
= 0.0026 x 200000
= 525 Mpa

Menghitung gaya tekan dan tarik:

Cc = 0.85 fc' a b
= 0.85 35 122.03 4800
= 17425408 N
= 17425.408 kN

Cs1 = As 1 x fs1
= 8358.680 x 348
= 2910924.923 N
= 2910.925 kN

Ts1 = As 2 x fs2
= 8358.680 x 525
= 4388307 N
= 4388.307 kN

Menghitung jarak gaya terhadap h/2:

h/2 = 175

ZCc = h/2 - a/2

$$\frac{400}{2} - \frac{122.03}{2}$$

= 175 - 61.013
= **113.99 mm**

ZCs1 = h/2 - d'
= 175 - 64
= **111 mm**

ZTs1 = d' + 1 x - h/2
= 64 + 1 222 - 175
= **111 mm**

Menghitung Pnb pada kondisi seimbang (1,25 fy)

Pnb = Cc + Cs1 - Ts1
= 17425.408 + 2910.925 - 4388.307
= 15948.026 kN

Menghitung ΦPnb pada kondisi seimbang (1,25 fy)

Φ Pnb = 0.65 x Pnb
= 0.65 x 15948.026
= 10366.217 kN

Menghitung momen nominal (Mnb) pada kondisi seimbang(1,25 fy):

MCc = Cc x ZCc
= 17425.408 x 113.99
= 1986264.2 kNmm
= 1986.264 kNm

MCs1 = Cs1 x ZCs1
= 2910.925 x 111
= 323112.67 kNmm
= 323.113 kNm

MTs1 = NTs1 x ZTs1
= 4388.307 x 111
= 487102.08 kNmm
= 487.102 kNm

Mn total = MCs1 + MCc + MTs1
= 323.11 + 1986.3 + 487.10
= 2796.479 kNm

ΦMnb = 1 x Mnb total
= 1 x 2796.479
= **2796.479 kNm**

$$eb = \frac{\Phi Mnb}{Pnb}$$

$$= \frac{2796.5}{15948}$$

= 0.175 m
= 175.35 mm

D. Kondisi Patah Desak (c > cb)

fy = 420 Mpa

$$cb = \frac{600 \times d}{600 + fy}$$

$$cb = \frac{600 \times 286}{600 + 420}$$

cb = 168.2 mm

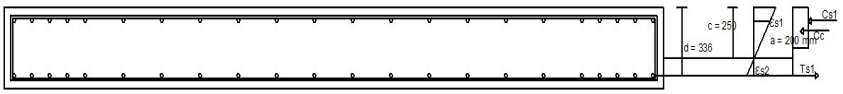
Karena kondisi patah desak c > cb, maka digunakan nilai c sebagai berikut:

c = 250 mm

a = c β1

= 250 0.8

= 200 mm



Gambar 4.48 Diagram tegangan regangan kondisi patah desak SW arah X

Menghitung regangan tulangan:

$$ey = \frac{fy}{Es}$$

$$= \frac{420}{200000}$$

= 0.0021

$$es1 = \frac{c - d'}{c} \times ec$$

$$= \frac{250 - 64}{250} \times 0.003$$

= 0.0022 > ey = 0.0021 → Maka di pakai nilai fy ulir

$$es2 = \frac{d' + 1 \times - c}{c} \times ec$$

$$= \frac{64.0 + 1 \quad 222 - 250}{250.0} \times 0.003$$

= 0.000 < ey = 0.002 → Maka di pakai nilai fs'

Menghitung tegangan pada tulangan:

fs1 = fy ulir

= 420 Mpa

fs2 = es2 x Es
= 0.000 x 200000
= 86.4 Mpa

Menghitung gaya tekan dan tarik:

Cc = 0.85 fc' a b
= 0.85 35 200 4800
= 28560000 N
= **28560 kN**

Cs1 = As 1 x fs1
= 8358.680 x 420
= 3510645.600 N
= **3510.646 kN**

Ts1 = As 2 x fs2
= 8358.680 x 86.40
= 722189.952 N
= **722.190 kN**

Menghitung jarak gaya terhadap h/2:

h/2 = 175

ZCc = h/2 - a/2

$$= \frac{400}{2} - \frac{200}{2}$$

= 175 - 100
= 75 mm

ZCs1 = h/2 - d'
= 175 - 64
= 111 mm

ZTs1 = d' + 1 x - h/2
= 64 + 1 222 - 175
= 111 mm

Menghitung Pnb pada kondisi patah desak (c > cb) :

Pnb = Cc + Cs1 - Ts1
= 28560 + 3510.6 - 722.190
= 31348.456 kN

Menghitung ΦPnb pada kondisi patahh desak (c >cb) :

Φ Pnb = 0.65 x Pnb
= 0.65 x 31348.46
= 20376.496 kN

Menghitung momen nominal (Mnb) pada kondisi patah desak (c > cb) :

MCc = Cc x ZCc
= 28560 x 75
= 2142000 kNmm
= **2142.000 kNm**
MCs1 = Cs1 x ZCs1
= 3510.646 x 111
= 389681.66 kNmm
= **389.682 kNm**
MTs1 = Ts1 x ZTs1
= 722.190 x 111
= 80163 kNmm
= **80.163 kNm**
Mn total = MCc + MCs1 + MTs1
= 2142 + 389.68 + 80.16
= 2611.845 kNm
ΦMnb = 0.65 x Mnb total
= 0.65 x 2611.845
= 1697.699 kNm

$$eb = \frac{\Phi Mnb}{Pnb} = \frac{1697.7}{31348.46}$$

= 0.054 m
= 54.156 mm

E. Kondisi Patah Tarik (c < cb)

fy = 420 Mpa

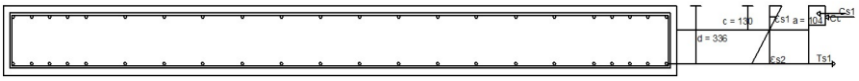
$$cb = \frac{600 \times d}{600 + fy}$$

$$cb = \frac{600 \times 286}{600 + 420}$$

cb = 168.2 mm

Karena kondisi patah tarik c < cb, maka digunakan nilai c sebagai berikut:

c = 130 mm
a = c β1
= 130 0.8
= 104 mm



Gambar 4.49 Diagram tegangan regangan kondisi patah tarik SW arah X

Menghitung regangan tulangan:

$$ey = \frac{fy}{Es}$$

$$= \frac{420}{200000}$$

$$= 0.0021$$

$$es1 = \frac{c - d'}{c} \times ec$$

$$= \frac{130 - 64}{130} \times 0.003$$

$$= 0.0015 < ey = 0.0021$$ → Maka di pakai nilai fs'

$$es2 = \frac{d' + 1 \times - c}{c} \times ec$$

$$= \frac{64 + 1\ 222 - 130}{130} \times 0.003$$

$$= 0.004 > ey = 0.0021$$ → Maka di pakai nilai fy ulir

Menghitung tegangan pada tulangan:

$$fs1 = es1 \times Es$$

$$= 0.0015 \times 200000$$

$$= 304.615$$

$$fs2 = fy\ ulir$$

$$= 420\ Mpa$$

Menghitung gaya tekan dan tarik:

$$Cc = 0.85\ fc'\ a\ b$$

$$= 0.85\ 35\ 104\ 4800$$

$$= 14851200\ N$$

$$= 14851.2\ kN$$

$$Cs1 = As\ 1 \times fs1$$

$$= 8358.680 \times 305$$

$$= 2546182.523\ N$$

$$= 2546.183\ kN$$

$$Ts1 = As\ 2 \times fs2$$

= 8358.680 x 420
= 3510645.6 N
= 3510.646 kN

Menghitung jarak gaya terhadap h/2:

h/2 = 175

ZCc = h/2 - ab/2

$= \frac{400}{2} - \frac{104}{2}$

= 175 - 52
= 123 mm

ZCs1 = h/2 - d'
= 175 - 64
= 111 mm

ZTs1 = d' + 1 x - h/2
= 64 + 1 222 - 175
= 111 mm

Menghitung Pnb pada Kondisi Patah Tarik (c < cb)

Pnb = Cc + Cs1 - Ts1
= 14851.2 + 2546.183 - 3510.6
= 13886.737 kN

Menghitung ΦPnb pada Kondisi Patah Tarik (c < cb)

Φ Pnb = 0.65 x Pnb
= 0.65 x 13886.737
= 9026.379 **kN**

Menghitung momen nominal (Mnb) pada Kondisi Patah Tarik (c < cb)

MCc = Cc x ZCc
= 14851.200 x 123
= 1826697.6 kNmm
= **1826.698 kNm**

MCs1 = Cs1 x ZCs1
= 2546.183 x 111
= 282626.2601 kNmm
= **282.626 kNm**

MTs1 = NTs1 x ZTs1
= 3510.646 x 111
= 389681.662 kNmm
= **389.68 kNm**

Mn total = MCs1 + MCc + MTs1
= 282.63 + 1826.7 + 389.68
= 2499.006 kNm

$\Phi Mnb = 0.65 \times Mnb\ total$

$= 0.65 \times 2499.006$

$= \mathbf{1624.354}\ \mathbf{kNm}$

$eb = \dfrac{\Phi Mnb}{Pnb}$

$= \dfrac{1624.354}{13886.737}$

$= 0.117\ m$

$= 116.972\ mm$

F. Kondisi lentur murni

Dicoba pemasangan tulangan sebagai berikut:

Tulangan tarik As 22 D 22 = 8358.7 mm^2

Tulangan tekan As' 22 D 22 = 8358.7 mm^2

$y1 = d' = 40 + 13 \times 0.5\ 22$

$= 64\ mm$

$y2 = 64 + 222$

$= 286\ mm$

$d = h - sb - D - D.\ tul\ utama$

$= 350 - 40 - 13 - 1/2\ 22$

$= 286\ mm$

Dimisalkan garis netral (c) dihitung berdasarkan d' < c < y2. Maka garis netral dicari menggunakan persamaan berikut :

$Cc + Cs = Ts$

$0.85\ fc'\ a\ b + As\ fs' = As\ fy\ ulir$

Substitusi nilai fs' : $\dfrac{fs'}{\varepsilon c} = \left(\dfrac{c - d'}{c}\right) Es$

$\varepsilon c = 0.003$

$fs' = \left(\dfrac{c - d'}{c}\right) \varepsilon c\ Es$

$fs' = \left(\dfrac{c - d'}{c}\right) 0.003\ 200000$

$fs' = \left(\dfrac{c - d'}{c}\right) 600$

$\left(0.85\ fc'\ a\ b\right) + As\left(\dfrac{c - d'}{c}\right) 600 = As\ fy\ ulir$

$\left(0.85\ fc'\ b\right) c + 600\ As\ c - 600\ As\ d' = As\ fy\ c$

Subtitusi nilai a: $= \beta 1\ c$

$$\left(0.85\ fc'\ \beta 1\ c\ b\right) c + 600\ As'\ c - 600\ As'\ d' = As\ fy\ ulir\ c$$

$$\left(0.85\ fc'\ \beta 1\ b\right) c^2 + 600\ As'\ c - 600\ As'\ d' = As\ fy\ ulir\ c$$

$$\left(0.85\ 35\ 0.8\ 350\right) c^2 + 600\ 8358.7\ c - 600\ 8358.7\ 64 = 8358.7\ 420\ c$$

$$8330\ c^2 + 5015208\ c - -320973312 = 3510645.6\ c$$

$$8330\ c^2 + 5015208\ c - 3510645.6\ c - -320973312 = 0$$

$$8330\ c^2 + 1504562.4\ c - -320973312 = 0$$

a = **8330**
b = **1504562.4**
c = **-320973312**

Dihitung dengan rumus ABC:

$$c = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4\ a\ c}}{2\ a}$$

$$c = \frac{-1504562.4 \pm \sqrt{2263708015494 - 4\ 8330\ -320973312}}{16660}$$

$$c+ = \frac{-1504562.4 + \sqrt{12958538771334}}{16660}$$

= **125.76** mm

$$c- = \frac{-1504562.4 - \sqrt{12958538771334}}{16660}$$

= -306.384 mm

Maka di pakai nilai c = **125.76** mm

CEK asumsi d' < (c)

d' < c < y2

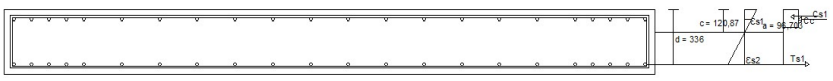
64 < 125.76 < 286 **Benar**

Dari nilai c (garis netral) ternyata lebih besar dari d', maka di lanjutkan menghitung nilai a :

a = $\beta 1$ x c

= 0.80 x 125.76

= 100.612 mm



Gambar 4.50 Diagram tegangan regangan kondisi lentur murni SW arah x

Menghitung regangan tulangan:

$$ey = \frac{fy}{Es} = \frac{420}{200000} = 0.0021$$

$$es1 = \frac{c - d'}{c} \times ec = \frac{125.76 - 64.0}{125.8} \times 0.003 = 0.0015 < ey = 0.0021 \rightarrow \text{Maka di pakai nilai fs'}$$

$$es2 = \frac{d' + x - c}{c} \times ec = \frac{64.0 + 222.0 - 125.76}{125.764} \times 0.003 = 0.0038 > ey = 0.0021 \rightarrow \text{Maka di pakai nilai fy ulir}$$

Menghitung tegangan pada tulangan:

$$fs1 = es1 \times Es = 0.0015 \times 200000 = 294.667 \text{ Mpa}$$

$$fs2 = \text{Fy ulir} = 420 \text{ Mpa}$$

Menghitung gaya tekan dan tarik:

$$Cc = 0.85 \; fc' \; a \; b = 0.85 \; 35 \; 100.612 \; 4800 = 14367323.29 \text{ N} = 14367.323 \text{ kN}$$

$$Cs1 = As\,1 \times fs1 = 8358.680 \times 295 = 2463028.277 \text{ N} = 2463.028 \text{ kN}$$

$$Ts1 = As\,2 \times fs2 = 8358.680 \times 420 = 3510645.600 \text{ N} = 3510.646 \text{ kN}$$

Menghitung jarak gaya terhadap garis netral

$$h/2 = 200 \textbf{ mm}$$

ZCc = c - a/2

$= \frac{400}{2} - \frac{100.612}{2}$

= 200 - 50.306

= 149.694 mm

ZCs1 = c - d'

= 125.76 - 64

= 62 mm

ZTs1 = d' + x - c

= 64.0 + 222 - 125.76

= 160.236 mm

Menghitung momen nominal (Mnb) pada Kondisi lentur murni :

MCc = Cc x ZCc

= 14367 x 149.694

= 2150705.63 kNmm

= **2151 kNm**

MCs1 = Cs1 x ZCs1

= 2463.028 x 62

= 152127.426 kNmm

= **152.127 kNm**

MTs1 = Ts1 x ZTs1

= 3511 x 160.236

= 562530.46 kNmm

= **562.530 kNm**

Mn total = MCc + MCs1 + MTs1

= 2151 + 152.13 + 562.53

= 2865.36 kNm

ΦMnb = 0.65 x Mnb total

= 0.65 x 2865.4

= 1862.486 kNm

Tabel 4.59 Rekapitulasi Nilai ϕPn dan ϕMn Tulangan 44 D 22

Kondisi	**44 D 22**	
	ϕ Pn (kN)	ϕ Mn (kNm)
Sentris	29398.824	0
Patah desak	20376.496	1697.699
balance	12230.321	1765.952
balance 1,25 fy	10366.217	2796.479
Patah Tarik	9026.379	1624.354
Lentur murni	0	1862.486

Tabel 4.60 Rekapitulasi Nilai ϕPn dan ϕMn Tulangan 66 D 22

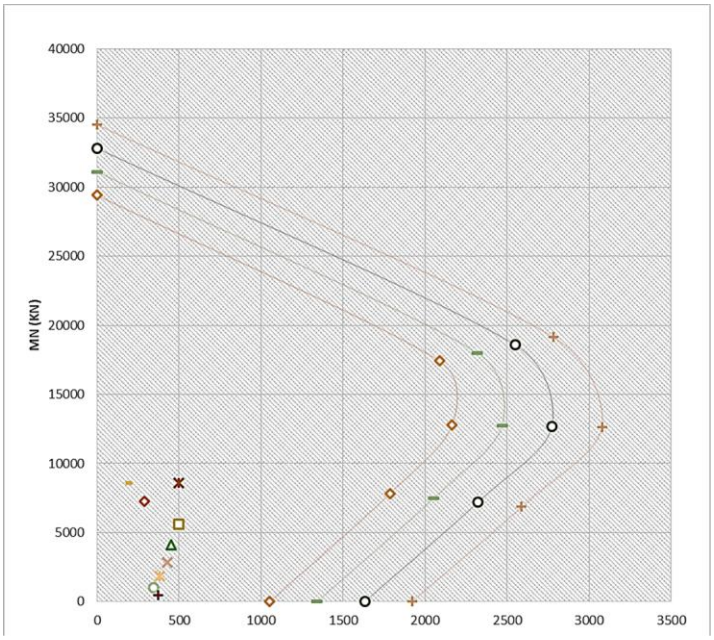
Kondisi	**66 D 22**	
	ϕ Pn (kN)	ϕ Mn (kNm)
Sentris	31103.436	0
Patah desak	17984.279	2318.63
balance	12725.496	2468.31
balance 1,25 fy	10508.202	3851.50
Patah Tarik	7506.269	2053.24
Lentur murni	0	1341.90

Tabel 4.61 Rekapitulasi Nilai ϕPn dan ϕMn Tulangan 88 D 22

Kondisi	**88 D 22**	
	ϕ Pn (kN)	ϕ Mn (kNm)
Sentris	32808.048	0
Patah desak	18564.538	2550.05
balance	12686.687	2773.37
balance 1,25 fy	10129.823	4369.14
Patah Tarik	7192.818	2320.95
Lentur murni	0	1630.96

Tabel 4. 62 Rekapitulasi Nilai ϕPn dan ϕMn Tulangan 110 D 22

Kondisi	**110 D 22**	
	ϕ Pn (kN)	ϕ Mn (kNm)
Sentris	34512.660	0
Patah desak	19144.798	2781.48
balance	12647.879	3078.43
balance 1,25 fy	9751.443	4886.78
Patah Tarik	6879.368	2588.66
Lentur murni	0	1920.03



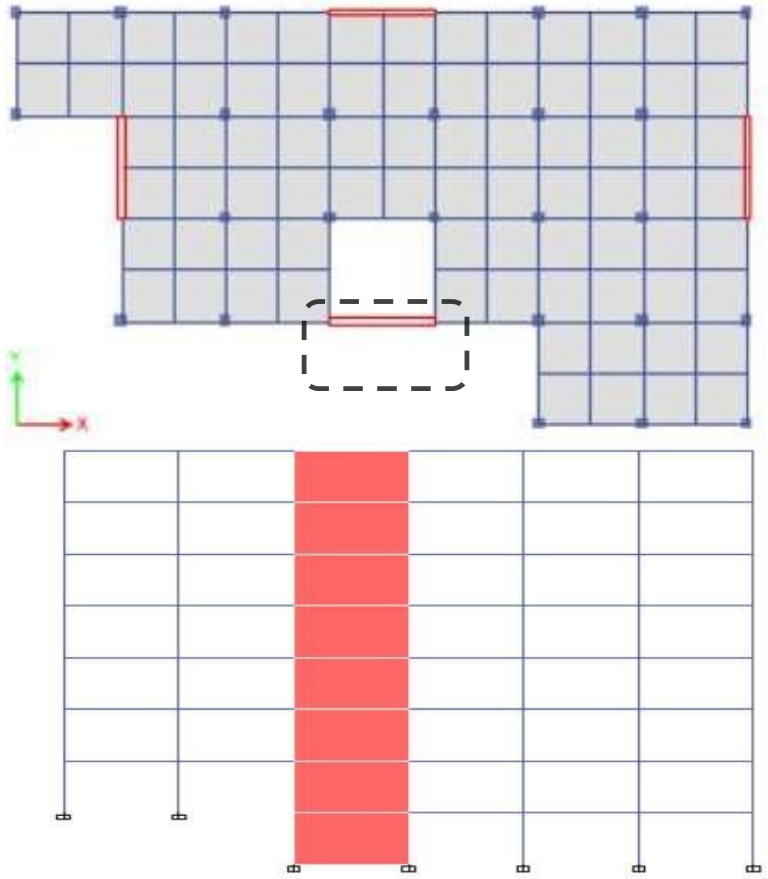
Gambar 4.51 Diagram interaksi dinding geser arah X

Tabel 4.63 nilai Pu, Mx dinding geser tiap lantai

Lantai	Kode	Pu (kN)	Mx (kNm)
L7	dg7	434.51	423.30
L6	dg6	1536.02	5730.30
L5	dg5	2633.90	932.47
L4	dg4	3727.19	1572.57
L3	dg3	4194.20	2646.02
L2	dg2	5143.57	47123.80
L1	dg1	6077.22	74386.51
0	0	0.00	183.45

Dari diagram interaksi diatas dapat disimpulkan bahwa Pu maksimum dan Mu arah X (MuX) pada lantai 1 -8 dapat dipikul oleh konfigurasi tulangan 44 D 22.

4.9 perhitungan Penulangan dinding Struktural



Gambar 4.42 dinding geser rencana P1 lantai 1

Data perencanaan :

Lebar Kolom (b)	=	350	mm
Tinggi kolom (h)	=	4800	mm
Selimut Beton (sb)	=	40	mm
Mutu Beton fc'	=	35	Mpa
fy ulir	=	420	Mpa
fy ulir sengkang	=	420	Mpa
Modulus Elastisitas Baja (Es)	=	200000	Mpa
Diameter Tul. Pokok	=	22	mm
Diameter Tul. Sengkang	=	13	mm
Tinggi bersih dinding geser	=	3750	mm

Pu maks	=	8578.930	kN
Mux maks	=	500.503	kN.m
Muy maks	=	16470.426	kN.m
Vux maks	=	239.970	kN
Vuy maks	=	328.960	kN

4.9.1 Kebutuhan Elemen Pembatas Khusus

Menurut SNI 2847 : 2019 Pasal 18.10.6.2 daerah tekan harus diberi komponen batas apabila persamaan berikut terpenuhi:

$$c > \frac{lw}{600 \times 2 \quad \delta_{u/hw}}$$

Dimana nilai δu/hw tidak kurang dari 0,005

Dari perhitungan simpangan didapat nilai δ : 29.91 mm

$$\frac{\delta_u}{h_w} = \frac{24.358}{33850} = 0.0007 < 0.005$$

maka dipakai : $\frac{\delta u}{hw} = 0.005$

Nilai c dari Sp Column : 995 mm (Lampiran)

Maka : $\frac{l_w}{600 \times 2\left(\frac{\delta u}{hw}\right)} = \frac{4200}{600 \times 0.01} = 933$ mm

Dari perhitungan diatas didapatkan nilai **995 mm > 933.33 mm**

Maka dinding struktur harus menggunakan Boundary Element

- Dimensi Elemen batas khusus

Berdasarkan SNI 2847-2019 pasal 18.10.6.4 (a), elemen batas harus diperpanjang pada arah horizontal dari serat tekan terluar sejauh minimal nilai yang terbesar dari c-0,1 lw dan c/2.

- $c - 0{,}1\, l_w = 995 - 0.1 \quad 4200 =$ **575 mm**
- $c/2 = \frac{995}{2} =$ **497.5 mm**

jadi *boundary element* harus dipasang sejauh 580 mm dari serat tekan terluar

(lbe = 580 mm)

Menurut SNI pasal 18.10.6.4 (c) untuk hw/lw ≥ 2,0 maka harus dicek :

$\frac{c}{} \geq \frac{3}{}$

$$\frac{lw}{955} \geq \frac{8}{4200}$$

$$0.23 \leq 0.375$$

Dari perhitungan diatas karena c/lw kurang dari 3/8 maka lebar elemen batas khusus boleh diambil kurang dari 300 mm. Tetapi disarankan diambil sebesar 300 atau lebih untuk mengurangi ketidak stabilan lateral zona tekan atau retak pada selimut beton Maka lebar elemen pembatas diambil 400 mm. (b = 400 mm)

Maka dimensi elemen pembatas khusus :

lbe x b = 580 mm x 400 mm

- Tulangan transversal (SNI 2847-2019 pasal 18.10.6.4 e)

Direncanakan tulangan elemen batas dengan hx :

≤ 1/3 dimensi terkecil elemen batas = 1/3 x 400 = **133.33 mm**

≤ 2/3 tebal elemen batas = 2/3 x 400 = **266.67 mm**

≤ **350** mm

Diambil nilai terkecil hx = 113 mm

Sehingga dapat digunakan sengkang pada elemen batas dengan hx = 113 mm

Maka nilai A_{sh} untuk masing - masing sisi sebagai berikut

(SNI 2847-2019 tabel 18.10.6.4)

Ag = h elemen batas x b elemen batas

= 580 x 400

= 232000 mm2

bc = h elemen batas - sb - sb - 1/2 db

= 580 - 40 - 40 - 0.5 13

= 487.0 mm

Ach = (h elemen batas - 2 sb) x (b elemen batas - 2 sb)

= (580 - 2 40) x (400 - 2 40)

= 160000 mm²

$$\mathbf{A_{sh}} = 0.09\left(\frac{bc\ f'c\ s}{fyt}\right)$$

$$= 0.09\left(\frac{487.0 \quad 35 \quad 113}{}\right) = 412.73 \ ^2$$

$$\text{Ash} = 0.3 \frac{s\ bc\ f'c}{fyt} \times \left(\frac{Ag}{Ach} - 1 \right) \quad \text{mm}$$

$$= 0.3 \frac{113 \quad 487 \quad 35}{420} \times \left(\frac{232000}{160000} - 1 \right)$$

$$= \quad 619.099 \quad \text{mm2}$$

Digunakan Sengkang (hoop) **5 kaki D 13**

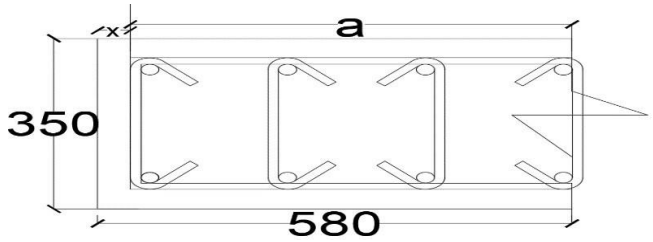
A_s pasang = 5 Tul x 1/4 x 3.14 x 13^2

= 663.66 mm^2 > 619.099 mm^2 **OK**

- Tulangan longitudinal pada elemen batas khusus

SNI 2847: 2019 Pasal R18.10.6.5 mengatakan bahwa rasio tulangan lobgitudinal dihitung dengan rumus:

penulangan pada elemen batas dicoba menggunakan tulangan 10 D 22



Gambar 4.43 Rasio tulangan longitudinal untuk elemen batas dinding

x = sb + db sengkang + 1/2 db tul pokok

= 40 + 13 + 11

= 64

Ab = luas 1 tulangan longitudinal

$$\rho = \frac{10\ Ab}{h\ (2x + a)}$$

$$\rho = \frac{10 \times 379.94}{400\ (2 \times 64 + 452)}$$

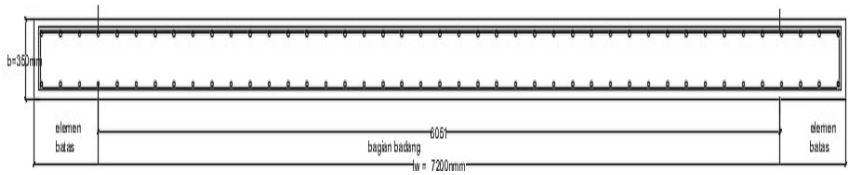
ρ = 0.02

Menurut SNI 2847-2019 Pasal 18.7.4.1 luas tulangan memanjang (longitudinal), Ast, tidak boleh kurang dari 0,01 Ag atau lebih dari 0,06 Ag.

$0.01 \leq \rho \leq 0.06$

$0.01 \leq 0.02 \leq 0.06$ OK

spasi tulangan longitudinal mengacu pada nilai hx yang didapat pada perhitungan kebutuhan tulangan transversal yaitu sebesar : 113 mm



Gambar 4.44 skema bagian badan dan elemen batas

4.9.2 Perhitungan Penulangan Longitudinal dinding geser searah sumbu X

Penulangan longitudinal termasuk memperhitungkan tulangan longitudinal pada daerah elemen batas khusus (Boundery Element).

Menentukan Nilai $\beta 1$ untuk fc' = 35 sebagai berikut :

b_1 = 0.85 - 35 - 28 x 0.05 / 7

= 0.8

di coba menggunakan tulangan = 44 D 22

d' = sb + d. sengkang + 1/2 d tulangan

= 40 + 13 + 11

= 64 mm

ds = sb + d. sengkang + 1/2 d tulangan

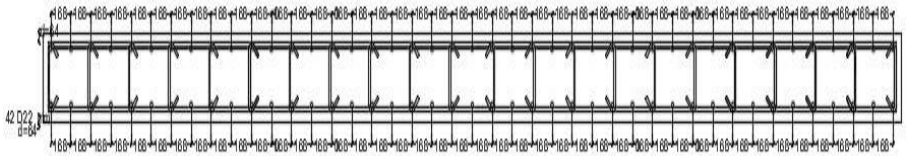
40 + 13 + 11

64 mm

d = h - ds

= 350 - 64.0

= 286 mm



Gambar 4.45 Skema d dan d' arah X dinding geser

Perhitungan jarak antar tulangan (x):

$$x1 = \frac{\text{Jarak antar tulangan tepi}}{\text{n tulangan yg ditinjau} - 1}$$

$$= \frac{h - 2 \times d'}{}$$

$$= \frac{\text{n tulangan yg ditinjau} - 1}{350 - 2} \times 64$$

$$= \frac{}{2 - 1}$$

$$= 222 \text{ mm}$$

Luas penampang dinding geser (Ag)

$Ag = b \times h$

$Ag = 400 \times 4200$

$Ag = 1680000 \text{ mm}^2$

As 1 tul = D22 (1 tulangan)

$= 1/4 \ \Pi \ D^2$

$= 1/4 \ 3.14 \ 22^2$

$= 380.3 \text{ mm}^2$

Menurut SNI 2847-2019 Pasal 18.7.4.1 luas tulangan memanjang (longitudinal), Ast, tidak boleh kurang dari 0,01 Ag atau lebih dari 0,06 Ag.

$\rho = 0.01$

$As = \rho \times Ag$

$As = 0.01 \times 1680000$

$As = 16800 \text{ mm}^2$

$$n \text{ tul} = \frac{As}{Ast}$$

$$= \frac{16800}{380}$$

$$= 44$$

$Ast = n \text{ tul} \times As \text{ 1 tul}$

$= 44 \times 380.3$

$= 16800 \text{ mm2}$

Perhitungan luas tulangan (As) tiap baris:

Luas tulangan baris 1 (As 1) = Jumlah tulangan x 1/4 π D²

= 22 x 1/4 3.14 484

= 8358.7 mm²

Luas tulangan baris 2 (As 2) = Jumlah tulangan x 1/4 π D²

= 22 x 1/4 3.14 484

= 8358.7 mm²

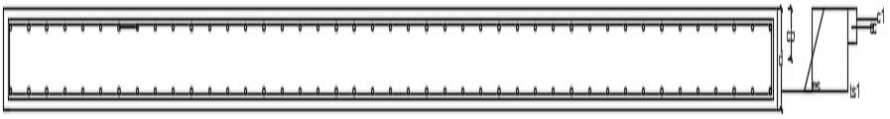
A. Kondisi sentris

Beban sentris (Po)

$$Po = 0.85\ fc'(Ag - Ast) + fy \times Ast$$
$$= 0.85 \quad 35 \left(1680000 - 16800 \right) + 420 \times 16800$$
$$= 56536200 \quad N$$
$$= 56536.2 \quad kN$$
$$Pn = 0.8 \times Po$$
$$= 0.8 \times 56536.2$$
$$= 45228.96 \quad kN$$
$$\emptyset Pn = 0.65 \times Pn$$
$$= 0.65 \times 45228.96$$
$$= 29398.82 \quad kN$$

B. Kondisi Seimbang (cb)

$$fy = 420 \quad Mpa$$
$$cb = \frac{600 \times d}{600 + fy}$$
$$cb = \frac{600 \times 286}{600 + 420}$$
$$cb = 168.24 \quad mm$$
$$ab = cb \times \beta 1$$
$$= 168.24 \times 0.8$$
$$= 134.59 \quad mm$$



Gambar 4.46 Diagram tegangan regangan kondisi seimbang SW

Menghitung regangan tulangan:

$$ey = \frac{fy}{Es} = \frac{420}{200000} = 0.0021$$

$$es1 = \frac{cb - d'}{cb} \times ec = \frac{168.24 - 64.0}{168.24} \times 0.003$$

$= 0.0019 < ey = 0.0021$ → Maka di pakai nilai fs'

$$es2 = \frac{d' + 1 \times - cb}{cb} \times ec = \frac{64 + 1 \quad 222 \quad - \quad 168.2}{168.2} \times 0.003$$

$= 0.0021 = ey = 0.0021$ → Maka di pakai nilai fy ulir

Menghitung tegangan pada tulangan:

fs1 = es1 x Es
= 0.0019 x 200000
= **371.748 Mpa**

fs2 = es2 x Es
= 0.0021 x 200000
= **420.000 Mpa**

Menghitung gaya tekan dan tarik:

Cc = 0.85 fc' ab b
= 0.85 35 134.59 4800
= 19219200.0 N
= **19219.2 kN**

Cs1 = As 1 x fs1
= 8358.680 x 372
= 3107324.677 N
= **3107.325 kN**

Ts1 = As 2 x fs2
= 8358.680 x 420
= 3510645.600 N
= **3510.64560 kN**

Menghitung jarak gaya terhadap h/2:

h/2 = 175

ZCc = h/2 - ab/2
= 400 - 134.59

$$= 175^2 - 67.294^2$$

$$= \mathbf{107.71\ mm}$$

$$ZCs1 = h/2 - d'$$

$$= 175 - 64$$

$$= \mathbf{111\ mm}$$

$$ZTs1 = d' + 1 \times - h/2$$

$$= 64 + 1 \times 222 - 200$$

$$= \mathbf{86\ mm}$$

Menghitung Pnb pada kondisi seimbang:

$$Pnb = Cc + Cs1 - Ts1$$

$$= 19219 + 3107.3 - 3510.6$$

$$= 18815.879\ kN$$

Menghitung ΦPnb pada kondisi seimbang:

$$\Phi Pnb = 0.65 \times Pnb$$

$$= 0.65 \times 18815.879$$

$$= 12230.321\ kN$$

Menghitung momen nominal (Mnb) pada kondisi seimbang:

$$MCc = Cc \times ZCc$$

$$= 19219.200 \times 107.71$$

$$= 2070020.9\ kNmm$$

$$= \mathbf{2070.021\ kNm}$$

$$MCs1 = Cs1 \times ZCs1$$

$$= 3107.325 \times 111$$

$$= 344913.04\ kNmm$$

$$= \mathbf{344.913\ kNm}$$

$$MTs1 = NTs1 \times ZTs1$$

$$= 3510.646 \times 86.00$$

$$= 301915.52\ kNmm$$

$$= \mathbf{301.916\ kNm}$$

Mn total = MCs1 + MCc + MTs1

= 344.91 + 2070.0 + 301.916

= 2716.849 kNm

ΦMnb = 0.65 x Mnb total

= 0.65 x 2716.849

= 1765.952 kNm

$$eb = \frac{\Phi Mnb}{Pnb}$$

$$= \frac{1765.952}{18815.879} = 0.094 \text{ m} = 93.85 \text{ mm}$$

C. Kondisi seimbang (1,25 x fy)

1.25 x fy = 1 x 420

= 525 Mpa

$$c = \frac{600 \times d}{600 + fy}$$

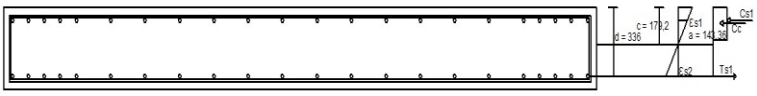
$$c = \frac{600 \times 286}{600 + 525}$$

c = 152.5 mm

a = c β1

= 152.5 0.8

= 122.03 mm



Gambar 4.47 Diagram tegangan regangan kondisi seimbang 1,25fy SW arah X

Menghitung regangan tulangan:

$$ey = \frac{fy}{Es}$$

$$= \frac{525}{200000}$$

= 0.0026

$$es1 = \frac{c - d'}{c} \times ec$$

$$= \frac{152.5 - 64.0}{152.5} \times 0.003$$

= 0.0017 < ey = 0.0026 → Maka di pakai nilai fs'

$$es2 = \frac{d' + 1 - c}{c} \times ec$$

$$= \frac{64.0 + 1 - 152.5}{152.5} \times 0.003$$

= 0.0026 = ey = 0.0026 → Maka di pakai nilai fy ulir

Menghitung tegangan pada tulangan:

fs1 = es1 x Es
= 0.0017 x 200000
= 348.252 Mpa

fs2 = es2 x Es
= 0.0026 x 200000
= 525 Mpa

Menghitung gaya tekan dan tarik:

Cc = 0.85 fc' a b
= 0.85 35 122.03 4800
= 17425408 N
= 17425.408 kN

Cs1 = As 1 x fs1
= 8358.680 x 348
= 2910924.923 N
= 2910.925 kN

Ts1 = As 2 x fs2
= 8358.680 x 525
= 4388307 N
= 4388.307 kN

Menghitung jarak gaya terhadap h/2:

h/2 = 175

ZCc = h/2 - a/2

$$\frac{400}{2} - \frac{122.03}{2}$$

= 175 - 61.013
= **113.99 mm**

ZCs1 = h/2 - d'
= 175 - 64
= **111 mm**

ZTs1 = d' + 1 x - h/2
= 64 + 1 222 - 175
= **111 mm**

Menghitung Pnb pada kondisi seimbang (1,25 fy)

Pnb = Cc + Cs1 - Ts1
= 17425.408 + 2910.925 - 4388.307
= 15948.026 kN

Menghitung ΦPnb pada kondisi seimbang (1,25 fy)

Φ Pnb = 0.65 x Pnb
= 0.65 x 15948.026
= 10366.217 kN

Menghitung momen nominal (Mnb) pada kondisi seimbang(1,25 fy):

MCc = Cc x ZCc
= 17425.408 x 113.99
= 1986264.2 kNmm
= 1986.264 kNm

MCs1 = Cs1 x ZCs1
= 2910.925 x 111
= 323112.67 kNmm
= 323.113 kNm

MTs1 = NTs1 x ZTs1
= 4388.307 x 111
= 487102.08 kNmm
= 487.102 kNm

Mn total = MCs1 + MCc + MTs1
= 323.11 + 1986.3 + 487.10
= 2796.479 kNm

ΦMnb = 1 x Mnb total
= 1 x 2796.479
= **2796.479 kNm**

$$eb = \frac{\Phi Mnb}{Pnb}$$

$$= \frac{2796.5}{15948}$$

= 0.175 m
= 175.35 mm

D. Kondisi Patah Desak (c > cb)

fy = 420 Mpa

$$cb = \frac{600 \times d}{600 + fy}$$

$$cb = \frac{600 \times 286}{600 + 420}$$

cb = 168.2 mm

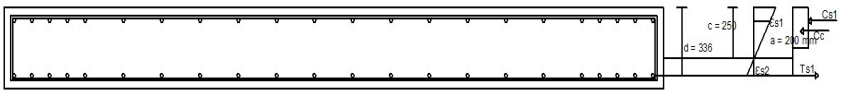
Karena kondisi patah desak c > cb, maka digunakan nilai c sebagai berikut:

c = 250 mm

a = c β1

= 250 0.8

= 200 mm



Gambar 4.48 Diagram tegangan regangan kondisi patah desak SW arah X

Menghitung regangan tulangan:

$$ey = \frac{fy}{Es}$$

$$= \frac{420}{200000}$$

= 0.0021

$$es1 = \frac{c - d'}{c} \times ec$$

$$= \frac{250 - 64}{250} \times 0.003$$

= 0.0022 > ey = 0.0021 → Maka di pakai nilai fy ulir

$$es2 = \frac{d' + 1 \times - c}{c} \times ec$$

$$= \frac{64.0 + 1 \quad 222 - 250}{250.0} \times 0.003$$

= 0.000 < ey = 0.002 → Maka di pakai nilai fs'

Menghitung tegangan pada tulangan:

fs1 = fy ulir

= 420 Mpa

fs2 = es2 x Es
= 0.000 x 200000
= 86.4 Mpa

Menghitung gaya tekan dan tarik:

Cc = 0.85 fc' a b
= 0.85 35 200 4800
= 28560000 N
= **28560 kN**

Cs1 = As 1 x fs1
= 8358.680 x 420
= 3510645.600 N
= **3510.646 kN**

Ts1 = As 2 x fs2
= 8358.680 x 86.40
= 722189.952 N
= **722.190 kN**

Menghitung jarak gaya terhadap h/2:

h/2 = 175

ZCc = h/2 - a/2

$$= \frac{400}{2} - \frac{200}{2}$$

= 175 - 100
= 75 mm

ZCs1 = h/2 - d'
= 175 - 64
= 111 mm

ZTs1 = d' + 1 x - h/2
= 64 + 1 222 - 175
= 111 mm

Menghitung Pnb pada kondisi patah desak (c > cb) :

Pnb = Cc + Cs1 - Ts1
= 28560 + 3510.6 - 722.190
= 31348.456 kN

Menghitung ΦPnb pada kondisi patahh desak (c >cb) :

Φ Pnb = 0.65 x Pnb
= 0.65 x 31348.46
= 20376.496 kN

Menghitung momen nominal (Mnb) pada kondisi patah desak (c > cb) :

MCc = Cc x ZCc
= 28560 x 75
= 2142000 kNmm
= **2142.000 kNm**
MCs1 = Cs1 x ZCs1
= 3510.646 x 111
= 389681.66 kNmm
= **389.682 kNm**
MTs1 = Ts1 x ZTs1
= 722.190 x 111
= 80163 kNmm
= **80.163 kNm**
Mn total = MCc + MCs1 + MTs1
= 2142 + 389.68 + 80.16
= 2611.845 kNm
ΦMnb = 0.65 x Mnb total
= 0.65 x 2611.845
= 1697.699 kNm

$$eb = \frac{\Phi Mnb}{Pnb} = \frac{1697.7}{31348.46}$$

= 0.054 m
= 54.156 mm

E. Kondisi Patah Tarik (c < cb)

fy = 420 Mpa

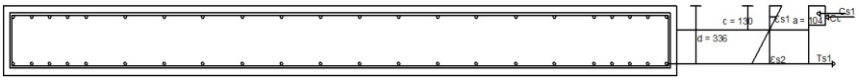
$$cb = \frac{600 \times d}{600 + fy}$$

$$cb = \frac{600 \times 286}{600 + 420}$$

cb = 168.2 mm

Karena kondisi patah tarik c < cb, maka digunakan nilai c sebagai berikut:

c = 130 mm
a = c β1
= 130 0.8
= 104 mm



Gambar 4.49 Diagram tegangan regangan kondisi patah tarik SW arah X

Menghitung regangan tulangan:

$$ey = \frac{fy}{Es}$$

$$= \frac{420}{200000}$$

$$= 0.0021$$

$$es1 = \frac{c - d'}{c} \times ec$$

$$= \frac{130 - 64}{130} \times 0.003$$

$$= 0.0015 < ey = 0.0021 \rightarrow$$ Maka di pakai nilai fs'

$$es2 = \frac{d' + 1 \times - c}{c} \times ec$$

$$= \frac{64 + 1 \times 222 - 130}{130} \times 0.003$$

$$= 0.004 > ey = 0.0021 \rightarrow$$ Maka di pakai nilai fy ulir

Menghitung tegangan pada tulangan:

$$fs1 = es1 \times Es$$

$$= 0.0015 \times 200000$$

$$= 304.615$$

$$fs2 = fy\ ulir$$

$$= 420\ Mpa$$

Menghitung gaya tekan dan tarik:

$$Cc = 0.85\ fc'\ a\ b$$

$$= 0.85\ 35\ 104\ 4800$$

$$= 14851200\ N$$

$$= 14851.2\ kN$$

$$Cs1 = As\ 1 \times fs1$$

$$= 8358.680 \times 305$$

$$= 2546182.523\ N$$

$$= 2546.183\ kN$$

$$Ts1 = As\ 2 \times fs2$$

= 8358.680 x 420
= 3510645.6 N
= 3510.646 kN

Menghitung jarak gaya terhadap h/2:

h/2 = 175

ZCc = h/2 - ab/2

$= \frac{400}{2} - \frac{104}{2}$

= 175 - 52
= 123 mm

ZCs1 = h/2 - d'
= 175 - 64
= 111 mm

ZTs1 = d' + 1 x - h/2
= 64 + 1 222 - 175
= 111 mm

Menghitung Pnb pada Kondisi Patah Tarik (c < cb)

Pnb = Cc + Cs1 - Ts1
= 14851.2 + 2546.183 - 3510.6
= 13886.737 kN

Menghitung ΦPnb pada Kondisi Patah Tarik (c < cb)

Φ Pnb = 0.65 x Pnb
= 0.65 x 13886.737
= 9026.379 **kN**

Menghitung momen nominal (Mnb) pada Kondisi Patah Tarik (c < cb)

MCc = Cc x ZCc
= 14851.200 x 123
= 1826697.6 kNmm
= **1826.698 kNm**

MCs1 = Cs1 x ZCs1
= 2546.183 x 111
= 282626.2601 kNmm
= **282.626 kNm**

MTs1 = NTs1 x ZTs1
= 3510.646 x 111
= 389681.662 kNmm
= **389.68 kNm**

Mn total = MCs1 + MCc + MTs1
= 282.63 + 1826.7 + 389.68
= 2499.006 kNm

$\Phi Mnb = 0.65 \times Mnb\ total$

$= 0.65 \times 2499.006$

$= \mathbf{1624.354}\ \mathbf{kNm}$

$eb = \dfrac{\Phi Mnb}{Pnb}$

$= \dfrac{1624.354}{13886.737}$

$= 0.117\ m$

$= 116.972\ mm$

F. Kondisi lentur murni

Dicoba pemasangan tulangan sebagai berikut:

Tulangan tarik As 22 D 22 = 8358.7 mm^2

Tulangan tekan As' 22 D 22 = 8358.7 mm^2

$y1 = d' = 40 + 13 \times 0.5\ 22$

$= 64\ mm$

$y2 = 64 + 222$

$= 286\ mm$

$d = h - sb - D - D.\ tul\ utama$

$= 350 - 40 - 13 - 1/2\ 22$

$= 286\ mm$

Dimisalkan garis netral (c) dihitung berdasarkan d' < c < y2. Maka garis netral dicari menggunakan persamaan berikut :

$Cc + Cs = Ts$

$0.85\ fc'\ a\ b + As\ fs' = As\ fy\ ulir$

Substitusi nilai fs' : $\dfrac{fs'}{\varepsilon c} = \left(\dfrac{c - d'}{c}\right) Es$

$\varepsilon c = 0.003$

$fs' = \left(\dfrac{c - d'}{c}\right) \varepsilon c\ Es$

$fs' = \left(\dfrac{c - d'}{c}\right) 0.003\ 200000$

$fs' = \left(\dfrac{c - d'}{c}\right) 600$

$\left(0.85\ fc'\ a\ b\right) + As\left(\dfrac{c - d'}{c}\right) 600 = As\ fy\ ulir$

$\left(0.85\ fc'\ b\right) c + 600\ As\ c - 600\ As\ d' = As\ fy\ c$

Subtitusi nilai a: $= \beta 1\ c$

$$\left(0.85\ fc'\ \beta 1\ c\ b\right) c + 600\ As'\ c - 600\ As'\ d' = As\ fy\ ulir\ c$$

$$\left(0.85\ fc'\ \beta 1\ b\right) c^2 + 600\ As'\ c - 600\ As'\ d' = As\ fy\ ulir\ c$$

$$\left(0.85\ 35\ 0.8\ 350\right) c^2 + 600\ 8358.7\ c - 600\ 8358.7\ 64$$

$$= 8358.7\ 420\ c$$

$$8330\ c^2 + 5015208\ c - -320973312 = 3510645.6\ c$$

$$8330\ c^2 + 5015208\ c - 3510645.6\ c - -320973312 = 0$$

$$8330\ c^2 + 1504562.4\ c - -320973312 = 0$$

a = **8330**
b = **1504562.4**
c = **-320973312**

Dihitung dengan rumus ABC:

$$c = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4\ a\ c}}{2\ a}$$

$$c = \frac{-1504562.4 \pm \sqrt{2263708015494 - 4\ 8330\ -320973312}}{16660}$$

$$c+ = \frac{-1504562.4 + \sqrt{12958538771334}}{16660}$$

= **125.76** mm

$$c- = \frac{-1504562.4 - \sqrt{12958538771334}}{16660}$$

= -306.384 mm

Maka di pakai nilai c = **125.76** mm

CEK asumsi d' < (c)

d' < c < y2

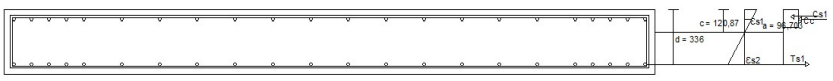
64 < 125.76 < 286 **Benar**

Dari nilai c (garis netral) ternyata lebih besar dari d', maka di lanjutkan menghitung nilai a :

a = $\beta 1$ x c

= 0.80 x 125.76

= 100.612 mm



Gambar 4.50 Diagram tegangan regangan kondisi lentur murni SW arah x

Menghitung regangan tulangan:

$$ey = \frac{fy}{Es} = \frac{420}{200000} = 0.0021$$

$$es1 = \frac{c - d'}{c} \times ec = \frac{125.76 - 64.0}{125.8} \times 0.003 = 0.0015 < ey = 0.0021 \rightarrow \text{Maka di pakai nilai fs'}$$

$$es2 = \frac{d' + x - c}{c} \times ec = \frac{64.0 + 222.0 - 125.76}{125.764} \times 0.003 = 0.0038 > ey = 0.0021 \rightarrow \text{Maka di pakai nilai fy ulir}$$

Menghitung tegangan pada tulangan:

$$fs1 = es1 \times Es = 0.0015 \times 200000 = 294.667 \text{ Mpa}$$

$$fs2 = \text{Fy ulir} = 420 \text{ Mpa}$$

Menghitung gaya tekan dan tarik:

$$Cc = 0.85 \; fc' \; a \; b = 0.85 \; 35 \; 100.612 \; 4800 = 14367323.29 \text{ N} = 14367.323 \text{ kN}$$

$$Cs1 = As\,1 \times fs1 = 8358.680 \times 295 = 2463028.277 \text{ N} = 2463.028 \text{ kN}$$

$$Ts1 = As\,2 \times fs2 = 8358.680 \times 420 = 3510645.600 \text{ N} = 3510.646 \text{ kN}$$

Menghitung jarak gaya terhadap garis netral

$$h/2 = 200 \; \textbf{mm}$$

ZCc = c - a/2

$= \frac{400}{2} - \frac{100.612}{2}$

= 200 - 50.306

= 149.694 mm

ZCs1 = c - d'

= 125.76 - 64

= 62 mm

ZTs1 = d' + x - c

= 64.0 + 222 - 125.76

= 160.236 mm

Menghitung momen nominal (Mnb) pada Kondisi lentur murni :

MCc = Cc x ZCc

= 14367 x 149.694

= 2150705.63 kNmm

= **2151 kNm**

MCs1 = Cs1 x ZCs1

= 2463.028 x 62

= 152127.426 kNmm

= **152.127 kNm**

MTs1 = Ts1 x ZTs1

= 3511 x 160.236

= 562530.46 kNmm

= **562.530 kNm**

Mn total = MCc + MCs1 + MTs1

= 2151 + 152.13 + 562.53

= 2865.36 kNm

ΦMnb = 0.65 x Mnb total

= 0.65 x 2865.4

= 1862.486 kNm

Tabel 4.59 Rekapitulasi Nilai ϕPn dan ϕMn Tulangan 44 D 22

Kondisi	**44 D 22**	
	ϕ Pn (kN)	ϕ Mn (kNm)
Sentris	29398.824	0
Patah desak	20376.496	1697.699
balance	12230.321	1765.952
balance 1,25 fy	10366.217	2796.479
Patah Tarik	9026.379	1624.354
Lentur murni	0	1862.486

Tabel 4.60 Rekapitulasi Nilai ϕPn dan ϕMn Tulangan 66 D 22

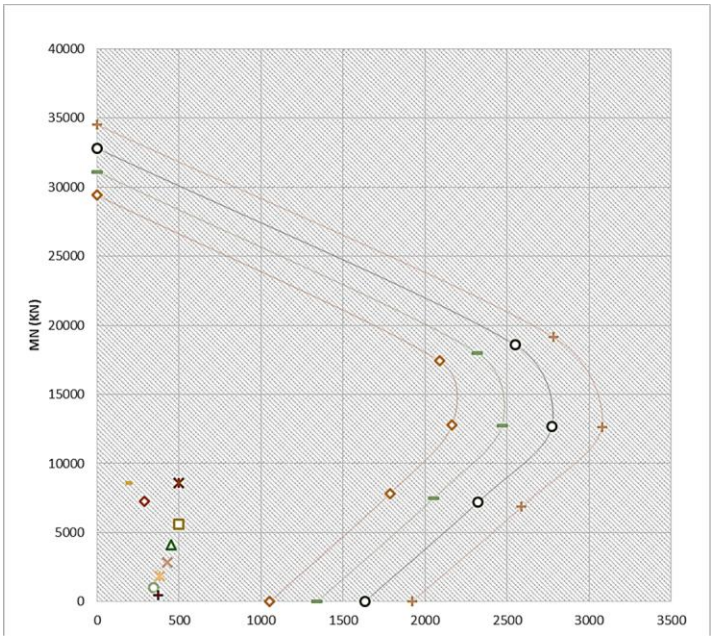
Kondisi	**66 D 22**	
	ϕ Pn (kN)	ϕ Mn (kNm)
Sentris	31103.436	0
Patah desak	17984.279	2318.63
balance	12725.496	2468.31
balance 1,25 fy	10508.202	3851.50
Patah Tarik	7506.269	2053.24
Lentur murni	0	1341.90

Tabel 4.61 Rekapitulasi Nilai ϕPn dan ϕMn Tulangan 88 D 22

Kondisi	**88 D 22**	
	ϕ Pn (kN)	ϕ Mn (kNm)
Sentris	32808.048	0
Patah desak	18564.538	2550.05
balance	12686.687	2773.37
balance 1,25 fy	10129.823	4369.14
Patah Tarik	7192.818	2320.95
Lentur murni	0	1630.96

Tabel 4. 62 Rekapitulasi Nilai ϕPn dan ϕMn Tulangan 110 D 22

Kondisi	**110 D 22**	
	ϕ Pn (kN)	ϕ Mn (kNm)
Sentris	34512.660	0
Patah desak	19144.798	2781.48
balance	12647.879	3078.43
balance 1,25 fy	9751.443	4886.78
Patah Tarik	6879.368	2588.66
Lentur murni	0	1920.03



Gambar 4.51 Diagram interaksi dinding geser arah X

Tabel 4.63 nilai Pu, Mx dinding geser tiap lantai

Lantai	Kode	Pu (kN)	Mx (kNm)
L7	dg7	434.51	423.30
L6	dg6	1536.02	5730.30
L5	dg5	2633.90	932.47
L4	dg4	3727.19	1572.57
L3	dg3	4194.20	2646.02
L2	dg2	5143.57	47123.80
L1	dg1	6077.22	74386.51
0	0	0.00	183.45

Dari diagram interaksi diatas dapat disimpulkan bahwa Pu maksimum dan Mu arah X (MuX) pada lantai 1 -8 dapat dipikul oleh konfigurasi tulangan 44 D 22.

4.9.3 Perhitungan Penulangan Longitudinal dinding geser sumbu Y

Data perencanaan

- Lebar dinding struktural (bw) = 350 mm
- Panjang dinding struktural (lwy) = 7200 mm
- tinggi dinding struktural hw = 3850 mm
- Selimut Beton (sb) = 40 mm
- fy ulir = 420 Mpa
- fy ulir sengkang = 420 Mpa
- Modulus Elastisitas Baja (Es) = 200000 Mpa
- Diameter Tul. Pokok = 22 mm
- Diameter Tul. Sengkang = 13 mm
- Tinggi Lantai (h Lantai) = 3850 mm
- Tinggi Balok (h balok) = 800 mm
- Mutu Beton fc' = 35 Mpa
- Nilai b_1

$$= 0.85 - \frac{0.05 \quad f'c - 28}{7}$$

(SNI 2847:2019 Tabel 22.2.2.4.3)

$$= 0.85 - \frac{0.05 \quad 35 - 28}{7}$$

$$= 0.85 - 0.05$$

$$= 0.80$$

4.6.1 Perhitungan Penulangan longitudinal dinding struktural

- di coba menggunakan tulangan = 88 D 22
- Luas penampang kolom (Ag)

  Ag = bw x lwy
  = 350 x 7200
  = 2520000 mm²
- Luas tulangan yang diperlukan (As perlu/Ast)

  Ast = n tulangan x 1/4 π D ^2
  = 88 x 1/4 3.14 22 ^2
  = 33435 mm²
- Menurut SNI 2847-2019 Pasal 18.7.4.1 luas tulangan memanjang (longitudinal), Ast, tidak boleh kurang dari 0,01 Ag atau lebih dari 0,06 Ag.

  Periksa rasio tulangan memanjang (ρg):

$$\rho g = \frac{Ast}{Ag} = \frac{33435}{2520000} = 0.013$$

0.01 Ag < ρg < 0.06 Ag

0.01 Ag < 0.01 < 0.06 Ag **Memenuhi**

- Menghitung tinggi efektif d dan d'

d' = sb + d. sengkang + 1/2 d tulangan
= 40 + 13 + 11
= 64 mm

ds = sb + d. sengkang + 1/2 d tulangan
40 + 13 + 11
64 mm

d = lw - ds
= 7200 - 64
= 7136 mm

- Perhitungan jarak antar tulangan (x):

$$x = \frac{\text{Jarak antar tulangan tepi}}{\text{n tul lapis 1} - 1}$$

$$= \frac{lw - 2 \times d'}{\text{n tulangan yg ditinjau} - 1}$$

$$= \frac{7200 - 2 \times 64.0}{44 - 1}$$

= 164.465 mm

- Perhitungan luas tulangan (As) tiap baris:

Luas tulangan baris 1 (As 1) Jumlah tulangan x 1/4 π D²
2 x 1/4 3.14 484
= 759.880 mm²

Perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Baris Tulangan	Jumlah tulangan	As	Jarak ke serat atas
1	2	759.88	64
2	2	759.88	228.465
3	2	759.88	392.930
4	2	759.88	557.395
5	2	759.88	721.860
6	2	759.88	886.326
7	2	759.88	1050.791
8	2	759.88	1215.256
9	2	759.88	1379.721
10	2	759.88	1544.186
11	2	759.88	1708.651
12	2	759.88	1873.116
13	2	759.88	2037.581
14	2	759.88	2202.047
15	2	759.88	2366.512
16	2	759.88	2530.977
17	2	759.88	2695.442

18	2	759.88	2859.907
19	2	759.88	3024.372
20	2	759.88	3188.837
21	2	759.88	3353.302
22	2	759.88	3517.767
23	2	759.88	3682.233
24	2	759.88	3846.698
25	2	759.88	4011.163
26	2	759.88	4175.628
27	2	759.88	4340.093
28	2	759.88	4504.558
29	2	759.88	4669.023
30	2	759.88	4833.488
31	2	759.88	4997.953
32	2	759.88	5162.419
33	2	759.88	5326.884
34	2	759.88	5491.349
35	2	759.88	5655.814
36	2	759.88	5820.279
37	2	759.88	5984.744
38	2	759.88	6149.209
39	2	759.88	6313.674
40	2	759.88	6478.140
41	2	759.88	6642.605
42	2	759.88	6807.070

a. Kondisi Sentris

$$Po = 0.85 \times Fc' \left(Ag - Ast \right) + Fy \times Ast$$
$$= 0.85 \times 35 \left(2520000 - 33435 \right) + 420 \times 33435$$
$$= 88017.8995 \text{ kN}$$
$$Pn = 0.8 \; Po$$
$$= 0.8 \times 88017.89948$$
$$= 70414.3196 \text{ kN}$$
$$\phi Pn = 0.65 \times 70414.31958$$
$$= 45769.30773 \text{ kN}$$

c. Kondisi Seimbang

fy = 420 Mpa

$$cb = \frac{600 \times d}{600 + Fy} = \frac{600 \times 7136}{600 + 420} = 4197.65 \text{ mm}$$

$$ab = cb \times \beta 1$$

= 4197.65 x 0.80

= 3358.11765 mm

Menghitung regangan tulangan

$$\varepsilon y = \frac{fy}{Es} = \frac{420}{200000}$$

$$= 0.0021$$

$$\varepsilon s'1 = \frac{cb - d'}{cb} \times 0.003$$

$$= \frac{4197.6 - 64}{4197.65} \times 0.003$$

= 0.00295 > 0.0021 Fy ulir

Menghitung tegangan pada tulangan

Fs1 = fy ulir

= 420 Mpa

Menghitung gaya tekan dan tarik

Cc = 0.85 Fc' x ab x bw

= 0.85 35 x 3358.12 x 350

= 34966.4 kN

Cs1 = As1 x Fs1

= 759.88 x 420

= 319.150 kN

Menghitung jarak gaya terhadap lwy/2

lwy/2 = 3600 mm

ZCc = lwy/2 - ab/2

$$= \frac{4200}{2} - \frac{3358.12}{2}$$

= 3600 - 1679.06

= 1920.941 mm

ZC1 = lwy/2 - d'

= 3600 - 64

= 3536 mm

Tabel 4.64 Tabel nilai Pn pier arah Y kondisi seimbang

x	εs	Jarak	fs	As	Cs	Ts
1	0.0005	3536	95	759.88	71.865	
2	0.0006	3372	118	759.88	89.728	
3	0.0007	3207	142	759.88	107.592	
4	0.0008	3043	165	759.88	125.455	
5	0.0009	2878	189	759.88	143.318	
6	0.0011	2714	212	759.88	161.182	
7	0.0012	2549	236	759.88	179.045	
8	0.0013	2385	259	759.88	196.909	
9	0.0014	2220	283	759.88	214.772	
10	0.0015	2056	306	759.88	232.635	

11	0.0016	1891	330	759.88	250.499	
12	0.0018	1727	353	759.88	268.362	
13	0.0019	1562	377	759.88	286.226	
14	0.0020	1398	400	759.88	304.089	
15	0.0021	1233	420	759.88	319.150	
16	0.0021	1069	420	759.88	319.150	
17	0.0021	905	420	759.88	319.150	
18	0.0021	740	420	759.88	319.150	
19	0.0021	576	420	759.88	319.150	
20	0.0021	411	420	759.88	319.150	
21	0.0021	247	420	759.88	319.150	
22	0.0021	82	420	759.88	319.150	
23	0.0021	82	420	759.88	319.150	
24	0.0021	247	420	759.88	319.150	
25	0.0021	411	420	759.88		319.150
26	0.0021	576	420	759.88		319.150
27	0.0021	740	420	759.88		319.150
28	0.0021	905	420	759.88		319.150
29	0.0021	1069	420	759.88		319.150
30	0.0021	1233	420	759.88		319.150
31	0.0020	1398	400	759.88		319.150
32	0.0019	1562	377	759.88		319.150
33	0.0018	1727	353	759.88		319.150
34	0.0016	1891	330	759.88		319.150
35	0.0015	2056	306	759.88		319.150
36	0.0014	2220	283	759.88		304.089
37	0.0013	2385	259	759.88		286.226
38	0.0012	2549	236	759.88		268.362
39	0.0011	2714	212	759.88		250.499
40	0.0009	2878	189	759.88		232.635
41	0.0008	3043	165	759.88		214.772
42	0.0021	1233	420	759.88		319.150
Jumlah					**4748.080**	**1595.748**

Tabel 4.65 Nilai Mn pier arah Y kondisi seimbang

x	Cs	Ts	Z	Cs x Z	Ts x Z
cc	34966.4		1921	67168398	
1	71.865		3536	254114.23	
2	89.728		3371.53	302522.04	
3	107.592		3207.07	345054.04	
4	125.455		3042.6	381710.23	
5	143.318		2878.14	412490.60	

6	161.182		2713.67	437395.17	
7	179.045		2549.21	456423.92	
8	196.909		2384.74	469576.85	
9	214.772		2220.28	476853.98	
10	232.635		2055.81	478255.29	
11	250.499		1891.35	473780.79	
12	268.362		1726.88	463430.47	
13	286.226		1562.42	447204.35	
14	304.089		1397.95	425102.41	
15	319.150		1233.49	393667.32	
16	319.150		1069.02	341178.34	
17	319.150		904.558	288689.37	
18	319.150		740.093	236200.39	
19	319.150		575.628	183711.42	
20	319.150		411.163	131222.44	
21	319.150		246.698	78733.46	
22	319.150		82.2326	26244.49	
23	319.150		82.2326	26244.49	
24	319.150		246.698	78733.46	
25		319.150	411.163		131222
26		319.150	575.628		183711
27		319.150	740.093		236200
28		319.150	904.558		288689
29		319.150	1069.02		341178
30		319.150	1233.49		393667
31		319.150	1397.95		446156
32		319.150	1562.42		498645
33		319.150	1726.88		551134
34		319.150	1891.35		603623
35		319.150	2055.81		656112
36		304.089	2220.28		675163
37		286.226	2384.74		682575
38		268.362	2549.21		684112
39		250.499	2713.67		679772
40		232.635	2878.14		669557
41		214.772	2220.28		476854
42		319.150	82.2326		26244
Jumlah				**74776937.11**	**8224618.2**
				83001.555	**KNm**

Menghitung Pn kondisi seimbang

Pnb = Cc + Σ Cs - Σ T1

= 34966.4 + 4748.080 - 1595.748

= 38118.732 KN

ϕ Pn = 0.65 38118.73 = 24777.18 kN

Menghitung momen nominal kondisi seimbang

MCc = Cc x ZCc

= 34966.4 x 1920.941

= 67168398 kNmm

MC1 = NC1 x ZC1

= 319.150 x 3536

= 1128513 kNmm

Mn total = MCc + MCs + MTs

= 74776937 + 74776937.1 + 8224618.19

= 157778492.40 kNmm

= 157778.492 kNm

ϕ Mnb = 0.65 x 157778.492

= 102556.020 KNm

$$eb = \frac{Mnb}{Pnb} = \frac{102556.0201}{38118.73155} = 2690.43633 \text{ mm}$$

e. Kondisi Seimbang dengan pembesaran (1,25*fy)*

fy = 420 Mpa

fy = 1,25 *fy* = 1.25 x 420 = 525 MPa

$$c = \frac{600 \times d}{600 + Fy} = \frac{600 \times 7136}{600 + 525} = 3805.87 \text{ mm}$$

a = c β1

= 3806 x 1

= 3044.693 mm

Menghitung regangan tulangan

$\varepsilon y = \frac{fy}{Es} = \frac{525}{20000}$

$= 0.026$

$\varepsilon s = \frac{c - d'}{c} \times 0.003$

$= \frac{3805.87 - 64}{3805.867} \times 0.003$

$= 0.0029 > 0.026$

maka yang di ambil : fy ulir

Menghitung tegangan tulangan

Fs1 = *fy ulir*

= 525 Mpa

Menghitung gaya tekan dan tarik

Cc = 0.85 Fc' a b

= 0.85 35 x 3044.693 x 350

= 31702.8693 kN

Cs = As1 x Fs1

= 759.88 x 525

= 398.937 kN

Menghitung jarak gaya terhadap h/2

h/2 = 3600 mm

ZC = h/2 - a/2

= 3600 - 1522.35

= 2077.653 mm

Zc1 = h/2 - d'

= 3600 - 64

= 3536 mm

Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel dibawah

Tabel 4.66 Tabel nilai Pn pier arah Y kondisi seimbang 1,25fy

x	εs	Jarak	fs	As	Cs	Ts
1	0.0002	3536	525	759.88	398.94	
2	0.0003	3372	525	759.88	398.94	
3	0.0005	3207	94	759.88	71.73	
4	0.0006	3043	120	759.88	91.44	
5	0.0007	2878	146	759.88	111.14	
6	0.0009	2714	172	759.88	130.84	
7	0.0010	2549	198	759.88	150.54	
8	0.0011	2385	224	759.88	170.24	
9	0.0012	2220	250	759.88	189.95	

10	0.0014	2056	276	759.88	209.65	
11	0.0015	1891	302	759.88	229.35	
12	0.0016	1727	328	759.88		249.05
13	0.0018	1562	354	759.88		268.76
14	0.0019	1398	380	759.88		288.46
15	0.0020	1233	406	759.88		308.16
16	0.0022	1069	431	759.88		327.86
17	0.0023	905	457	759.88		347.57
18	0.0024	740	483	759.88		367.27
19	0.0025	576	509	759.88		386.97
20	0.0027	411	535	759.88		406.67
21	0.0028	247	561	759.88		426.37
22	0.0029	82	587	759.88		446.08
23	0.0029	82	587	759.88		446.08
24	0.0028	247	561	759.88		426.37
25	0.0027	411	535	759.88		406.67
26	0.0025	576	509	759.88		386.97
27	0.0024	740	483	759.88		367.27
28	0.0023	905	457	759.88		347.57
29	0.0022	1069	431	759.88		327.86
30	0.0020	1233	406	759.88		308.16
31	0.0019	1398	380	759.88		288.46
32	0.0018	1562	354	759.88		268.76
33	0.0016	1727	328	759.88		249.05
34	0.0015	1891	302	759.88		229.35
35	0.0014	2056	276	759.88		209.65
36	0.0012	2220	250	759.88		189.95
37	0.0011	2385	224	759.88		170.24
38	0.0010	2549	198	759.88		150.54
39	0.0009	2714	172	759.88		130.84
40	0.0007	2878	146	759.88		111.14
41	0.0006	3043	120	759.88		91.44
42	0.0020	1233	406	759.88		308.16
Jumlah					2152.8	3823.2

Tabel 4.67 Nilai Mn pier arah Y kondisi seimbang 1,25fy

x	Cs	Ts	Jarak	Cs . Jarak	Ts . Jarak
cc	31702.9		2077.7	65867572	
1	398.937		3536	1410641	
2	398.937		3371.53488	1345030	
3	71.7335		3207.06977	230054	
4	91.4358		3042.60465	278203	

5	111.138		2878.13953	319871	
6	130.84		2713.67442	355058	
7	150.543		2549.2093	383765	
8	170.245		2384.74419	405991	
9	189.947		2220.27907	421736	
10	209.649		2055.81395	431000	
11	229.352		1891.34884	433784	
12		249.0540577	1726.88372		430087
13		268.7563379	1562.4186		419910
14		288.4586182	1397.95349		403252
15		308.1608984	1233.48837		380113
16		327.8631786	1069.02326		350493
17		347.5654588	904.55814		314393
18		367.267739	740.093023		271812
19		386.9700192	575.627907		222751
20		406.6722995	411.162791		167209
21		426.3745797	246.697674		105186
22		446.0768599	82.2325581		36682
23		446.0768599	82.2325581		36682
24		426.3745797	246.697674		105186
25		406.6722995	411.162791		167209
26		386.9700192	575.627907		222751
27		367.267739	740.093023		271812
28		347.5654588	904.55814		314393
29		327.8631786	1069.02326		350493
30		308.1608984	1233.48837		380113
31		288.4586182	1397.95349		403252
32		268.7563379	1562.4186		419910
33		249.0540577	1726.88372		430087
34		229.3517775	1891.34884		433784
35		209.6494973	2055.81395		431000
36		189.9472171	2220.27907		421736
37		170.2449369	2384.74419		405991
38		150.5426566	2549.2093		383765
39		130.8403764	2713.67442		355058
40		111.1380962	2878.13953		319871
41		91.43581599	3042.60465		278203
42		446.0768599	82.2325581		36682
Jumlah				**71882705.8**	**9269865.3**
				81152.57108	**KNm**

Menghitung nilai Pn

Pnb = Cc + Σ Cs - Σ T1
= 31702.9 + 2152.758 - 3823.2
= 30032.4072 KN

ϕ Pn = 0.65 30032.4072 = 19521 KN

Menghitung momen nominal kondisi seimbang 1,25fy

MCc = Cc x ZCc
= 31702.8693 x 2077.653
= 65867572 kNmm
= 65868 kNm

MC1 = NC1 x ZC1
= 398.937 x 3536
= 1410641 kNmm

Mn total = MCc + MCs + MTs
= 65867572 + 71882705.79 + 9269865.29
= 147020143 kNmm
= 147020.143 kNm

ϕ Mnb = 0.65 x 81152.57108
= 52749.1712 KNm

$$eb = \frac{Mnb}{Pnb} = \frac{81152.57108}{30032.4072} = 2702.2 \text{ mm}$$

f. Kondisi Patah Tarik

fy = 420 Mpa

cb = 4197.65

Karena kondisi patah tarik c < cb, maka diambil nilai c:

c = 1800 mm

a = c β1
= 1800 x 0.8
= 1440 mm

Menghitung regangan tulangan

$$\varepsilon y = \frac{fy}{Es} = \frac{420}{200000}$$

$$= 0.0021$$

$$\varepsilon s1 = \frac{c - d'}{c} \times 0.003$$

$$= \frac{1800 - 64}{1800} \times 0.003$$

$$= 0.00289 > \varepsilon y ; \quad 0.0021$$

maka yang di ambil : Fy ulir

Menghitung tegangan tulangan

Fs1 = *fy ulir*

= 420 Mpa

Menghitung gaya tekan dan tarik

Cc = 0.85 Fc' a b

= 0.85 35 x 1440 x 350

= 14994 kN

Cs1 = As1 x Fs1

= 759.88 x 420

= 319.150 kN

Menghitung jarak gaya terhadap h/2

h/2 = 3600 mm

ZC = h/2 - a/2

$$= \frac{4200}{2} - \frac{1440}{2}$$

= 3600 - 720

= 2880 mm

ZC = h/2 - d'

= 3600 - 64

= 3536 mm

Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel dibawah

Tabel 4.68 Tabel nilai Pn pier arah Y kondisi patah tarik

x	εs	Jarak	fs	As	Cs	Ts
1	0.0021	3536	420.00	759.88	319	
2	0.0021	3372	420.00	759.88	319	
3	0.0021	3207	420.00	759.88	319	
4	0.0021	3043	414.20	759.88	315	
5	0.0018	2878	359.38	759.88	273	
6	0.0015	2714	304.56	759.88	231	
7	0.0012	2549	249.74	759.88	190	
8	0.0010	2385	194.91	759.88	148	
9	0.0007	2220	140.09	759.88	106	
10	0.0004	2056	85.27	759.88	65	
11	0.0002	1891	30.45	759.88		23
12	0.0001	1727	24.37	759.88		19
13	0.0004	1562	79.19	759.88		60
14	0.0007	1398	134.02	759.88		102
15	0.0009	1233	188.84	759.88		143
16	0.0012	1069	243.66	759.88		185
17	0.0015	905	298.48	759.88		227
18	0.0018	740	353.30	759.88		268
19	0.0020	576	408.12	759.88		310
20	0.0021	411	420.00	759.88		319
21	0.0021	247	420.00	759.88		319
22	0.0021	82	420.00	759.88		319
23	0.0021	82	420.00	759.88		319
24	0.0021	247	420.00	759.88		319
25	0.0021	411	420.00	759.88		319
26	0.0020	576	408.12	759.88		310
27	0.0018	740	353.30	759.88		268
28	0.0023	905	457.40	759.88		348
29	0.0012	1069	243.66	759.88		185
30	0.0009	1233	188.84	759.88		143
31	0.0007	1398	134.02	759.88		102
32	0.0004	1562	79.19	759.88		60
33	0.0001	1727	24.37	759.88		19
34	0.0002	1891	30.45	759.88		23
35	0.0004	2056	85.27	759.88		65
36	0.0007	2220	140.09	759.88		106
37	0.0010	2385	194.91	759.88		148
38	0.0012	2549	249.74	759.88		190
39	0.0015	2714	304.56	759.88		231
40	0.0018	2878	359.38	759.88		273

41	0.0021	3043	414.20	759.88		315
42	0.0021	82	420.00	759.88		319
Jumlah					2285.84	6359

Tabel 4.69 Nilai Mn pier arah Y kondisi patah tarik

x	Cs	Ts	Z	Cs x Z	Ts x Z
cc	14994		2880	43182720	
1	319.15		3536	1128513	
2	319.15		3371.53	1076024	
3	319.15		3207.07	1023535	
4	314.743		3042.6	957639.96	
5	273.086		2878.14	785978.34	
6	231.428		2713.67	628019.26	
7	189.77		2549.21	483762.74	
8	148.112		2384.74	353208.76	
9	106.454		2220.28	236357.34	
10	64.796		2055.81	133208.46	
11		23.13805	1891.35		43762.1267
12		18.51987	1726.88		31981.6552
13		60.17778	1562.42		94022.8886
14		101.8357	1397.95		142361.574
15		143.4936	1233.49		176997.71
16		185.1515	1069.02		197931.298
17		226.8095	904.558		205162.337
18		268.4674	740.093		198690.828
19		310.1253	575.628		178516.771
20		319.1496	411.163		131222.44
21		319.1496	246.698		78733.4641
22		319.1496	420		134042.832
23		6358.629	420		2670624.01
24		246.70	420		103613.023
25		411.16	420		172688.372
26		575.63	408.124		234927.582
27		740.09	353.302		261476.586
28		904.56	457.395		413740.544
29		1069.02	243.66		260477.046
30		1233.49	188.837		232928.502
31		1397.95	134.016		187347.441
32		1562.42	79.1938		123733.864
33		1726.88	24.3721		42087.7707
34		1891.35	30.4496		57590.839
35		2055.81	85.2713		175301.965

36		2220.28	140.093		311045.607
37		2384.74	194.915		464821.766
38		2549.21	249.736		636630.441
39		2713.67	304.558		826471.632
40		2878.14	359.38		1034345.34
41		3042.60	414.202		1260251.56
42		82.2	420		34537.6744
Jumlah				**49988967**	**1613425.93**
				51602.39281	**KNm**

Menghitung nilai Pn

Pnb = Cc + Σ Cs - Σ T1

= 14994 + 49988966.88 - 1613425.925

= 48390.53 KN

ϕ Pn = 0.65 48390.53 = 31453.8 KN

Menghitung momen nominal (Mnb)

MCc = Cc x ZCc

= 14994 x 2880

= 43182720 kNmm

MC1 = Cs1 x ZC1

= 319.150 x 3536

= 1128513.0 kNmm

Mn total = MCc + MCs + MTs

= 43182720 + 49988966.88 + 1613425.925

= 94785113 kNmm

= 94785.113 kNm

ϕ Mnb = 0.65 x 94785.11

= 61610.32 kNm

$$eb = \frac{Mnb}{Pnb} = \frac{51602.39281}{48390.53496} = 1066.4 \text{ mm}$$

f. Kondisi Patah Desak

fy = 420 Mpa

c = 4197.647059

Karena kondisi patah Desak c > cb, maka diambil nilai c:

c = 2700 mm

a = c β1

= 2700 x 0.8

= 2160 mm

Menghitung regangan tulangan

$$\varepsilon y = \frac{fy}{Es} = \frac{420}{200000}$$

= 0.0021

$$\varepsilon s1 = \frac{c - d'}{} \text{ x } 0.003$$

$$= 2700 \frac{c - 64}{2700} x \quad 0.003$$

$$= 0.0029 > \varepsilon y ; \quad 0.0021$$

maka yang di ambil : Fy ulir

Menghitung tegangan tulangan

Fs1 = *fy ulir*

= 420 Mpa

Menghitung gaya tekan dan tarik

Cc = 0.85 Fc' ab b

= 0.85 35 x 2160 x 350

= 22491 kN

Cs1 = As1 x Fs1

= 759.88 x 420

= 319.150 kN

Menghitung jarak gaya terhadap h/2

h/2 = 3600 mm

$$ZCc = h/2 - a/2$$

$$= \frac{4200}{2} - \frac{2160}{2}$$

= 3600 - 1080

= 2520 mm

ZC1 = h/2 - d'

= 3600 - 64

= 3536 mm

Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel dibawah

Tabel 4.70 Tabel nilai Pn pier arah Y kondisi patah tarik

x	εs	Jarak	fs	As	Cs	Ts
1	0.0009	3536	186	759.88	141.17	
2	0.0007	3372	149	759.88	113.40	
3	0.0006	3207	113	759.88	85.62	
4	0.0004	3043	76	759.88	57.85	
5	0.0002	2878	40	759.88	30.08	
6	0.0000	2714	3	759.88	2.31	
7	0.0002	2549	33.51	759.88	25.46	
8	0.0004	2385	70.06	759.88	53.23	
9	0.0005	2220	106.60	759.88	81.01	
10	0.0007	2056	143.15	759.88	108.78	
11	0.0009	1891	179.70	759.88	136.55	
12	0.0011	1727	216.25	759.88	164.32	
13	0.0013	1562	252.80	759.88	192.09	
14	0.0014	1398	289.34	759.88		219.87

15	0.0016	1233	325.89	759.88		247.64
16	0.0018	1069	362.44	759.88		275.41
17	0.0020	905	398.99	759.88		303.18
18	0.0021	740	420.00	759.88		319.15
19	0.0021	576	420.00	759.88		319.15
20	0.0021	411	420.00	759.88		319.15
21	0.0021	247	420.00	759.88		319.15
22	0.0021	82	420.00	759.88		319.15
23	0.0021	82	420.00	759.88		319.15
24	0.0021	247	420.00	759.88		319.15
25	0.0021	411	420.00	759.88		319.15
26	0.0021	576	420.00	759.88		319.15
27	0.0021	740	420.00	759.88		319.15
28	0.0020	905	398.99	759.88		303.18
29	0.0018	1069	362.44	759.88		275.41
30	0.0016	1233	325.89	759.88		247.64
31	0.0014	1398	289.34	759.88		219.87
32	0.0013	1562	252.80	759.88		192.09
33	0.0011	1727	216.25	759.88		164.32
34	0.0009	1891	179.70	759.88		136.55
35	0.0007	2056	143.15	759.88		108.78
36	0.0005	2220	106.60	759.88		81.01
37	0.0004	2385	70.06	759.88		53.23
38	0.0002	2549	33.51	759.88		25.46
39	0.0000	2714	3.04	759.88		2.31
40	0.0002	2878	39.59	759.88		30.08
41	0.0004	3043	76.13	759.88		57.85
42	0.0021	82	420.00	759.88		319.15
Jumlah					1191.9	2641.8

Tabel 4.71 Nilai Mn pier arah X kondisi patah desak

x	Cs	Ts	Z	Cs . Z	Ts . Z
cc	22491		2520	56677320	
1	141.2		3536	499173	
2	113.4		3371.53	382322	
3	85.6		3207.07	274605	
4	57.9		3042.6	176024	
5	30.1		2878.14	86577	
6	2.3		2713.67	6266	
7	25.5		2549.21	64910	
8	53.2		2384.74	126951	
9	81.0		2220.28	179858	
10	108.8		2055.81	223629	
11	136.6		1891.35	258265	

12	164.3		1726.88	283766	
13	192.1		1562.42	300132	
14		219.8665	1397.95		307363
15		247.6384	1233.49		305459
16		275.4104	1069.02		294420
17		303.1823	904.558		274246
18		319.1496	740.093		236200
19		319.1496	575.628		183711
20		319.1496	411.163		131222
21		319.1496	19753.3		6304259
22		319.1496	19917.8		6356748
23		319.1496	19917.8		6356748
24		319.1496	19753.3		6304259
25		319.1496	19588.8		6251770
26		319.1496	19424.4		6199281
27		319.1496	19259.9		6146792
28		303.1823	19095.4		5789400
29		275.4104	18931		5213787
30		247.6384	18766.5		4647309
31		219.8665	18602		4089966
32		192.0945	18437.6		3541758
33		164.3226	18273.1		3002686
34		136.5506	18108.7		2472748
35		108.7787	17944.2		1951945
36		81.00674	17779.7		1440277
37		319.1496	17615.3		5621902
38		25.46	17450.8		444347
39		2.31	17286.3		39916
40		30.08	17121.9		515043
41		57.85	16957.4		981036
42		319.1496	82.2326		26244
Jumlah				59539798	85430841
				144970.639	KNm

Menghitung Nilai Pn

Pnb = Cc + Σ Cs - Σ T1

= 22491 + 1191.884543 - 2641.84554

= 21041.0 KN

ϕ Pn = 0.65 21041.039 = 13676.675 KN

Menghitung momen nominal (Mnb)

MCc = Cc x ZCc

= 22491 x 2520

= 56677320 kNmm

MC1 = Cs1 x ZC1
= 319.150 x 3536
= 1128513.0 kNmm

Mn total = MCc + MCs + MTs
= 56677320 + 59539798 + 85430841
= 201647959 kNmm
= 201647.96 kNm

ϕ Mnb = 0.65 x 201647.96
= 131071.173 kNm

$eb = \frac{Mnb}{Pnb} = \frac{144970.639}{21041.039} = 6889.9$ mm

g. Kondisi lentur murni

Dicoba pemasangan tulangan sebagai berikut :

Tulangan yang terpasang pada daerah tekan

Tulangan tarik As 28 D 22 = 10643.7 mm²

Tulangan tekan As' 16 D 22 = 6082.12 mm²

Tabel 4.72 Nilai d' pier arah Y kondisi lentur murni

As'	**y**	**As'.y**
759.88	64	48632
759.88	228	173606
759.88	393	298580
759.88	557	423554
759.88	722	548527
759.88	886	673501
760.27	1051	798880
5320	**2965324.042**	
d'	**557.439**	

Tabel 4.73 Nilai d pier arah Y kondisi lentur murni

As	**y**	**As.y**
760.27	1247	948104
760.27	1491	1133373
760.27	1734	1318642
760.27	1978	1503911
760.27	2222	1689181
760.27	2466	1874450
761.27	2709	2062428
762.27	2953	2250894
763.27	3197	2439847
764.27	3440	2629287
765.27	3684	2819215
766.27	3797	2909487

767.27	3910	2999985
768.27	4023	3090709
769.27	4136	3181659
11449	**32851170**	
d	**2869.353132**	

Dimisalkan garis netral c > d' maka perhitungan garis netral harus dicari menggunakan persamaan :

$$Cc + Cs = Ts$$

$$0.85\ Fc'\ a\ b + As'\ fs' = As\ fy$$

Substitusi nilai : $fs' = \left(\frac{c - d'}{c}\right) \varepsilon s\ Es$

$$= \left(\frac{c - d'}{c}\right) 0.003\ 200000$$

$$= \left(\frac{c - d'}{c}\right) 600$$

$$\left(0.85\ Fc\ a\ b\right) + As'\left(\frac{c - d'}{c}\right) 600 = \left(As\ fyulir\right)$$

$$\left(0.85\ Fc'\ a\ b\right) c + 600\ As'\ c - 600\ As'\ d' = As\ fyulir\ c$$

Distribusi : $a = \beta 1\ c$

$$0.85\ 35\ \beta 1\ b\ c^2 + 600\ As'\ c - 600\ As'\ d' = As\ fyulir\ c$$

$$0.85\ 35\ 0.85\ 350\ c^2 + 600\ 5319.5\ c - 600\ 5319.55\ 557.44$$

$$= 11448.9813\ 420\ c$$

$$8850.625\ c^2 + 3191727.253\ c - 1779194425 = 4808572.16\ c$$

$$8850.625\ c^2 + -1616844.91\ c - 1779194425 = 0$$

Dihitung dengan rumus ABC

$$c = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4\ a\ c}}{2\ a}$$

$$c = \frac{1616844.906 + \sqrt{2614187451228 - 4\ 8850.625\ -17791944}}{2\ 8850.63}$$

$$c+ = \frac{1616844.906 + \sqrt{65602118084071}}{17701.25}$$

$$= 548.9080$$

$$c- = \frac{1616844.906 - \sqrt{65602118084071}}{17701.25}$$

$$= -366.2265965$$

$$8851\ x\ 301300.0308 + -1616844.9\ 548.908 - 1779194425 =$$

$$0 = 0\ O$$

Maka di pakai nilai c = 548.9 > d' = 557.439 **Tidak Ok**

Jika asumsi c > d' benar maka dilanjutkan menghitung nilai a

a = β1 c

= 0.85 548.908035

= 466.572 mm

Menghitung regangan tulangan

$\varepsilon y = \frac{fy}{Es} = \frac{420}{200000}$

= 0.0021

$\varepsilon s1 = \frac{cb - d'}{cb} \times 0.003$

$= \frac{548.908 - 64}{548.908} \times 0.003$

= 0.0027 > εy ; 0.0021

maka yang di ambil : Fy ulir

Menghitung tegangan pada tulangan

fs1 = fy ulir

= 420 Mpa

Menghitung gaya tekan dan tarik

Cc = 0.85 Fc' a b

= 0.85 x 35 x 467 x 350

= 4858.179 kN

Cs1 = As1 x fs1

= 760.265 x 420

= 319.311 kN

Menghitung jarak gaya terhadap garis netral (c)

c = 548.908 mm

$ZCc = c - \frac{a}{2}$

$= 548.908 - \frac{466.5718}{2}$

= 315.622 mm

ZCs1 = c - d'

= 548.908 - 64

= 484.908 mm

Tabel 4.74 Tabel Pn pier arah Y kondisi lentur murni

x	εs	Jarak	fs	As	Cs	Ts
1	0.0021	64	420	760.27	319.31	
2	0.0020	177	407	760.27	309.07	
3	0.0014	290	283	760.27	215.16	
4	0.0008	403	159	760.27	121.254	
5	0.0002	516	36	760.27		27.348

6	0.0012	760	230	760.27		175.17
7	0.0021	1003	420	760.27		319.31
8	0.0021	1247	420	760.27		319.31
9	0.0021	1491	420	760.27		319.31
10	0.0021	1734	420	760.27		319.31
11	0.0021	1978	420	760.27		319.31
12	0.0021	2222	420	760.27		319.31
13	0.0021	2466	420	760.27		319.31
14	0.0021	2709	420	760.27		319.31
15	0.0021	2953	420	760.27		319.31
16	0.0021	3197	420	760.27		319.31
17	0.0021	3440	420	760.27		319.31
18	0.0021	3684	420	760.27		319.31
19	0.0021	3797	420	760.27		319.31
20	0.0021	3910	420	760.27		319.31
21	0.0021	4023	420	760.27		319.31
22	0.0021	4136	420	761.27		319.73
23	0.0021	4136	420	762.27		320.15
24	0.0021	4249	420	763.27		320.57
25	0.0021	4362	420	764.27		320.99
26	0.0021	4475	420	765.27		321.41
27	0.0021	4588	420	766.27		321.83
28	0.0021	4701	420	767.27		322.25
29	0.0021	4814	420	768.27		322.67
30	0.0021	4927	420	769.27		323.09
31	0.0021	5040	420	770.27		323.51
32	0.0021	5153	420	771.27		323.93
33	0.0021	5266	420	772.27		324.35
34	0.0021	5379	420	773.27		324.77
35	0.0021	5492	420	774.27		325.19
36	0.0021	5605	420	775.27		325.61
37	0.0021	5718	420	776.27		326.03
38	0.0021	5831	420	777.27		326.45
31	0.0021	5944	420	770.27		323.51
22	0.0021	4136	420	760.27		319.31
Jumlah					964.79	11128

Tabel 4.75 nilai Mn pier arah Y kondisi lentur murni

x	Cs	Ts	Z	Cs . Z	Ts . Z
cc	4858.2		315.622	1533349	
1	319.3		64	20436	
2	309.1		177	54705	
3	215.2		290	62397	
4	121.254		403	48865	

5		27.35	516		14111.35
6		175.17	759.69		133072.02
7		319.31	1003.38		320390.75
8		319.31	1247.07		398203.76
9		319.31	1490.76		476016.78
10		319.31	1734.45		553829.79
11		319.31	1978.14		631642.81
12		319.31	2221.83		709455.82
13		319.31	2465.52		787268.83
14		319.31	2709.21		865081.85
15		319.31	2952.9		942894.86
16		319.31	3196.59		1020707.9
17		319.31	3440.28		1098520.9
18		319.31	3683.97		1176333.9
19		319.31	3796.97		1212416.1
20		319.31	3909.97		1248498.3
21		319.31	4022.97		1284580.5
22		319.31	4135.97		1320662.7
23		320.15	4135.97		1324136.9
24		320.57	4248.97		1362098.6
25		320.99	4361.97		1400155.2
26		321.41	4474.97		1438306.7
27		321.83	4587.97		1476553.2
28		322.25	4700.97		1514894.5
29		322.67	4813.97		1553330.8
30		323.09	4926.97		1591862.0
31		323.51	5039.97		1630488.1
32		323.93	5152.97		1669209.2
33		324.35	5265.97		1708025.1
34		324.77	5378.97		1746936.0
35		325.19	5491.97		1785941.8
36		325.61	5604.97		1825042.6
37		326.03	5717.97		1864238.2
38		326.45	5830.97		1903528.8
39		323.51	5943.97		1922942.5
40		319.31	4135.97		1320662.7
41		11127.6	0		0.0
42		319.31	4135.97		1320662.7
Jumlah				1719751	44552705
				46272.46	KNm

MCc = Cc x ZCc

= 4858.17918 x 315.622

= 1533349 kNmm

	=	1533		kNm		
MCs	=	Cs1	x	ZC1		
	=	319.311	x	484.908		
	=	154836.7		kNmm		
Mn total	=	MCc		+ MCs	+	MTs
	=	1533349		+ 1719751	+	44552705
	=	47805805		kNmm		
	=	47805.80		kNm		
ϕ Mn	=	47805.80		KNm		
	=	0.65	x	47805.805		
	=	31073.7732				

Tabel 4.76 Koordinat diagram interaksi pier arah Y 44 D 22

Kondisi	**44 D 22**	
	ϕ Pn (kN)	ϕ Mn (kNm)
Sentris	45769.308	0
Patah Desak	13676.675	131071.173
Balance	24777.176	102556.020
Balance 1,25 fy	19521.065	52749.171
Patah Tarik	31453.848	61610.323
Lentur	0	31073.773

Tabel 4.77 Koordinat diagram interaksi pier arah Y 66 D 22

Kondisi	**66 D 22**	
	ϕ Pn (kN)	ϕ Mn (kNm)
Sentris	31082.9	0
Patah Desak	18609.0	42261
Balance	16149.8	43436
Balance 1,25 fy	14546.7	23369
Patah Tarik	10167.5	39704
Lentur	0.0	14062

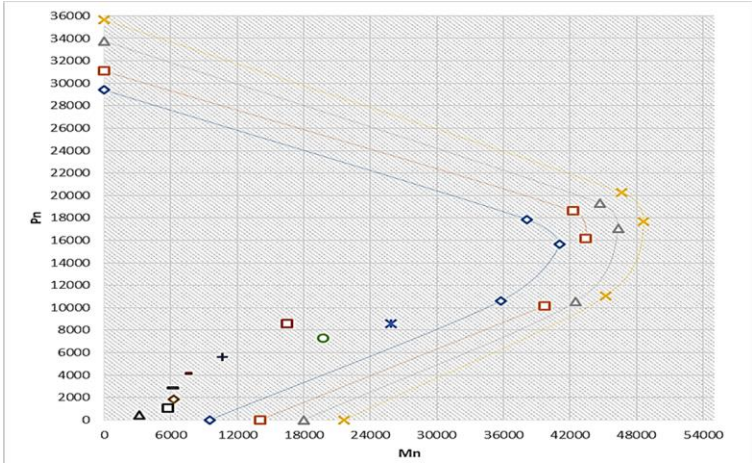
Tabel 4.78 Koordinat diagram interaksi pier arah Y 88 D 22

Kondisi	**88 D 22**	
	ϕ Pn (kN)	ϕ Mn (kNm)
Sentris	33764.5	0
Patah Desak	19325.7	44696
Balance	17073.2	46341
Balance 1,25 fy	15643.0	24987
Patah Tarik	10545.3	42510
Lentur	0	17986

Tabel 4.79 Koordinat diagram interaksi pier arah Y 110 D 22

Kondisi	**110 D 22**	
	ϕ Pn (kN)	ϕ Mn (kNm)

Sentris	35645.0	0
Patah Desak	20267.8	46696
Balance	17675.3	48654
Balance 1,25 fy	16532.0	24987
Patah Tarik	11056.0	45235
Lentur	0.0	21654



Gambar 4.57 diagram interaksi dinding geser untuk arah Y

Tabel 4.80 nilai Pu, My dinding geser tiap lantai

Lantai	Kode	Pu (kN)	My (kNm)
L7	dg7	434.51	423.30
L6	dg6	1536.02	5730.30
L5	dg5	2633.90	932.47
L4	dg4	3727.19	1572.57
L3	dg3	4194.20	2646.02
L2	dg2	5143.57	47123.80
L1	dg1	6077.22	74386.51

Dari diagram interaksi diatas dapat disimpulkan bahwa Pu maksimum dan Mu arah Y (Muy) pada lantai 1-8 dapat dipikul oleh konfigurasi tulangan 44 D22

4.9.4 Perhitungan Penulangan transversal Arah X

Data Perencanaan

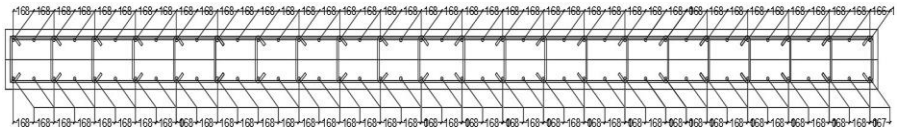
- Kuat Tekan Beton (f'c) : 35 Mpa
- Kuat leleh baja (fy) : 280 Mpa
- Faktor reduksi kekuatan
  - lentur dan tekan aksial Φ : 0.65
  - Geser Φ : 0.75
  - Panjang dinding geser : 7200 mm
  - Tebal dinding geser : 350 mm
- Data dari etabs :

  Mux : 500.5027 kNm

  Pu : 8578.93 kN

  Vux : 239.97 kN

Luas penampang dinding geser : 350 x 7200 = 2520000 mm²



- **Tulangan Transversal Untuk Menahan Geser**

Kebutuhan Jumlah Tulangan

Berdasarkan SNI 2847 - 2019 pasal 18.10.2.2, bila

$V_u < 0.17 \lambda A_{cv} x\sqrt{f'c}$

maka harus digunakan dua tirai tulangan.

$A_{cv} = l_w$ x b = 7200 x 350 = 2520000 mm²

$V_{ux} \geq 0.17 \times \lambda \times A_{cv} \times \sqrt{f'c}$

$239970 < 0.17 \times 1 \times 2520000 \times \sqrt{35}$

$239.97 < 2534.4486$ kN

maka harus digunakan dua tirai tulangan.

Keterangan :

A_{cv} = Luas bruto penampang beton yang dibatasi oleh tebal badan dan panjag penampang .

h = tebal atau tinggi keseluruhan komponen struktur , mm

- **Perhitungan kekuatan geser oleh beton**

Menentukan kekuatan geser beton (Vc) sesuai SNI 2847 - 2019 Pasal 11.5.4.6, dimana Vc diambil yang lebih kecil diantara (a) dan (b) sebagai berikut :

d' = cb + diameter tul. Transversal + 1/2 diameter tulangan longitudinal

= 40 + 13 + 1/2 x 22 = 64 mm

d = 336 mm

$$V_c = 0.27 \times \sqrt{fc'} \times lw \times d + \frac{P_u \times d}{4 \times b}$$

$$= 0.27 \times \sqrt{35} \times 4200 \times 4200 + \frac{8578930 \times 336}{4 \times 400}$$

= 29978680.09 N

= **29978.68009 KN**

$$V_c = \left(0.05 \lambda \sqrt{fc'} + \frac{b \left(0.1 \lambda \sqrt{fc'} + 0.2 \frac{P_u}{l_w \; b} \right)}{\frac{M_{ux}}{V_{ux}} - \frac{b}{2}} \right) \times lw \times d$$

$$= \left(0.05 \; 1 \sqrt{35} + \frac{400 \left(0.1 \quad 1 \sqrt{35} + 0.2 \; \frac{8578930}{400 \quad 4200} \right)}{\frac{500502700}{239970} - \frac{400}{2}} \right)$$

x 4200 x 336

= 900262.1873

= **900.2621873 kN**

Maka digunakan V_c terkecil **= 900.2621873 kN**

Keterangan :

l_w = Panjang seluruh dinding atau panjang segmen dinding

b = tebal komponen struktur , mm

Pu = Gaya aksial terfaktor

d = Jarak dari serat tekan terjauh ke pusat tulanan tarik longitudinal

fc' = Kekuatan beton yang di isyaratkan

V_c = Kekuatan geser nominal yang disediakan oleh beton

a. Perhitungan Kebutuhan Tulangan Transversal Daerah Sendi Plastis

Tulangan transversal yang disyaratkan dalam SNI 2847 -2019 18.7.5.1 sampai 18.7.5.4 harus dipasang sepanjang panjang *lo* dari setiap muka joint dan pada kedua sisi sebarang penampang dimana pelelehan lentur sepertinya terjadi sebagai akibat dari perpindahan lateral inelastis rangka. Panjang lo tidak boleh kurang dari yang terbesar dari (a), (b) dan (c):

a. Tinggi komponen struktur (h) pada muka joint atau penampang dimana pelelehan lentur sepertinya terjadi

h = 350 mm

b. 1/6 tinggi bersih komponen struktur

1/6 x 3750 mm = 625 mm

c. 450 mm

Jadi, daerah yang berpotensi terjadi sendi plastis (lo) = **625** ***mm***

Persyaratan spasi maksimum pada daerah gempa (SNI 2847 - 2019 Pasal 18.7.5.3), spasi maksimum tidak boleh melebihi :

- ¼ x dimensi terkecil komponen struktur = ¼ x 350 = **87.5** **mm**
- 6 x diameter tulangan pokok = 6 x 22 = **132** **mm**
- S_o tidak boleh melebihi 150 dan tidak boleh kurang dari 100 mm

h_c = 7200 - 40 - 40 - 22 = 7098 mm

hx = hc / (n - 1)

= 7098 / 26

= 273

$$S_o = 100 + \frac{350 - 0.5 \times h_x}{3}$$

$$= 100 + \frac{350 - 273}{3} = \mathbf{125.67} \text{ mm}$$

Maka diambil s = **100 mm**

Digunakan tulangan transversa **22 kaki D 13 - 100**

A_{vt} = 22 x 1/4 x 3.14 x 13 ^{2} = 2920.110372 mm ^{2}

$V_s = \frac{A_{vt} \times f_y \times d}{} = \frac{2920.1 \times 280 \times 336}{}$

$$\frac{}{s} \qquad \frac{}{100}$$

$= 2747239.8 \text{ N}$

$= \mathbf{2747.240\ kN}$

A_{vt} = Luas tulangan geser dalam rentang jarak s ,

f_y = Kekuatan leleh tulangan transversal

s = spasi pusat ke pusat benda

Menurut SNI 2847 - 2019 pasal 18.10.2.1 rasio tulangan transversal dan longitudinal (ρ_t dan ρ_l) minimal sebesar 0,0025 dan spasi antar tulangan baik longitudinal maupun transversal tidak melebihi 450 mm, maka :

$$\rho_t = \frac{A_{vt}}{b \times s} = \frac{2920.110}{350 \times 100} = 0.0834 > 0.0025 \quad \text{OK}$$

$$S = 100 < 450 \quad \text{OK}$$

Sehingga kekuatan geser penampang nominal sebagai berikut :

$$V_n = V_c + V_s = 900262.19 + 2747239.838 = 3647502 \text{ N}$$

$$= 3647.50 \text{ kN}$$

- **Cek Syarat kekuatan geser nominal penampang**

Nilai Vn yang digunakan tidak boleh melebihi (SNI 2847 - 2019 Pasal 18.10.4.1)

$$\frac{h_w}{l_w} = \frac{33850}{7200} = 4.70 > 2 \text{ Sehingga } a_c = 0.17$$

$$Vn = A_{cv}\ a_c\ \lambda \left(\sqrt{f'c} + \rho_t\ f_y \right)$$

$$= 2520000 \left(0.17 \times \sqrt{35} + 0.0834 \times 280 \right)$$

$$= 61403874 \text{ N}$$

Sehingga $3647502.025 \text{ N} < 61403874 \text{ N}$ OK

$3647.50 \text{ kN} < 61403.87 \text{ kN}$

- **Cek syarat kekuatan geser nominal maksimum**

Untuk semua segmen dinding geser nilai Vn tidak boleh lebih besar dari $0{,}66\sqrt{A}cv\ fc'$

(SNI 2847:2019 Pasal 18.10.4.4)

A_{cv} = l_w x b = 7200 x 350 = 2520000 mm²

$V_n < 0.66\ A_{cv}\sqrt{fc'}$

3647502 N < 0.66 x 2520000 x $\sqrt{35}$

3647502 N < 9839623.895 N

3647.502 kN < 9839.623895 kN OK

- **Cek syarat kekuatan geser penampang**

$\phi\ V_n > V_u$

0.75 x 3647502.025 > 239970 N

2735626.519 N > 239970 N

2735.627 kN > 239.97 kN OK

b. Perhitungan Tulangan Transversal Daerah Luar Sendi Plastis

Persyaratan spasi maksimum untuk daerah luar sendi plastis menurut SNI 2847 - 2019 Pasal 18.7.5.5, spasi maksimum tidak boleh melebihi :

- 6 x diameter tulangan = 6 x 22 = 132 mm
- 150 mm

Maka digunakan s sebesar : **130 mm**

Digunakan tulangan transversal **22 kaki D 13 - 130**

A_{vt} = 22 x 1/4 x 3.14 x 13 ^{2} = 2920.11 mm ^{2}

$$V_s = \frac{A_{vt} \times f_y \times d}{s} = \frac{2920.1 \times 280 \times 336}{130} = 2113261.4\ N$$

Keterangan :

A_{vt} = Luas tulangan geser dalam rentang jarak s ,

f_y = Kekuatan leleh tulangan transversal

s = spasi pusat ke pusat benda

Menurut SNI 2847 - 2019 pasal 18.10.2.1 rasio tulangan transversal dan longitudinal (ρt dan ρl) minimal sebesar 0,0025 dan spasi antar tulangan baik longitudinal maupun transversal tidak melebihi 450 mm, maka :

$$\rho_t = \frac{A_{vt}}{t \times s} = \frac{2920.11}{350 \times 130} = 0.064 > 0.0025$$

$S = 130 < 450$ OK

Sehingga kekuatan geser penampang nominal sebagai berikut :

$V = V_c + V_s = 900262 + 2113261.4 = 3013523.6$ N

- **Cek Syarat kekuatan geser nominal penampang**

Nilai Vn yang digunakan tidak boleh melebihi (SNI 2847 - 2019 Pasal 18.10.4.1)

$\frac{h_w}{l_w} = \frac{33850}{7200} = 4.7014 > 1.5$ Sehingga $a_c = 0.17$

$$Vn = A_{cv}\ a_c\left(\lambda\sqrt{fc'} + \rho_t\ f_y\right)$$
$$= 2520000\ \left(0.17 \times \sqrt{35} + 0.06 \times 280\right)$$
$$= 49011303 \text{ N}$$

Sehingga 3013523.6 N < 49011303 N OK

3013.52 kN < 49011.30 kN

- **Cek syarat kekuatan geser nominal maksimum**

Untuk semua segmen dinding geser nilai Vn tidak boleh lebih besar dari 0,66 Acv fc'

(SNI 2847:2019 Pasal 18.10.4.4)

$A_{cv} = l_w \times h = 7200 \times 350 = 2520000$ mm²

$V_n < 0.66\ A_{cv}\sqrt{fc'}$

3013523.6 N < 0.66 x 2520000 x $\sqrt{35}$

3013523.6 N < 9839623.9 N

3013.5236 kN < 9839.6239 kN OK

- **Cek syarat kekuatan geser penampang**

$\phi\ V_n > V_u$

0.75 x 3013523.6 > 239970 N

2260142.7 N > 239970 N

2260.14 KN > 239.97 KN OK

c. Perhitungan Tulangan Transversal Daerah Sambungan Lewatan

Dalam SNI 2847-2019 Pasal 18.6.3.3 Spasi Tulangan transversal pada daerah sambungan lewatan tidak boleh melebihi :

$s \leq$ d/4 = 87.5 mm

atau

s = 100 mm

Maka dipakai s sebesar : **100 mm**

Digunakan tulangan transversa **22 kaki D 13 - 100**

A_{vt} = 22 x 1/4 x 3.14 x 13^2 = 2920.11 mm^2

$$V_s = \frac{A_{vt} \times f_y \times d}{s} = \frac{2920.1 \times 280 \times 336}{100} = 2747239.8$$

Keterangan :

A_v = Luas tulangan geser dalam rentang jarak s ,
(a_v harus diambil dua kali luas batang tulangan pada sengkang ikat bundar , ikat persegiatau spiral dengan spasi s).

f_y = Kekuatan leleh tulangan transversal

s = spasi pusat ke pusat benda

Menurut SNI 2847 - 2019 pasal 18.10.2.1 rasio tulangan transversal dan longitudinal (ρt dan ρl) minimal sebesar 0,0025 dan spasi antar tulangan baik longitudinal maupun transversal tidak melebihi 450 mm, maka :

$$\rho_t = \frac{A_{vt}}{t \times s} = \frac{2920.110372}{350 \times 100} = 0.083 > 0.0025$$

S = 100 < 450 Oke

Sehingga kekuatan geser penampang nominal sebagai berikut :

$V_n = V_c + V_s$ = 900262 + 2747239.8 = 3647502 N

= 3647.502 kN

- **Cek Syarat kekuatan geser nominal penampang**

  Nilai Vn yang digunakan tidak boleh melebihi (SNI 2847 - 2019 Pasal 18.10.4.1)

  $\frac{h_w}{l_w} = \frac{33850}{7200} = 4.7014 > 1.5$ Sehingga $a_c = 0.17$

  $Vn = A_{cv}\left(a_c\ \lambda\sqrt{fc'} + \rho_t\ f_y\right)$

  $= 2520000\ \left(0.17\ x\ \sqrt{35} + 0.08\ x\ 280\right)$

  $= 61403874$ N

  Sehingga 3647502 N < 61403874 N OK

  3647.502 KN < 61403.874 KN

- **Cek syarat kekuatan geser nominal maksimum**

  Untuk semua segmen dinding geser nilai Vn tidak boleh lebih besar dari 0,66 Acv fc'

  (SNI 2847:2019 Pasal 18.10.4.4)

  $A_{cv} = l_w\ x\ h = 7200\ x\ 350 = 2520000$ mm²

  $V_n < 0.66\ A_{cv}\ \sqrt{fc'}$

  3647502 N < 0.66 x 2520000 x $\sqrt{35}$

  3647502 N < 9839623.9 N OK

  3647.502 KN < 9839.6239 KN

  Cek syarat kekuatan geser penampang

  $\phi\ V_n > V_u$

  0.75 x 3647502.025 > 239970 N

  2735626.5 N > 239970 N

  2735.6265 KN > 239.97 KN OK

4.9.5 Perhitungan Penulangan Transversal arah Y

Data Perencanaan

- Kuat Tekan Beton (f'c) : 35 Mpa
- Kuat leleh baja (fy) : 280 Mpa

- Faktor reduksi kekuatan
  - lentur dan tekan aksial Φ : 0.65
  - Geser Φ : 0.75
  - Tebal dinding geser : 7200 mm
  - Panjang dinding geser : 350 mm
- Data dari etabs :

  Muy : 16470.4263 kNm

  Pu : 8578.93 kN

  Vuy : 328.96 kN

Luas penampang dinding geser : 350 x 7200 = 2520000 mm²

Perhitungan kekuatan geser oleh beton

Menentukan kekuatan geser beton (*Vc*) sesuai SNI 2847 - 2019 Pasal 11.5.4.6, dimana *Vc* diambil yang lebih kecil diantara (a) dan (b) sebagai berikut :

Menentukan nilai d sebagai berikut :

Diketahui nilai c = 486.3978876 mm

Baris	As	Jarak	As. Jarak
1	760.27	64	48656.96
2	760.27	177	134566.91
3	760.27	290	220476.85
4	760.27	403	306386.8
Jumla	3041.1		710087.51

Pusat Tulangan Tekan :

d' = As. Jarak / As

$= \frac{710088}{3041.1} =$ 234 mm

Pusat Tulangaan Tarik

d = As . Jarak / As

$= \frac{34413905}{13684.77} =$ 2514.76 mm

$$V_c = 0.27 \times \sqrt{fc'} \times b \times d + \frac{P_u \times d}{4 \times lw}$$

$$= 0.27 \times \sqrt{35} \times 400 \times 2514.76 + \frac{8578930 \times 2514.76}{4 \times 4200}$$

$$= 2890935.3 \text{ N} = 2890.9353 \text{ KN}$$

$$V_c = \left(0.05 \lambda \sqrt{fc'} + \frac{\left(\frac{l_w}{} 0.1 \lambda \sqrt{fc'} + 0.2 \frac{P_u}{lw} \right) b}{\frac{M_{uy}}{V_{uy}} - \frac{lw}{2}} \right) x b x d$$

$$= \left(0.05 \times 1 \sqrt{35} + \frac{4200 \left(0.1 \times 1 \sqrt{35} + 0.2 \frac{8578930}{4200 \times 400} \right)}{\frac{16470426300}{328960} - \frac{4200}{2}} \right)$$

$$x 400 x 2514.8$$

$$= 439607 \text{ N} = 439.61 \text{ KN}$$

Maka digunakan V_c = 439607 N

= 439.607 kN

a. Perhitungan Kebutuhan Tulangan Transversal Daerah Sendi Plastis

Diketahu (dari perhitungan sumbu x)

s = 100 mm

Digunakan tulangan transversal 2 D 13 - 100

A_{vt} = 2 x 1/4 x 3.14 x 13 ^{2} = 265.46458 mm ^{2}

$V_s = \frac{A_{vt} \times f_y \times d}{s} = \frac{265 \times 280 \times 2514.76}{100}$

= 1869222.8 N

Menurut SNI 2847 - 2019 pasal 18.10.2.1 rasio tulangan transversal dan longitudinal (ρt dan ρl) minimal sebesar 0,0025 dan spasi antar tulangan baik longitudinal maupun transversal tidak melebihi 450 mm, maka :

$$\rho_t = \frac{A_{vt}}{t \times s} = \frac{265.4645792}{350 \times 100} = 0.008 > 0.0025$$

S = 100 < 450 OK

Sehingga kekuatan geser penampang nominal sebagai berikut :

$V_n = V_c + V_s = 439607.292 + 1869222.8 = 2308830.1$ N

- **Cek Syarat kekuatan geser nominal penampang**

Nilai Vn yang digunakan tidak boleh melebihi (SNI 2847 - 2019 Pasal 18.10.4.1)

$\frac{h_w}{l_w} = \frac{33850}{7200} = 4.7014 > 1.5$ Sehingga $a_c = 0.17$

$Vn = A_{cv}\ a_c\left(\lambda\ fc'\sqrt{+}\ \rho_t\ f_y\right)$

$= 2520000\ \left(0.17 \times \sqrt{35} + 0.01 \times 280\right)$

$= 7886214.5$ N

Sehingga 2308830.1 N < 7886214.5 N OK

2308.8301 KN < 7886.2145 KN

- **Cek syarat kekuatan geser nominal maksimum**

Untuk semua segmen dinding geser nilai Vn tidak boleh lebih besar dari 0,66 Acv$\sqrt{fc'}$

$A_{cv} = l_w \times b = 7200 \times 350 = 2520000$ mm²

$V_n < 0.66\ A_{cv}\ \sqrt{fc'}$

2308830.1 N $< 0.66 \times 2520000 \times \sqrt{35}$

2308830.1 N < 9839623.9 N OK

2308.8301 KN < 9839.6239 KN

- **Cek syarat kekuatan geser penampang**

$\phi\ V_n > V_u$

0.75 x 2308830.1 > 328960 N

1731622.5 N > 328960 N

1731.6225 KN > 328.96 KN OK

b. Perhitungan Kebutuhan Tulangan Transversal Daerah luar Sendi Plastis

Diketahui : (dari perhitungan sumbu x)

s = 130 mm

Digunakan tulangan transversal 2 D 13 - 130

A_{vt} = 2 x 1/4 x 3.1416 x 13^2 = 265.46458 mm^2

$$V_s = \frac{A_{vt} \times f_y \times d}{s} = \frac{265.46 \times 240 \times 2515}{130}$$

= 1232454.6 N

Menurut SNI 2847 - 2019 pasal 18.10.2.1 rasio tulangan transversal dan longitudinal (ρt dan ρl) minimal sebesar 0,0025 dan spasi antar tulangan baik longitudinal maupun transversal tidak melebihi 450 mm, maka :

kN

$$\rho_t = \frac{A_{vt}}{t \times s} = \frac{265.4645792}{350 \times 130} = 0.0058344 > 0.0025$$

S = 130 < 450 OK

Sehingga kekuatan geser penampang nominal sebagai berikut :

$V_n = V_c + V_s$ = 439607.29 + 1232454.6 = 1672061.9 N

- **Cek Syarat kekuatan geser nominal penampang**

Nilai Vn yang digunakan tidak boleh melebihi (SNI 2847 - 2019 Pasal 18.10.4.1)

$\frac{h_w}{l_w} = \frac{33850}{7200}$ = 4.7014 > 1.5 Sehingga a_c = 0.17

$$Vn = A_{cv}\ a_c\left(\lambda\ fc'\sqrt{} + \rho_t\ f_y\right)$$

$$= 2520000\ \left(0.17 \times \sqrt{35} + 0.0058 \times 280\right)$$

= 7843873.3 N

Sehingga 1672061.9 N < 7843873.3 N OK

1672.0619 KN < 7843.8733 KN

- **Cek syarat kekuatan geser nominal maksimum**

  Untuk semua segmen dinding geser nilai Vn tidak boleh lebih besar dari 0,66 $\sqrt{Acv}$ fc'

  A_{cv} = l_w x h = 7200 x 350 = 2520000 mm²

  V_n < 0.66 $A_{cv}\sqrt{fc'}$

  1672061.9 N < 0.66 x 2520000 x $\sqrt{35}$

  1672061.9 N < 9839623.9 N OK

  1672.0619 KN < 9839.6239 KN

- **Cek syarat kekuatan geser penampang**

  $\phi V_n > V_u$

  0.75 x 1672061.9 > 328960 N

  1254046.4 N > 328960 N

  1254.046 KN > 328.96 KN OK

c. Perhitungan Kebutuhan Tulangan Transversal Daerah sambungan lewatan

Diketahu (dari perhitungan sumbu x)

s = 100 mm

Digunakan tulangan transversal 2 D 13 - 100

A_{vt} = 2 x 1/4 x 3.1416 x 13 ^{2} = 265.46458 mm ^{2}

$$V_s = \frac{A_{vt} \times f_y \times d}{s} = \frac{265.46 \times 280 \times 2514.8}{100}$$

= 1869222.762

Menurut SNI 2847 - 2019 pasal 18.10.2.1 rasio tulangan transversal dan longitudinal (ρt dan ρl) minimal sebesar 0,0025 dan spasi antar tulangan baik longitudinal maupun transversal tidak melebihi 450 mm, maka :

$$\rho_t = \frac{A_{vt}}{b \times s} = \frac{265.4645792}{350 \times 100} = 0.0076 > 0.0025$$

S = 100 < 450 OK

Sehingga kekuatan geser penampang nominal sebagai berikut :

$V_n = V_c + V_s = 439607.29 + 1869222.8 = 2308830.1$ N

- **Cek Syarat kekuatan geser nominal penampang**

Nilai Vn yang digunakan tidak boleh melebihi (SNI 2847 - 2019 Pasal 18.10.4.1)

$\frac{h_w}{l_w} = \frac{33850}{7200} = 4.7014 > 1.5$ Sehingga $a_c = 0.17$

$Vn = A_{cv}\ a_c\left(\lambda\sqrt{fc'} + \rho_t\ f_y\right)$

$= 2520000\ \left(0.17 \times \sqrt{35} + 0.008 \times 280\right)$

$= 7886214.5$ N

Sehingga, 2308830.1 N < 7886214.5 N OK

2308.8301 KN < 7886.2145 KN

- **Cek syarat kekuatan geser nominal maksimum**

Untuk semua segmen dinding geser nilai Vn tidak boleh lebih besar dari 0,66 $A_{cv}\sqrt{fc'}$

$A_{cv} = l_w \times h = 7200 \times 350 = 2520000$ mm²

$V_n < 0.66\ A_{cv}\sqrt{fc'}$

2308830.1 N < 0.66 x 2520000 x $\sqrt{35}$

2308830.1 N < 9839623.895 N OK

2308.8301 N < 9839.623895 KN

- **Cek syarat kekuatan geser penampang**

$\phi\ V_n > V_u$

0.75 x 2308830.053 > 328960 N

1731622.54 N > 328960 N

1731.62254 KN > 328.96 KN OK

4.9.6 Perhitungan panjang daerah Sambungan Lewatan

Sesuai SNI 2847 - 2019 Pasal 25.4.2.3, panjang sambungan lewatan harus dihitung sesuai dengan rumus sebagai berikut :

Untuk sambungan kondisi tertarik

$$ld = \left(\frac{fy}{1\ \lambda\ \sqrt{fc'}} \times \frac{\Psi t\ \ \Psi e\ \ \Psi s}{\left(\frac{Cb\ +\ Ktr}{db} \right)} \right) \times db$$

Dimana menurut SNI 2847 - 2019 Pasal 25.4.2.4 halaman 568 menyatakan:

Ψt = 1 Untuk situasi lainnya

Ψe = 1 Untuk tulangan tidak dilapisi dan dilapisi bahan seng (digalvanis)

Ψs = 1 Untuk batang tulangan D22 dan yang lebih besar

λ = 1 Bila beton berat normal

cb+Ktr/db tidak boleh diambil lebih besar dari 2,5

cb = selimut + d. sengkang + 1/2 D. longitudinal dinding

= 40 + 13 + 1/2 22

= 64 mm

Ktr = 0 Diizinkan sebagai penyederhanaan desain meskipun terdapat tulangan transversal. (SNI 2847-2019 pasal 25.4.2.3)

$$\frac{Cb + Ktr}{db} = \frac{64.000 + 0}{22} \leq 2.5$$

$$= 2.909 \approx 3$$

Sehingga:

$$ld = \left(\frac{fy}{1\ \lambda\ \sqrt{fc'}} \times \left(\frac{\Psi t\ \ \Psi e\ \ \Psi s}{Cb\ +\ Ktr} \right) \right) \times db$$

$$ld = \left(\frac{420}{} \times \frac{1\ 1\ 1}{} \right)$$

$$\left(1 \quad 1\sqrt{35} \quad \overline{3} \right) \text{x} \quad 22$$

$$= \quad 64.539 \quad \text{x} \quad 0.333 \quad \text{x} \quad 22$$

$$= \quad 473.286 \quad \text{mm} \quad \approx \quad 500 \quad \text{mm}$$

Digunakan nila 500 mm

Sesuai SNI 2847 - 2019 pasal 18.7.4.3, sambungan lewatan diletakan ditengah panjang kolom, harus didesain sebagai sambungan lewatan tarik.

SNI 2847 - 2019 pasal 25.5.2.1, Panjang minimum sambungan untuk sambungan lewatan tarik harus seperti disyaratkan untuk sambungan kelas A atau B, tetapi tidak kurang dari 300 mm, dimana:

a. Sambungan kelas A = 1 ld
b. Sambungan kelas B = 1.3 ld

Mengingat sambungan lewatan ini termasuk kelas B, maka panjangnya harus :

1.3 ld = 1.3 x 500

= 650.000 mm ≈ 700 mm

Digunakan *ld:* 700 mm ≥ 300 mm **OK**

Spasi sambungan tidak boleh melebihi lebih kecil dari (SNI 2847 - 2019 pasal 18.6.3.3):

a. d/4 = $\frac{2515}{4}$

= 628.69 mm

b. 100 mm

Diambil spasi sengkang sambungan lewatan sebesar: 100 mm

(sama dengan spasi antar sengkang *lo*)