

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Umum

Preliminary desain adalah langkah awal yang digunakan untuk merencanakan dimensi struktur bangunan gedung, struktur dan komponen struktur direncanakan hingga semua penampang mempunyai kuat rencana minimum sama dengan kuat perlu yang dihitung berdasarkan kombinasi beban dan gaya terfaktor yang sesuai dengan peraturan.

4.2 Data Perencanaan

Sebelum perhitungan *preliminary* desain perlu diketahui terlebih dahulu data perencanaan dan beban-beban yang diterima oleh struktur bangunan. Pada perencanaan gedung hotel 10 lantai direncanakan menggunakan beton bertulang dengan data-data sebagai berikut.

1. Jenis Bangunan : Hotel
2. Tinggi Bangunan : 32,5 m
3. Zona Gempa : Madiun
4. Jenis Tanah : Tanah Sedang
5. Mutu Beton (K) : K300 (Pelat, Shearwall)
: K350 (Balok)
: K400 (Kolom)
6. Mutu Baja : BJTP U24 fy 240 Mpa
: BJTD U40 fy 400 Mpa
7. Struktur Bangunan : Beton Bertulang

4.3 Preliminary Desain Balok

Balok merupakan komponen struktur bangunan yang didesain untuk menahan beban lentur. Desain dimensi balok (tinggi minimum balok) telah diatur di SNI-2847-2013 pasal 9.5(a)

Tabel 4.1 Tabel minimum dimensi balok non-prategang

Tabel minimum, h				
Komponen Struktur	Tertumpu sederhana	Batu ujung menerus	Kedua ujung menerus	Kantilever
	Komponen struktur tidak menumpu atau tidak dihubungkan dengan partisi atau kontruksi lainya yang mungkin rusak oleh lendutan yang besar			
Pelat massif satu-arah	$l / 20$	$l / 24$	$l / 28$	$l / 10$
Balok atau pelat rusuk satu- arah	$l / 16$	$l / 18.5$	$l / 21$	$l / 8$
<p><u>Catatan :</u> Panjang bentang dalam mm. Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulangan Mutu 420 MPa. Untuk kondisi lain, nilai di atas harus dimodifikasikan sebagai berikut:</p> <p>(a) Untuk struktur beton ringan degan berat jenis (equilibrium density), w_e, diantara 1440 sampai 1840 kg/m³, nilai tadi harus dikalikan dengan $(1.65-0,0003w_e)$ tetapi tidak dikurang dari 1,09</p> <p>(b) Untuk f_y selain 420 MPa, nilainya harus dikalikan dengan $(0,4+f_y/700)$</p>				

(Sumber: SNI 2847-2013 halaman 70)

4.3.1 Preliminary Desain Balok

Desain dimensi balok induk menurut SNI 03-2847-2013 seperti pada tabel 4.1 disebutkan tebal minimum balok di atas dua tumpuan sederhana disyaratkan $L / 16$, sedangkan untuk balok anak tebal minimum balok di atas kedua ujung menerus disyaratkan $L / 21$.

Dimensi balok induk :

$$h = 1/16 \times l \times (0,4 + f_y/700)$$

$$b = 2/3 \times h$$

dimensi balok anak :

$$h = 1/21 \times l \times (0,4 + f_y/700)$$

$$b = 2/3 \times h$$

dimana :

b = lebar balok

h = tinggi balok

l = bentang balok

f_y = mutu baja tulangan

a) Balok induk memanjang B1

$$h = 1/16 \times L \times (0,4+f_y/700)$$

$$b = \frac{1/16 \times 620 \times 0,971}{2/3 \times h} = 37,63 \sim 40 \text{ cm}$$

$$= \frac{2/3 \times 40,00}{2/3} = 27 \sim 30 \text{ cm}$$

b) Balok induk melintang B2

$$h = \frac{1/16 \times L \times (0,4 + f_y/700)}{2/3 \times b}$$

$$= \frac{1/16 \times 825 \times 0,971}{2/3 \times h} = 50,07 \sim 55 \text{ cm}$$

$$= \frac{2/3 \times 55}{2/3} = 37 \sim 40 \text{ cm}$$

c) Balok anak B4

$$h = \frac{1/21 \times L \times (0,4 + f_y/700)}{2/3 \times b}$$

$$= \frac{1/21 \times 620 \times 0,971}{2/3 \times h} = 28,67 \sim 30 \text{ cm}$$

$$= \frac{2/3 \times 30}{2/3} = 20 \sim 20 \text{ cm}$$

Tabel 4.2 Rekapitulasi dimensi balok

Kode Balok	Bentang (cm)	h (cm)	b (cm)	dimensi (cm)
B1	620	40	30	30/40
B2	825	55	40	40/55
B3	550	35	25	25/35
B4	620	30	20	20/30

(Sumber: Hasil perhitungan preliminary desain balok)

4.4 Preliminary Desain Kolom

Kolom direncanakan untuk mampu menahan beban axial yang berkerja pada semua lantai dan momen maksimum untuk perencanaan tulangan utama. Dan untuk tulangan sengkang yaitu untuk menahan gaya geser dari suatu struktur bangunan.

$$\frac{I_{\text{kolom}}}{L_{\text{kolom}}} \geq \frac{I_{\text{balok}}}{L_{\text{balok}}}$$

Dimana

I kolom = momen inersia kolom

I balok = momen inersia balok

L kolom = tinggi antar lantai

I balok = bentang balok

Dari gambar denah diketahui L kolom 400 cm dan L balok diambil bentang terbesar balok memanjang 620 cm balok melintang 825 cm

a. Balok induk memanjang (30/40) B1

$$\begin{aligned} \frac{I_{\text{kolom}}}{L_{\text{kolom}}} &\geq \frac{I_{\text{balok}}}{L_{\text{balok}}} = \frac{1/12 \cdot b h^3}{400} \geq \frac{1/12 \cdot 30 \cdot 40^3}{620} \\ &= \frac{620 \cdot b^4}{400} \geq 30 \times 40^3 \times 400 \\ &= b^4 \geq 1238709,677 \\ &= b \geq 33,36 \text{ cm} \end{aligned}$$

b. Balok induk melintang (40/55) B3

$$\begin{aligned} \frac{I_{\text{kolom}}}{L_{\text{kolom}}} &\geq \frac{I_{\text{balok}}}{L_{\text{balok}}} = \frac{1/12 \cdot b h^3}{400} \geq \frac{1/12 \cdot 40 \cdot 55^3}{825} \\ &= \frac{1020 \cdot b^4}{400} \geq 40 \times 55^3 \times 400 \\ &= b^4 \geq 3226666,667 \\ &= b \geq 42,40 \text{ cm} \end{aligned}$$

a. Dimensi Kolom Lantai 1 = 45 x 45 cm

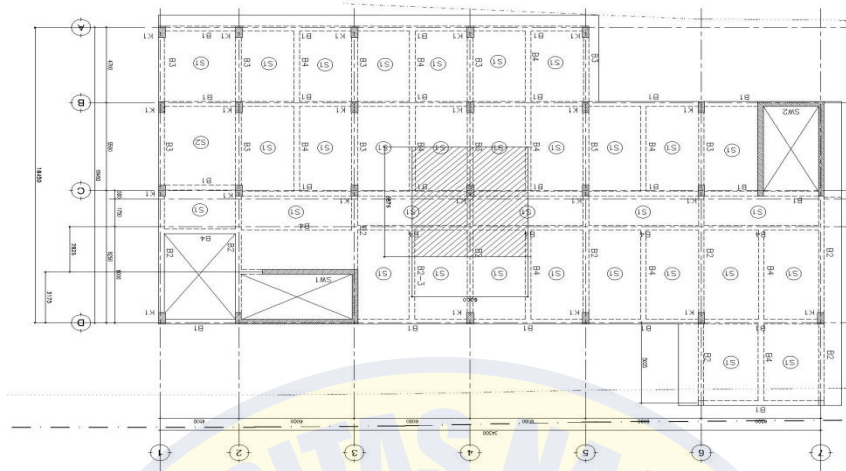
menentukan dimensi kolom rencana dengan rumus $\sigma = P/A$

σ = tegangan beton

P = total beban yg ditanggung kolom

A = Luas penampang kolom rencana

σ diambil berdasarkan mutu beton K400/3 = 133,33 kg/cm², perkiraan beban total *tribute area* yang diterima oleh kolom dari beban-beban struktur yang diterima. Kolom yang ditinjau yaitu pada kolom pada lantai 1 AS 4-C dengan jarak antar lantai 1 ke 2 yaitu 4 meter sesuai pada gambar 4.1 kolom harus direncanakan mampu untuk memikul beban aksial terfaktor, dan gaya geser.



Gambar 4.1 Kolom yang ditinjau

Berat beban mati

1	Pelat Lantai	=	6	x	6,875	x	0,12	x	2400	x	9	=	106.920	kg	
2	Balok anak 200x300 memanjang	=	6	x	0,2	x	0,3	x	2400	x	9	=	7.776	kg	
3	Balok induk 300x400 memanjang	=	6	x	0,3	x	0,4	x	2400	x	9	=	15.552	kg	
4	Balok anak 200x300 melintang	=	9,25	x	0,2	x	0,3	x	2400	x	9	=	11.988	kg	
4	Balok induk 400x550 melintang	=	1,88	x	0,4	x	0,55	x	2400	x	9	=	8.910	kg	
5	Balok induk 250x350 melintang	=	2,75	x	0,25	x	0,35	x	2400	x	9	=	5.198	kg	
6	Dinding	=	1	x	6	x	3,7	x	100	x	8	=	17.760	kg	
		=	1	x	6	x	3,6	x	100	x	8	=	17.280	kg	
		=	1	x	1,875	x	3,45	x	100	x	8	=	5.175	kg	
		=	1	x	2,75	x	3,65	x	100	x	8	=	8.030	kg	
		=	2	x	4,625	x	3,7	x	100	x	8	=	27.380	kg	
6	keramik lantai	=	6	x	6,875	x	1	x	24	x	8	=	7.920	kg	
7	spesi lantai	=	6	x	6,875	x	1	x	53	x	8	=	17.490	kg	
8	plafon pennggantung	+	6	x	6,875	x	1	x	18	x	9	=	6.683	kg	
9	M/E	=	6	x	6,875	x	1	x	25	x	9	=	9.281	kg	
10	waterproofing	=	6	x	6,875	x	1	x	5	x	1	=	206	kg	
													+		
													qdl	273.549	kg
													qdl	273,55	ton

Berat beban hidup

1	Pelat Lantai	=	6	x	6,875	x	250	x	8	=	82.500
2	Pelat Atap	=	6	x	6,875	x	100	x	1	=	4.125 +
										qll	86.625 kg
										qll	86,63 ton

Berat total bangunan

$$\begin{aligned}
 W_t &= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \\
 &= 328,26 + 138,60 \\
 &= 466,86 \text{ ton} \\
 &= 466.858,20 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tegangan Beton} &= 400 / 3 \\
 &= 133,333 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Dimensi Kolom} &= 466.858,20 : 133,333 \\
 &= 3.501,437 \text{ cm}^2 \\
 &= 59 \text{ cm} \\
 &= 60 \times 60 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Maka diambil dimensi kolom terbesar dengan ukuran 60 x 60 cm

4.5 Tebal pelat

$$\begin{aligned}
 h_{\min} &= \frac{l_n \times (0,8 + (f_y/1400))}{36 + 9\beta} \geq 90 \text{ mm} \\
 &= \frac{5200}{36 + (9 \times 1,4)} \times \left[0,8 + \frac{400}{1400} \right] \\
 &= \frac{5200}{36 + 12,6} \times [0,8 + 0,286] \\
 h_{\min} &= 116 \text{ mm} = 120 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka tebal pelat diambil 12 cm

4.6 Tebal Dinding Geser

Berdasarkan peraturan pada SNI 2847-2013 pasal 14.5.1 ketebalan dinding pendukung tidak boleh kurang dari $1/25$ tinggi atau panjang bagian dinding yang ditopang secara lateral. Dalam tugas akhir ini tebal dinding geser direncanakan sebagai berikut :

Rencana tebal dinding geser = 30 cm

Panjang bentang dinding = 600 cm

Tinggi dinding = 400 cm

$T > H/25 = 400/25 = 16$ cm

$T > L/25 = 600/25 = 24$ cm

Maka tebal dinding 30 cm memenuhi sesuai standar SNI 2847-2013

4.7 Pembebanan

a) Beban Mati

Beban mati adalah beban dari semua elemen gedung yang bersifat permanen termasuk peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung.

- a. Keramik lantai = 24 kg/m²
- b. Spesi lantai 3 cm = 53 kg/m²
- c. Dinding bata ringan = 100 kg/m²
- d. Plafon + penggantung = 18 kg/m²
- e. M/E = 25 kg/m²
- f. Waterproofing = 5 kg/m²

b) Beban Hidup

Beban hidup adalah beban yang bekerja pada lantai bangunan ruang yang digunakan.

- a. Beban Lantai Hotel = 250 kg/m²
- b. Beban Lantai Atap = 100 kg/m²

c) Beban gempa

Beban gempa SNI Gempa 03-1726-2012 Pasal 4.1.1 dimana gempa rencana ditetapkan mempunyai periode ulang 500 tahun, sehingga probabilitas

terjadinya terbatas pada 10 % selama umur gedung 50 tahun. Kombinasi pembebanan yang digunakan mengacu pada SNI Beton 03-2847-2013 sebagai berikut :

Kombinasi pembebanan yang dipilih adalah yang memberikan pengaruh paling besar pada struktur. Kombinasi beban yang direncanakan ditunjukkan pada Tabel 4.3 berikut:

Tabel 4.3 Kombinasi pembebanan pada struktur gedung

Nama	Kombinasi	Jenis Kombinasi
Kombinasi 1	1,4 D	Kombinasi pembebanan tetap (akibat beban mati dan hidup)
Kombinasi 2	1,2 D + 1,6 L	
Kombinasi 3	1,2 D + 1 L + 1 EQX	Kombinasi pembebanan sementara (akibat beban mati, hidup, dan gempa statik)
Kombinasi 4	1,2 D + 1 L - 1 EQX	
Kombinasi 5	1,2 D + 1 L + 1 EQY	
Kombinasi 6	1,2 D + 1 L - 1 EQY	
Kombinasi 7	1,2 D + 1 L + 1 RSPX	Kombinasi pembebanan sementara (akibat beban mati, hidup, dan gempa dinamik respons spektrum)
Kombinasi 8	1,2 D + 1 L - 1 RSPX	
Kombinasi 9	1,2 D + 1 L + 1 RSPY	
Kombinasi 10	1,2 D + 1 L - 1 RSPY	
Kombinasi 11	0,9 D + 1 EQX	Kombinasi pembebanan sementara (akibat beban mati , dan gempa statik)
Kombinasi 12	0,9 D - 1 EQX	
Kombinasi 13	0,9 D + 1 EQY	
Kombinasi 14	0,9 D - 1 EQY	
Kombinasi 15	0,9 D + 1 RSPX	Kombinasi pembebanan sementara (akibat beban mati, dan gempa dinamik respons spektrum)
Kombinasi 16	0,9 D- 1 RSPX	
Kombinasi 17	0,9 D + 1 RSPY	
Kombinasi 18	0,9 D - 1 RSPY	

(Sumber: SNI 1726-2012)

Beban mati pada pelat atap

- a. Plafon + penggantung = 18 kg/m²
- b. M/E = 25 kg/m²
- c. Waterproofing = 5 kg/m²

Q_{dl} = 48 kg/m²

Beban hidup pelat atap Q_{ll} = 100 kg/m²

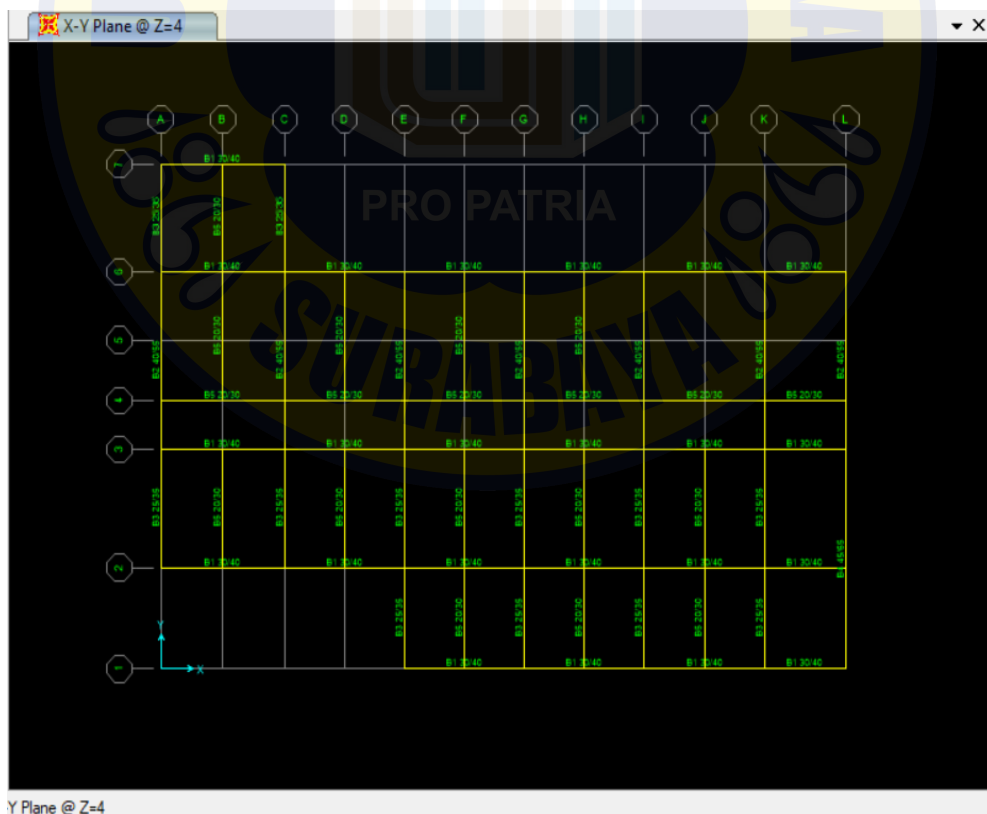
Beban mati pada pelat lantai

- a. Keramik lantai = 24 kg/m²
- b. Spesi lantai 3 cm = 53 kg/m²
- c. Plafon + penggantung = 18 kg/m²
- d. M/E = 25 kg/m²

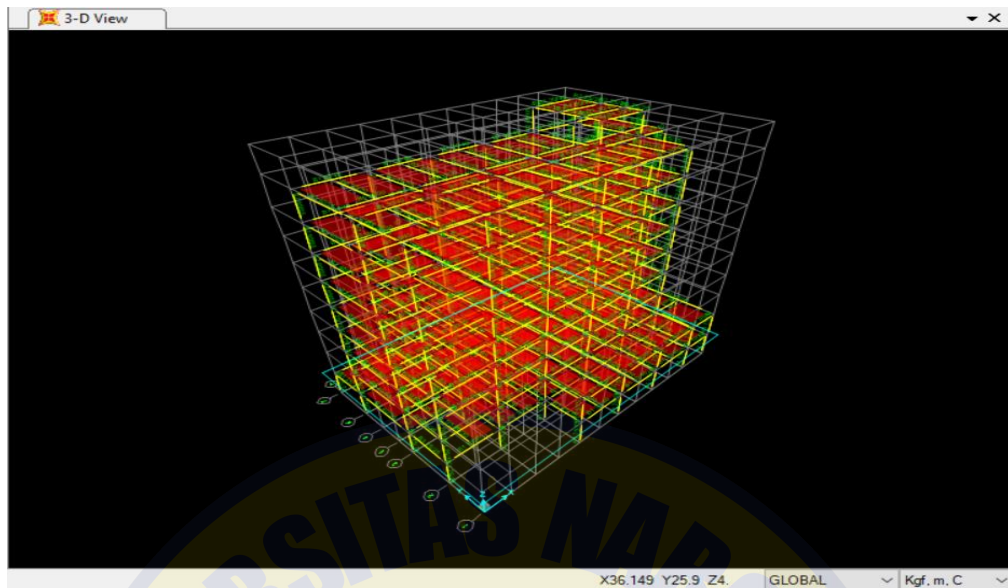
Q_{dl} = 120 kg/m²

Beban hidup pelat lantai Q_{ll} = 250 kg/m²

4.8 Modeling SAP2000

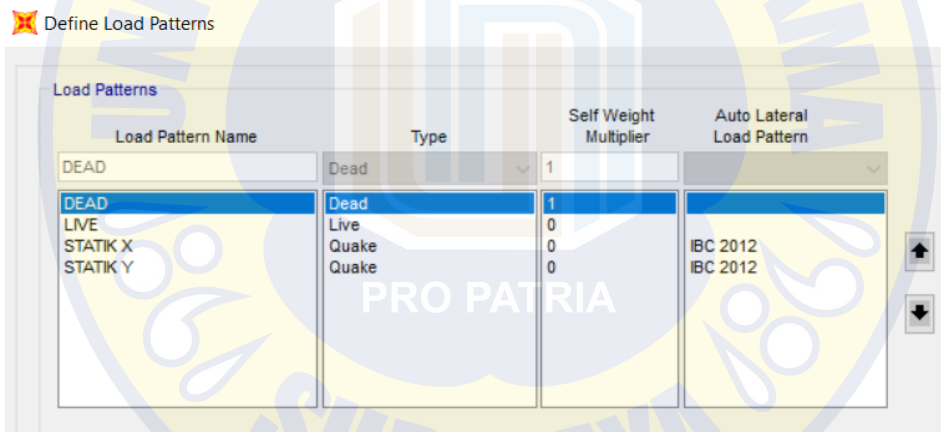


Gambar 4.2 Modeling SAP2000

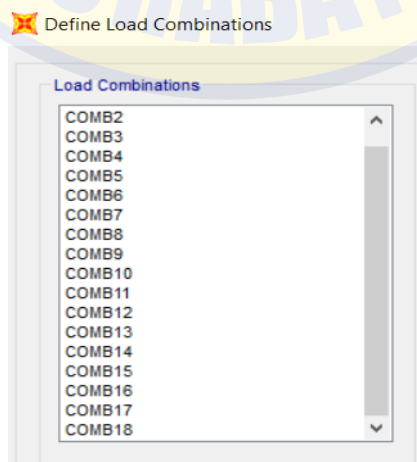


Gambar 4.3 Modeling 3D SAP2000

a. Beban yang bekerja pada SAP2000



Gambar 4.4 Beban yang bekerja pada SAP2000



Gambar 4.5 Beban kombinasi pada SAP2000

IBC 2012 Seismic Load Pattern

Load Direction and Diaphragm Eccentricity

Global X Direction
 Global Y Direction

Ecc. Ratio (All Diaph.)

Override Diaph. Eccen.

Time Period

Approx. Period Ct (ft), x =
 Program Calc Ct (ft), x =
 User Defined T =

Lateral Load Elevation Range

Program Calculated
 User Specified

Max Z
 Min Z

Factors

Response Modification, R
 System Overstrength, Omega
 Deflection Amplification, Cd
 Occupancy Importance, I

Seismic Coefficients

Ss and S1 from USGS - by Lat./Long.
 Ss and S1 from USGS - by Zip Code
 Ss and S1 User Specified

Site Latitude (degrees)
 Site Longitude (degrees)
 Site Zip Code (5-Digits)

0.2 Sec Spectral Accel, Ss
 1 Sec Spectral Accel, S1
 Long-Period Transition Period

Site Class

Site Coefficient, Fa
 Site Coefficient, Fv

Calculated Coefficients

SDS = (2/3) * Fa * Ss
 SD1 = (2/3) * Fv * S1

Gambar 4.6 Beban gempa statis pada SAP2000

Response Spectrum IBC 2012 Function Definition

Function Name Function Damping Ratio

Parameters

Ss and S1 from USGS - by Lat./Long.
 Ss and S1 from USGS - by Zip Code
 Ss and S1 User Specified

Site Latitude (degrees)
 Site Longitude (degrees)
 Site Zip Code (5-Digits)

0.2 Sec Spectral Accel, Ss
 1 Sec Spectral Accel, S1
 Long-Period Transition Period

Site Class

Site Coefficient, Fa
 Site Coefficient, Fv

Calculated Values for Response Spectrum Curve

SDS = (2/3) * Fa * Ss
 SD1 = (2/3) * Fv * S1

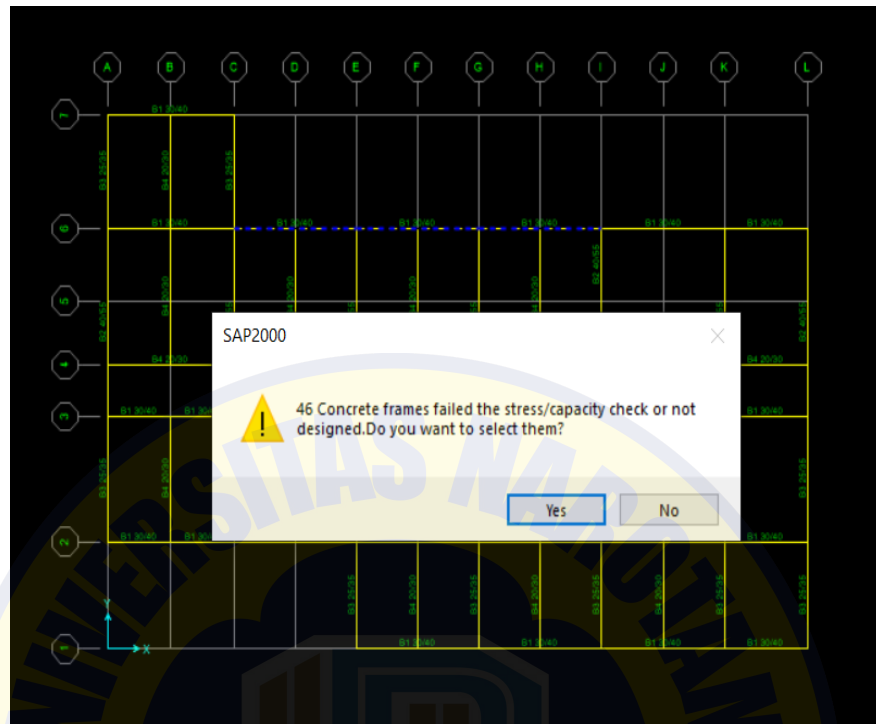
Define Function

Period	Acceleration
0.	0.2501
0.122	0.6253
0.6099	0.6253
0.8	0.4767
1.	0.3814
1.2	0.3178
1.4	0.2724
1.6	0.2383

Function Graph

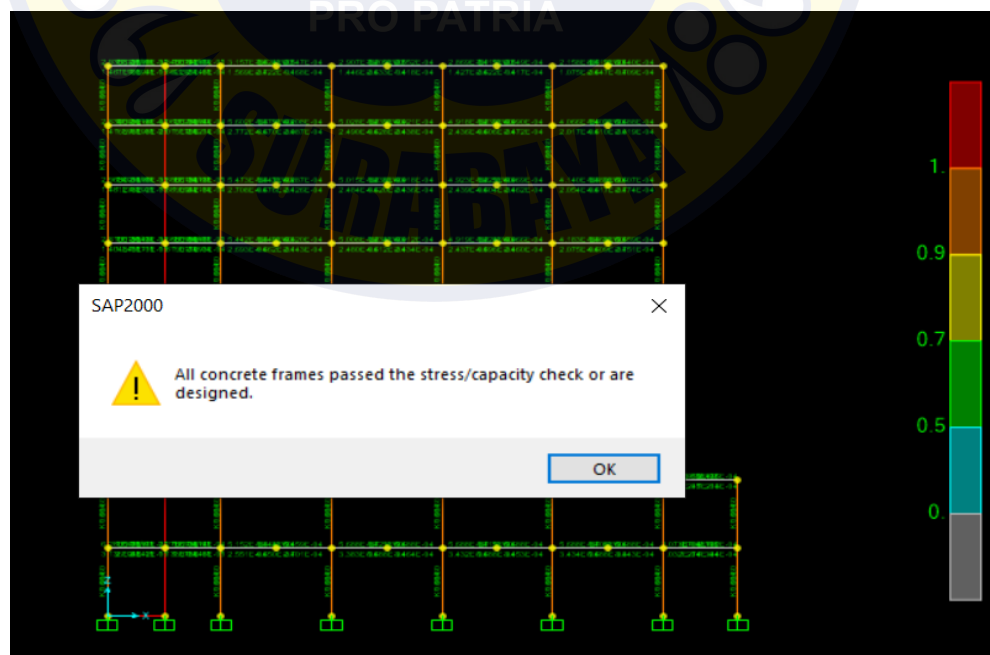
Gambar 4.7 Beban gempa dinamis respon spektrum pada SAP2000

b. Hasil analisis SAP2000



Gambar 4.8 Hasil cek struktur pada SAP2000

Pada hasil *output* analisis SAP2000 ada 46 *frame* balok yang tidak memenuhi hasilnya karena *over strange*, yaitu pada balok B1 30/40, B2 40/55, maka dimensi balok diperbesar lagi B1 30/60, B2 40/60



Gambar 4.9 Hasil cek struktur pada SAP2000

Pada hasil *output* analisis SAP2000 setelah dimensi balok diperbesar tidak ada *frame* yang *over strange* dan memenuhi kekuatan struktur.

4.9 Pembebanan Gempa

Perhitungan analisis struktur gedung terhadap beban gempa mengacu pada Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 03-1726-2012) dengan tahapan sebagai berikut. Berdasarkan tabel 2 Pasal 4.1.2 SNI 03-1726-2012 disebutkan bahwa gedung perhotelan termasuk dalam katagori resiko II dengan faktor keutamaan gempa I_e sebesar 1,0. Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV. Termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:

- Perumahan
- Rumah took dan rumah kantor
- Pasar
- Gedung perkantoran
- Gdung apartemen/ rumah susun
- Pusat perbelanjaan/ mall
- Bangunan industry
- Fasilitas manufaktur
- Pabrik

Tabel 4.4 Kategori resiko bangunan

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

(Sumber: SNI 1726-2012 halaman 15)

a. Menentukan kelas situs

Pada kasus ini diasumsikan kelas situs termasuk SD, tanah sedang. Untuk menentukan parameter ini di tabel 3 pasal 5.1 SNI 1726-2012.

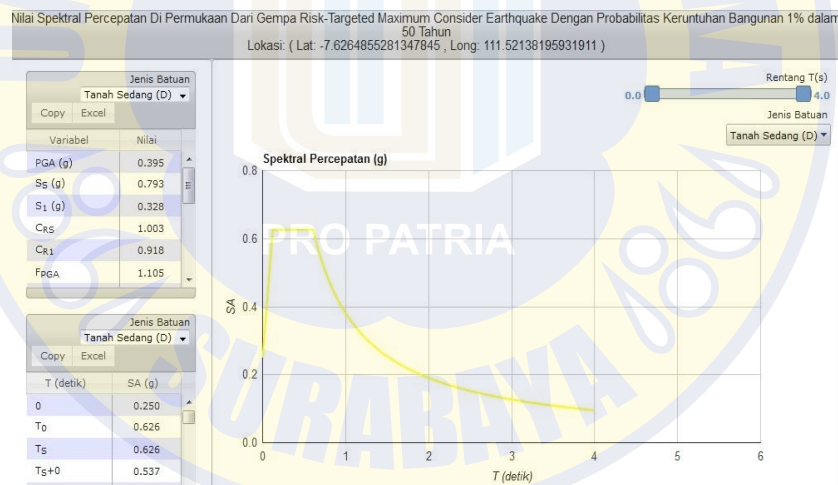
Tabel 4.5 Klasifikasi situs

Kelas situs			
SA	>1500	N/A	N/A
SB	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC	350 sampai 750	>50	≥ 100
SD	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100

(Sumber: SNI 1726-2012 halaman 17)

b. Menentukan parameter percepatan gempa

Parameter percepatan gempa (S_s , S_1) dapat diketahui secara detail melalui situs *online* Dinas PU yang dapat dilihat secara online melalui link berikut: http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/. Data yang perlu diinput dalam situs tersebut adalah nama kota dan jenis bantuan Input parameter percepatan gempa melalui situs online PU ditunjukkan pada Gambar 4.10 sebagai berikut..



Gambar 4.10 Output desain spektra pada website puskim.pu.go.id

Hasil output percepatan gempa (S_s , S_1) untuk lokasi perencanaan gedung hotel dimadiun adalah sebesar $S_s = 0,793$ g dan $S_1 = 0,328$.

c) Menentukan koefisien situs dan parameter respon spektra percepatan gempa.

Nilai parameter spektrum respons percepatan pada perioda pendek (S_{ms}) dan perioda 1 detik (S_{m1}) sesuai ditunjukkan sebagai berikut.

Jenis Batuan	
Tanah Sedang (D)	
Variabel	Nilai
CRS	1.003
CR1	0.918
FPGA	1.105
FA	1.183
FV	1.745
PSA (g)	0.436
Sms (g)	0.94

Gambar 4.11 Output nilai FA dan Fv website puskim.pu.go.id

Hitung Sms dan Sm1

$$\begin{aligned} Sms &= Ss \times Fa \\ &= 0,793 \times 1,183 \\ &= 0,94 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Sm1 &= S1 \times Fv \\ &= 0,328 \times 1,745 \\ &= 0,57 \end{aligned}$$

Hitung Sds dan Sd1

$$\begin{aligned} Sds &= \frac{2}{3} \times Sms \\ &= \frac{2}{3} \times 0,94 \\ &= 0,627 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Sd1 &= \frac{2}{3} \times Sm1 \\ &= \frac{2}{3} \times 0,57 \\ &= 0,38 \end{aligned}$$

d) Gempa dinamik respon spektrum

Desain gempa dinamik respons spektrum disusun berdasarkan respons terhadap percepatan tanah (*ground acceleration*) hasil rekaman gempa. Desain kurva respons spektrum untuk untuk kondisi tanah sedang ditunjukkan pada tabel 4.6 berikut:

Tabel 4.6 Nilai kurva spektrum gempa

Respon Spektra Desain	
T	Sa
0,000	0,250
0,122	0,625
0,610	0,625
1,000	0,382
1,100	0,347
1,200	0,318
1,300	0,294
1,400	0,273
1,500	0,254
1,600	0,238
1,700	0,224
1,800	0,212
1,900	0,201
2,000	0,191
2,100	0,182
2,200	0,173
2,300	0,166
2,400	0,159
2,500	0,153
2,600	0,147
2,700	0,141
2,800	0,136
2,900	0,132
3,000	0,127

(Sumber: Website puskim.pu.go.id)

e) Menentukan kategori seismik

Penentuan Kategori Desain Seismik (KDS) berdasarkan kategori risiko dan parameter respons spektral percepatan desain sesuai Tabel 4.7 dan Tabel 4.8 SNI Gempa 03-1276-2012 Pasal 6.5 sebagai berikut.

Tabel 4.7 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek

Nilai S	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S$	D	D

(Sumber: SNI 1726-2012 halaman 24)

Tabel 4.8 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda 1 detik

Nilai S	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$< 0,167$	A	A
$0,067 \leq S < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S$	D	D

(Sumber: SNI 1726-2012 halaman 25)

Berdasarkan perhitungan sebelumnya, didapatkan nilai parameter percepatan respons spektral pada perioda pendek, **SDS = 0,627g** dan parameter percepatan respons spektral pada perioda 1 detik, **SD1 = 0,38g**, maka termasuk katagori **resiko D**.

f) Penentuan sistem struktur dan paramater struktur

Menurut tabel 9 SNI 1726-2012 gedung ini termasuk sistem rangka beton bertulang pemikul momen khusus (SRPMK) dimana $R = 8 \Omega = 3 C = 5,5$.

g) Kontrol partisipasi massa

Sesuai SNI 03-1726-2012 Pasal 7.9.1 yang menyatakan jumlah ragam vibrasi yang ditinjau dalam penjumlahan respons ragam harus sedemikian rupa sehingga partisipasi massa dalam menghasilkan respons total harus mencapai minimal 90% dari massa actual yang dimodelkan. Pada tabel 4.9 yaitu hasil modal partisipasi massa dari hasil SAP2000 . jika jumlah ragam yang sudah ditentukan dalam model belum memenuhi syarat, maka bias ditambahkan jumlah ragam.

Tabel 4.9 Modal partisipasi massa

Modal Participating Mass Ratios

File View Edit Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted Modal Participating Mass Ratios

Filter:

	OutputCase	StepType Text	StepNum Unitless	Period Sec	UX Unitless	UY Unitless	UZ Unitless	SumUX Unitless	SumUY Unitless
▶	MODAL	Mode	1	0.321693	0.055	0.605	8.239E-06	0.055	0.605
	MODAL	Mode	2	0.204169	0.861	0.094	0.0001742	0.917	0.699
	MODAL	Mode	3	0.201624	0.009243	0.0006645	0.014	0.926	0.7
	MODAL	Mode	4	0.192468	0.0001136	1.835E-05	0.0009162	0.926	0.7
	MODAL	Mode	5	0.160787	0.0001577	5.505E-05	0.017	0.926	0.7
	MODAL	Mode	6	0.1429	0.039	0.261	4.201E-06	0.965	0.961
	MODAL	Mode	7	0.075798	0.02	4.695E-06	2.443E-08	0.985	0.961
	MODAL	Mode	8	0.073473	0.000573	0.022	0.0005554	0.985	0.983
	MODAL	Mode	9	0.049322	0.007037	0.01	1.851E-05	0.992	0.993
	MODAL	Mode	10	0.035563	0.002181	0.002487	0.002267	0.995	0.995

Dari tabel diatas pada kolom sum ux dan sum uy didapat partisipasi massa arah X sebesar 99,5% dan massa arah Y sebesar 99,5% pada modal ke 10, maka dapat disimpulkan analisis struktur yang sudah dilakukan telah memenuhi syarat sesuai dengan SNI 1726-2012 pasal 7.9.1 yaitu partisipasi massa ragam terkombinasi memenuhi.

h) Time periode

Waktu getar struktur adalah peristiwa bergetar dan bergoyangnya struktur dalam 1 periode. Untuk mencegah penggunaan dari struktur gedung yang terlalu fleksibel, nilai waktu getar alami fundamental (T) dari struktur gedung harus dibatasi sesuai SNI 1726-2012

$$T = Ct \times Hn^2$$

Hn adalah ketinggian struktur dari lantai dasar sampai lantai paling atas, nilai Ct dan x ditentukan pada pasal 7.8.2.1 SNI 1726-2012

Tabel 4.10 Nilai parameter pendekatan untuk Ct dan x

Tipe Struktur	Ct	x
Rangka baja pemikul momen	0,0724	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731	0,75
Semua system struktur lainnya	0,0488	0,75

Perhitungan perkiraan periode struktur untuk rangka beton pemikul momen adalah sebagai berikut: $T_a = 0,0466 \times h_n^{0,9} = 0,0466 \times 32,5^{0,9} = 1,069$ detik. Nilai waktu fundamental struktur awal bangunan (T_c) yang didapatkan dari hasil analisis model program struktur dibatasi tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batasan atas pada perioda yang dihitung (C_u) dari Tabel 14 SNI 03-1726-2012 dan perioda fundamental pendekatan T_a seperti ditunjukkan pada Tabel 4.11 berikut:

Tabel 4.11 Koefisien batas atas periode yang dihitung

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, SD1	Koefisien C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

(Sumber: SNI 1726-2012 halaman 56)

Dari perhitungan yang telah dilakukan didapatkan nilai SD1 sebesar 0,328 g dan T_a 1,069 detik. maka besarnya periode maksimum adalah sebagai berikut :

$$= 1,4 \times 1,069$$

$$= 1,497 \text{ detik.}$$

Tabel 4.12 Modal partisipasi massa

OutputCase	StepType Text	StepNum Unitless	Period Sec
MODAL	Mode	1	0.321693
MODAL	Mode	2	0.204169
MODAL	Mode	3	0.201624
MODAL	Mode	4	0.192468
MODAL	Mode	5	0.160787
MODAL	Mode	6	0.1429
MODAL	Mode	7	0.075798
MODAL	Mode	8	0.073473
MODAL	Mode	9	0.049322
MODAL	Mode	10	0.035563

(Sumber: Hasil analisis massa SAP2000)

Dari gambar diatas didapat $T_{cx} = 0,322$ s maka berdasarkan kontrol waktu getar alami fundamental nilai T_{cx} masih lebih kecil dari T_{max}

Kontrol batasan waktu getar :

$$T_{cx} < T_{maks}$$

$$0,322 < 1,497 \text{ detik} \rightarrow \text{OK, batasan periode terpenuhi.}$$

i) Gaya geser daya nominal V base shear

Berdasarkan SNI Gempa 03-1726-2012 Pasal 7.1.3 disebutkan bahwa nilai akhir respons dinamik struktur gedung terhadap pembebanan gempa nominal akibat pengaruh gempa rencana dalam suatu arah tertentu, tidak boleh diambil kurang dari 85% nilai respons ragam yang pertama. Bila respons dinamik struktur gedung dinyatakan dalam gaya geser dasar nominal V, seperti persamaan berikut :

$$V_{dinamik} > 0,85 V_{statik}$$

Tabel 4.13 Besarnya gaya geser dasar (Base Shear) nominal untuk masing-masing gempa

Tipe Beban Gempa		Fx	Fy	85% Statik X	85% Statik Y
Statik	Eqx	-350963	0.103	-298318	
	Eqy	0.128	-350963		-298318
Dinamik	RSPx	308394	120411		
	RSPy	155855	293927		

(Sumber: Hasil perhitungan geser output SAP2000)

Dari nilai dari Tabel 4.13 tersebut dapat disimpulkan persyaratan gaya geser gempa dinamik belum terpenuhi ($V_{dinamik} < 0,85 V_{statik}$), maka besarnya V dinamik harus dikalikan nilainya dengan faktor skala sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Arah x} &= -298318/308394 = 0,967 \\ &= 9,81/8 \times 0,967 = 1,186 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Arah y} &= -298318/293927 = 1,257 \\ &= 9,81/8 \times 1,257 = 1,541 \end{aligned}$$

j) Kontrol batas simpangan antar lantai

Simpangan antar lantai yang diijinkan untuk gedung dengan kriteria resiko IV adalah $a = (0,020) \times H$, dimana H : tinggi tingkat (Tabel 16 SNI 1726- 2012).

Pembatasan simpangan antar lantai suatu struktur bertujuan untuk mencegah kerusakan non-struktur.

Tabel 4.14 Besarnya gaya geser dasar (*Base Shear*) nominal untuk masing-masing gempa

Struktur	Kategori risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat.	$0,025h_{sx}^c$	$0,020h_{sx}$	$0,015h_{sx}$
Struktur dinding geser kantilever batu bata ^d	$0,010h_{sx}$	$0,010h_{sx}$	$0,010h_{sx}$
Struktur dinding geser batu bata lainnya	$0,007h_{sx}$	$0,007h_{sx}$	$0,007h_{sx}$
Semua struktur lainnya	$0,020h_{sx}$	$0,015h_{sx}$	$0,010h_{sx}$

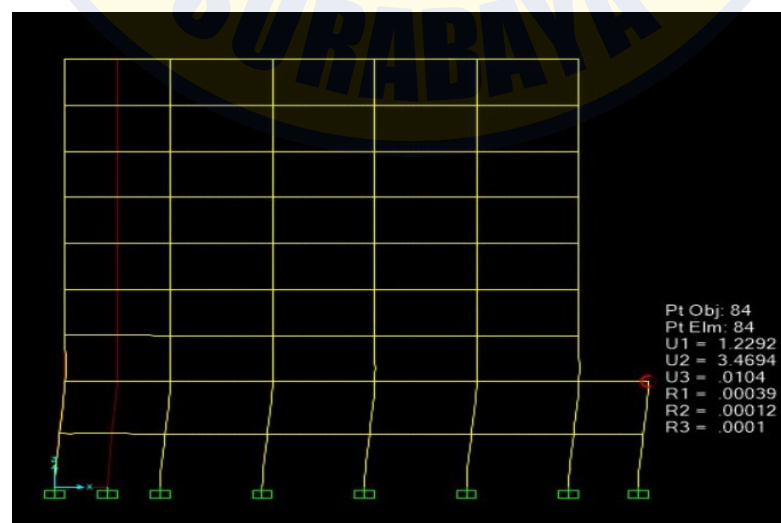
(Sumber: SNI 1726-2012 halaman 66)

Simpangan ijin untuk tinggi tingkat 4m lantai 1 sampai lantai 3

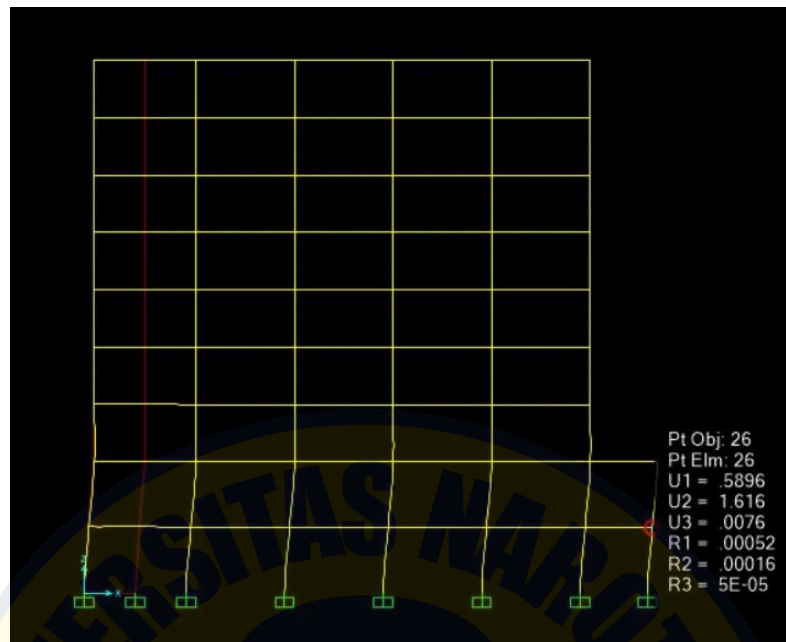
$$\begin{aligned}\Delta s &= 0,02 \times 4 \\ &= 0,08 \text{ m} \\ &= 80 \text{ mm}\end{aligned}$$

Simpangan ijin untuk tinggi tingkat 3,5m lantai 3 sampai lantai 10

$$\begin{aligned}\Delta x &= 0,02 \times 3,5 \\ &= 0,07 \text{ m} \\ &= 70 \text{ mm}\end{aligned}$$



Gambar 4.12 Simpangan lantai pada joint 84



Gambar 4.13 Simpangan lantai pada *joint* 26

Hasil dari *output* SAP2000 diambil yang terbesar seperti pada gambar 4.12 dan gambar 4.13 simpangan yang terjadi pada *joint* 26 dan 84 ditinjau akibat beban gempa rspy adalah sebesar:

$$\begin{aligned} \Delta a &= (3,47 - 1,62) \times C_d) / I \\ &= (1,85 \times 5,5) / 1 \\ &= 10,175 \text{ mm} < 80 \text{ mm (memenuhi syarat)} \end{aligned}$$

Apabila model struktur tidak memenuhi syarat, maka dimensi balok atau kolom diperbesar lagi agar tidak terjadi simpangan antar lantai. Apabila semua pemeriksaan sudah terpenuhi maka komponen struktur balok dan kolom dari hasil *software* SAP2000 siap dianalisis.

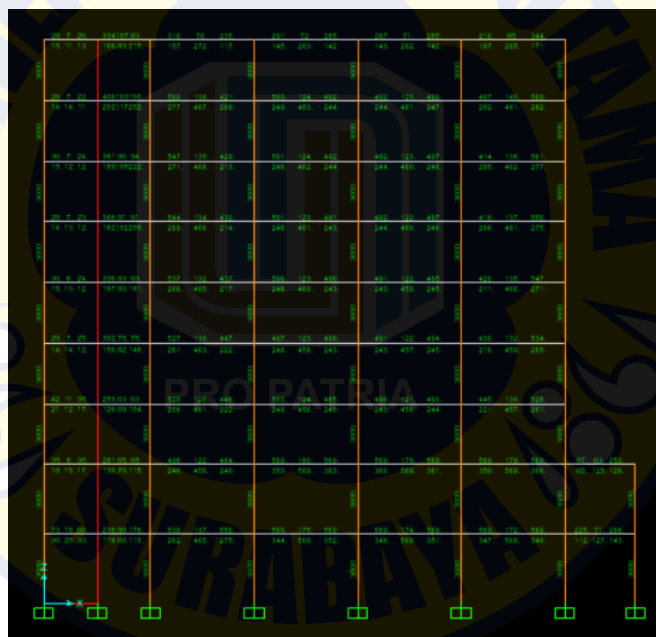
4.10 Hasil analisis perhitungan dari *software* SAP2000

Perhitungan struktur menggunakan hasil analisis dari *software* SAP2000 meliputi hasil penulangan struktur balok dan kolom berdasarkan ACI 318-14, setelah modeling SAP2000 di *running* maka bisa dicek kekuatan struktur dan hasil penulangan dari balok dan kolom dengan cara *design*, concrete frame design, *start design/check of structure*.

Tabel 4.15 Desain SAP2000 menggunakan ACI 318-14

Item	Value
1 Design Code	ACI 318-14
2 Multi-Response Case Design	Envelopes
3 Number of Interaction Curves	24
4 Number of Interaction Points	11
5 Consider Minimum Eccentricity?	Yes
6 Seismic Design Category	D
7 Design System Rho	1.
8 Design System Sds	0.5
9 Phi (Tension Controlled)	0.9
10 Phi (Compression Controlled Tied)	0.65
11 Phi (Compression Controlled Spiral)	0.75
12 Phi (Shear and/or Torsion)	0.75
13 Phi (Shear Seismic)	0.6
14 Phi (Joint Shear)	0.85
15 Pattern Live Load Factor	0.75
16 Utilization Factor Limit	0.95

(Sumber: Desain analisis SAP2000)



Gambar 4.14 Hasil analisis dari SAP2000

4.11 Hasil analisis penulangan balok dengan SAP2000

Balok induk adalah struktur utama yang memikul beban struktur sekunder dan meneruskan beban tersebut ke struktur kolom. perhitungan perencanaan tulangan balok induk direncanakan berdasarkan gaya momen yang terbesar dari hasil analisis dari *software* SAP2000 yaitu balok B2 40/60 cm frame 336 di sap2000 pada AS 4 C-D lantai 8 pada elevasi +25,5 m dengan panjang bentang

825 cm. Hasil perencanaan tulangan yang nantinya akan digunakan merupakan hasil kombinasi pembebanan terbesar.

Berikut data-data perencanaan balok :

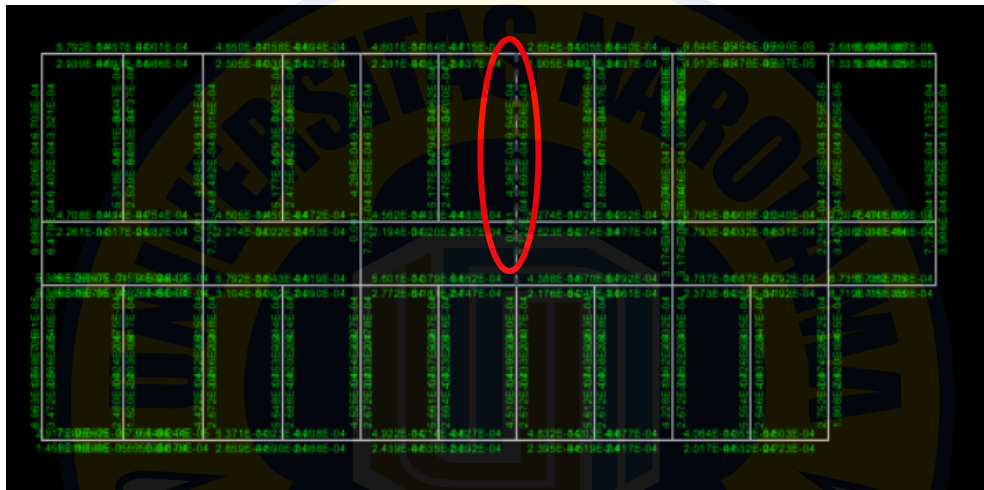
Mutu beton (K) = 350 kg/cm²

Mutu baja (fy) = 400 mpa

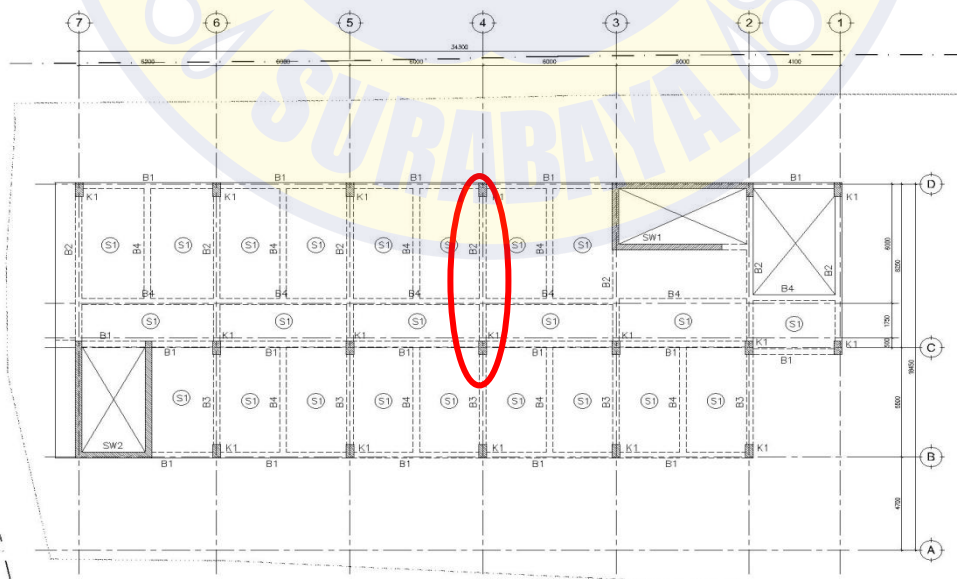
Dimensi balok = 40/60 cm

Panjang bentang = 8,25 m

Tebal selimut beton = 40 mm



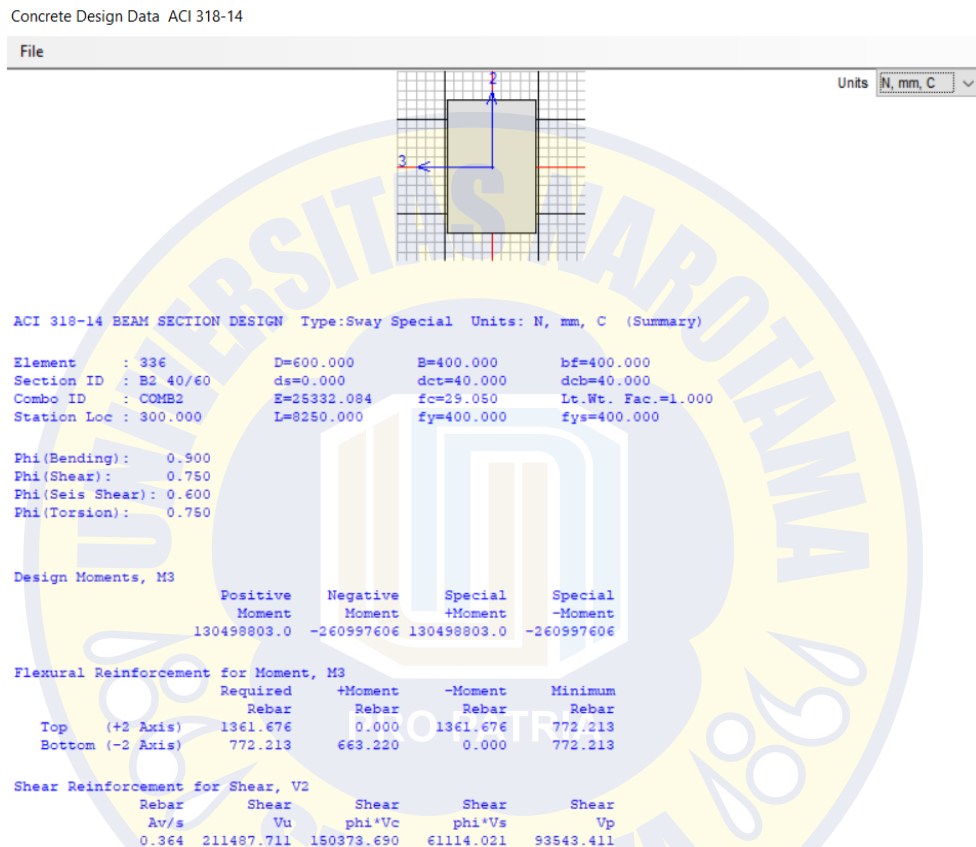
Gambar 4.15 Hasil analisis balok dari SAP2000



Gambar 4.16 Denah posisi balok B2 pada As 4 C-D lantai 8

a. Daerah tumpuan balok B2 40/60

Hasil desain tulangan longitudinal dan tulangan geser diperoleh data Dari *concrete frame design* SAP 2000 V19 code ACI 318-14, Setelah dilakukan analisis menggunakan *software* SAP2000 diperoleh data luas tulangan daerah tumpuan seperti pada gambar 4.17



Gambar 4.17 Hasil analisis balok 40/60 tumpuan dari SAP2000

- Hasil analisis tulangan longitudinal bagian tumpuan
 - Tulangan perlu bagian atas = 1361,676 mm²
 Digunakan tulangan 5D19 = 5 x 283,6 = 1418,2 mm²
 Tulangan pasang > tulangan perlu
 1418,2 mm² > 1361,676 mm² OK
 - Tulangan perlu bagian bawah = 722,213 mm²
 Digunakan tulangan 3D19 = 3 x 283,6 = 850,9 mm²
 Tulangan pasang > tulangan perlu
 850,9 mm² > 722,213 mm² OK

- Hasil analisis tulangan geser bagian tumpuan

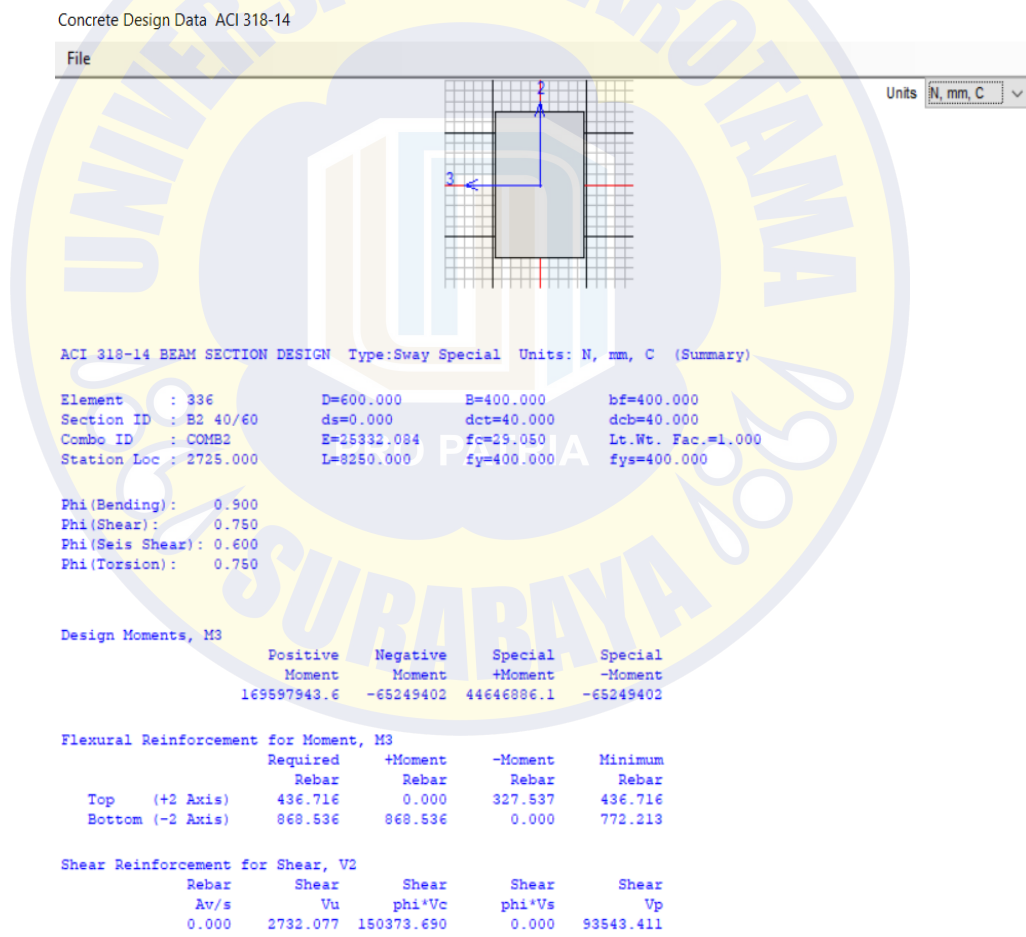
A_v/S perlu (sap2000) = 0,364 mm²/mm

Digunakan tulangan D 10 mm ($A_v = 157$ mm²) dan jarak 150 mm

A_v/S Pasang = 157/150 = 1,04 mm²/mm > 0,364 mm²/mm OK

- b. Daerah lapangan B2 balok 40/60

Hasil desain tulangan longitudinal dan tulangan geser diperoleh data Dari *concrete frame design* SAP2000 V19 code ACI 318-14, Setelah dilakukan analisis menggunakan *software* SAP2000 diperoleh data luas tulangan daerah lapangan seperti pada gambar 4.18



Gambar 4.18 Hasil analisis balok 40/60 lapangan dari SAP2000

- Hasil analisis tulangan longitudinal bagian lapangan

- Tulangan perlu bagian bawah = 868,53 mm²

Digunakan tulangan 4D19 = 4 x 283,6 = 1134,6 mm²

Tulangan pasang > tulangan perlu

1134,6 mm² > 868,53 mm² OK

- Tulangan perlu bagian atas = 436,71 mm²

Digunakan tulangan 2D19 = 2 x 283,6 = 567,3 mm²

Tulangan pasang > tulangan perlu

567,3 mm² > 436,71 mm²

➤ Hasil analisis tulangan geser bagian lapangan

A_v/S perlu (sap2000) = 0,001 mm²/mm

Digunakan tulangan D 10 mm ($A_v = 157$ mm²) dan jarak 200 mm

A_v/S Pasang = 157/200 = 0,785 mm²/mm > 0,001 mm²/mm OK

Maka untuk Balok B2 40/60 cm digunakan tulangan

Daerah tumpuan (atas) = 5 D 19

Daerah tumpuan (bawah) = 3 D 19

Daerah lapangan (atas) = 2 D 19

Daerah lapangan (bawah) = 4 D 19

Senggang tumpuan = D10 – 150 mm

Senggang lapangan = D10 – 200 mm

Tabel 4.16 Hasil perencanaan tulangan balok menggunakan software SAP2000

Type Balok	Dimensi	Lokasi	Tulangan	Jumlah Tulangan		Senggang
				Atas	Bawah	
B1	300 x 600	Tumpuan	19	3	2	D10 -150
		Lapangan	19	2	3	D10 -200
B2	400 x 600	Tumpuan	19	5	3	D10 -150
		Lapangan	19	2	4	D10 -200
B3	250 x 350	Tumpuan	13	4	3	D10 -150
		Lapangan	13	2	3	D10 -200
B4	200 x 300	Tumpuan	16	4	2	D10 -200
		Lapangan	16	2	4	D10 -200

(Sumber: Perhitungan penulangan balok)

4.12 Hasil Analisis Penulangan Kolom dengan SAP2000

Perencanaan tulangan kolom direncanakan berdasarkan gaya axial yang terbesar dari hasil analisis dari *software* SAP2000 yaitu kolom K1 60/60 cm pada frame 590 di sap2000 pada AS C-5 lantai 1 dengan tinggi kolom 400 cm. Hasil perencanaan tulangan yang nantinya akan digunakan merupakan hasil kombinasi pembebanan terbesar.

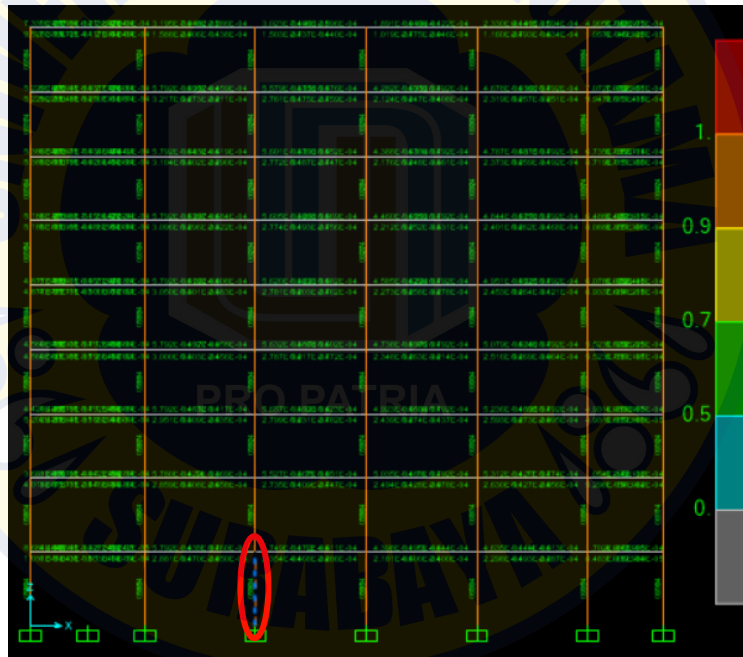
Mutu beton (K) = 400 kg/cm²

Mutu baja (fy) = 400 mpa

Dimensi kolom = 60/60 cm

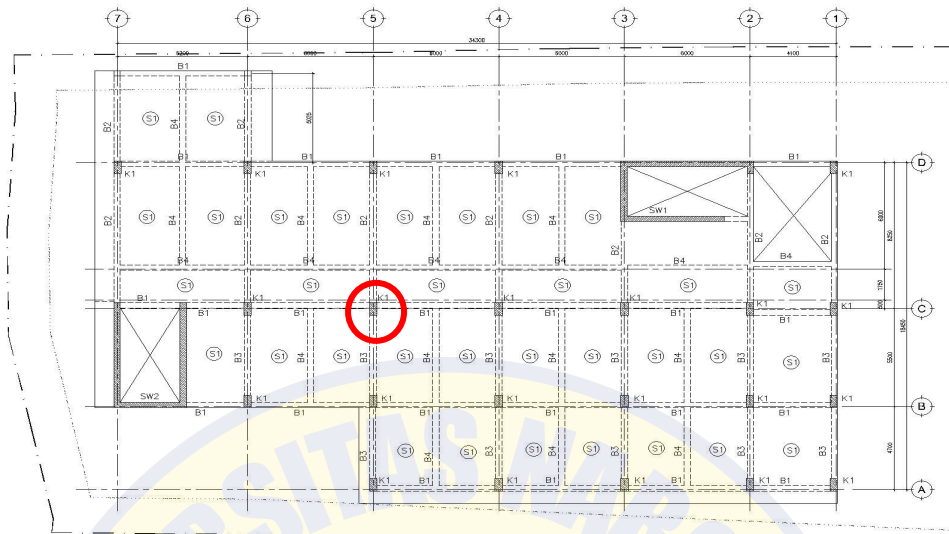
Tinggi bentang = 4,00 m

Tebal selimut beton = 40 mm



Gambar 4.19 Hasil analisis kolom dari SAP2000

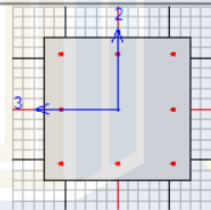
Dari data *software* sap2000 diperoleh data luas tulangan seperti pada gambar 4.21



Gambar 4.20 Denah posisi kolom K1 pada As C-5 lantai 1

Concrete Design Data ACI 318-14

File



PRO PATRIA

ACI 318-14 COLUMN SECTION DESIGN Type: Sway Special Units: N, mm, C (Summary)

Element : 665 B=600.000 D=600.000 dc=67.026
 Section ID : K1 60/60 E=27081.137 fc=33.200 Lt.Wt. Fac.=1.000
 Combo ID : COMB17 L=4000.000 fy=400.000 fys=400.000
 Station Loc : 3700.000 RLLF=1.000

Phi(Compression-Spiral): 0.750 Overstrength Factor: 1.25
 Phi(Compression-Tied): 0.650
 Phi(Tension Controlled): 0.900
 Phi(Shear): 0.750
 Phi(Seismic Shear): 0.600
 Phi(Joint Shear): 0.850

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN FOR PU, M2, M3

Rebar Area	Design Pu	Design M2	Design M3	Minimum M2	Minimum M3
3600.000	-215393.236	18443057.60	7159671.162	7159671.162	7159671.162

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT FACTORS

	Cm Factor	Delta_ns Factor	Delta_s Factor	K Factor	L Length
Major Bending(M3)	1.000	1.000	1.000	1.000	3700.000
Minor Bending(M2)	1.000	1.000	1.000	1.000	3700.000

SHEAR DESIGN FOR V2,V3

	Rebar Av/s	Shear Vu	Shear phi*Vc	Shear phi*Vs	Shear Vp
Major Shear(V2)	0.257	41148.852	0.000	41148.852	41148.852
Minor Shear(V3)	0.164	21030.982	0.000	21030.982	11350.924

Gambar 4.21 Hasil analisis kolom 60/60 dari SAP2000

a. Hasil analisis tulangan longitudinal

Tulangan perlu $A = 3600 \text{ mm}^2$

Digunakan tulangan 14D19 = $14 \times 283,6 = 3971 \text{ mm}^2$

Tulangan pasang > tulangan perlu

$3971 \text{ mm}^2 > 3600 \text{ mm}^2$ OK

b. Hasil analisis tulangan geser

A_v/S perlu (sap2000) = $0,257 \text{ mm}^2/\text{mm}$

Digunakan tulangan D 10 mm ($A_v = 157 \text{ mm}^2$) dan jarak 150 mm

A_v/S Pasang = $157/150 = 1,05 \text{ mm}^2/\text{mm} > 0,257 \text{ mm}^2/\text{mm}$ OK

Maka untuk Kolom 60/60 cm digunakan tulangan

Tulangan longitudinal = 14 D 19

Sengkang = D10 - 150 mm

4.13 Perhitungan Tulangan Balok Dengan SNI 2847-2013

Balok induk adalah struktur utama yang memikul beban struktur sekunder dan meneruskan beban tersebut ke struktur kolom. perhitungan perencanaan tulangan balok induk direncanakan berdasarkan gaya momen yang terbesar dari hasil analisis dari *software* SAP2000 yaitu balok B2 40/60 cm frame 336 di SAP2000 pada AS 4 C-D lantai 8 pada elevasi +25,5 m dengan panjang bentang 825 cm. Setelah dilakukan analisis menggunakan *software* SAP2000, digunakan hasil *output* gaya dalam dengan kombinasi beban terbesar pada proses perhitungan penulangan balok.

Berikut data-data perencanaan balok :

Mutu beton (K) = 350 kg/cm^2

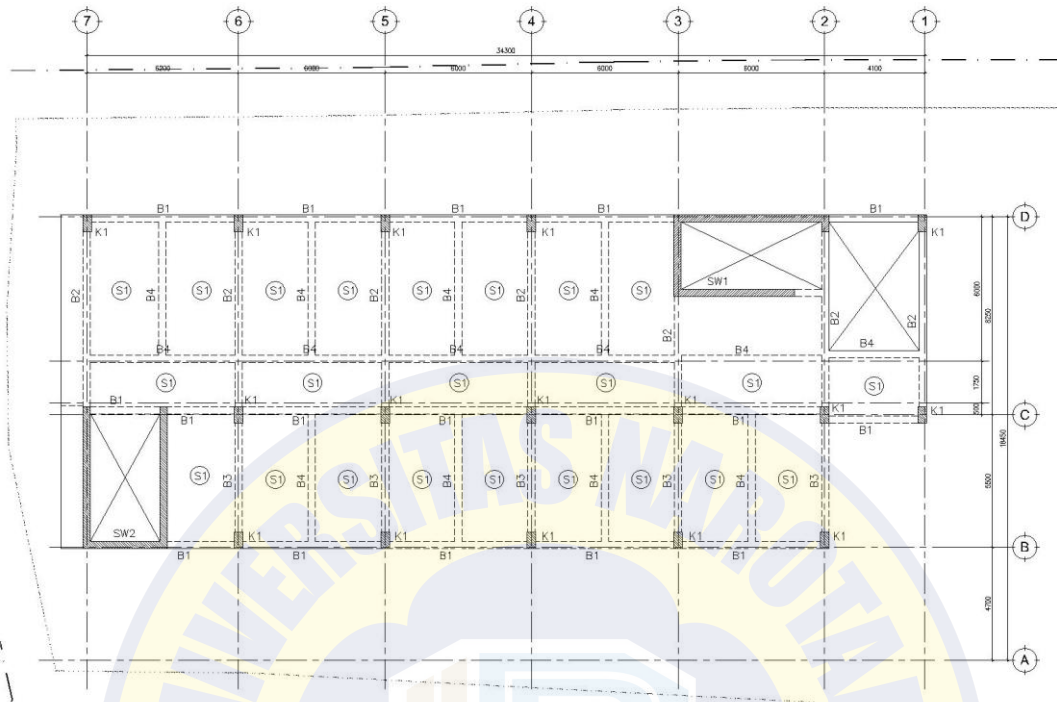
Mutu baja (f_y) = 400 mpa

Dimensi balok = $40/60 \text{ cm}$

Panjang bentang = $8,25 \text{ m}$

Tebal selimut beton = 40 mm

Hasil desain tulangan longitudinal dan tulangan geser diperoleh data dari *output* SAP 2000 V19, Setelah dilakukan *running* menggunakan *software* SAP2000



Gambar 4.22 Denah posisi balok B2 pada As 4 C-D lantai 8

Tabel 4.17 Gaya *output* SAP2000 momen dan geser pada balok B2

TABLE: Element Forces - Frames					
Frame	Station	OutputCase	V2	M3	FrameElem
336	0.3	COMB2	-21565.74	-26614.35	336-1
381	0.3	COMB2	-21543.99	-26608.65	381-1
245	0.3	COMB2	-21119.56	-26419.06	245-1
47	0.3	COMB2	-20827.12	-26383.79	47-1
290	0.3	COMB2	-21069.4	-26266.9	290-1
380	0.3	COMB2	-21022.43	-26169.75	380-1
335	0.3	COMB2	-21025.65	-26113.26	335-1
106	0.3	COMB9	-19764.28	-25244.69	106-1

(Sumber: Hasil *output* gaya momen, geser SAP2000)

-Perhitungan Balok B2 40/60 Daerah Tumpuan

Data Perencanaan

$$f_c = 29,05 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$b = 0,4 \text{ m}$$

$$h = 0,6 \text{ m}$$

$$l = 8,25 \text{ m}$$

Hasil SAP2000

Tabel 4.18 Gaya momen dan geser pada balok B2 tumpuan dari SAP2000

Beam	Load	Lokasi	V2	M3
B2	COMB2	Tumpuan	21565,74	26614,35

(Sumber: Hasil *output* SAP2000)

A. Tulangan Tumpuan

Perhitungan Momen Nominal

$$M_u = 26614,35 \text{ kg.m}$$

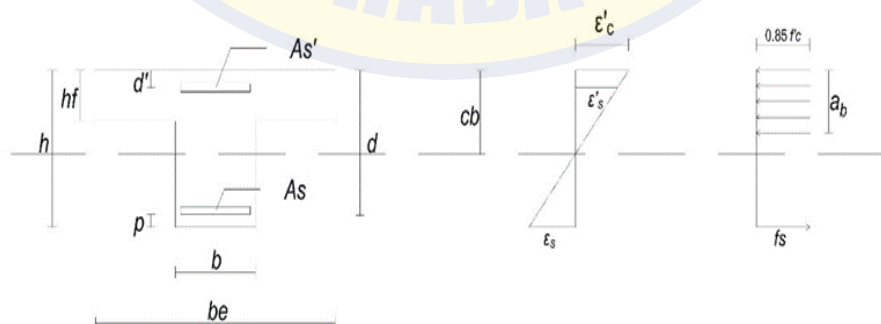
$$M_n = M / (\phi \text{ lentur}), \text{ SNI 2847:2013 pasal 9.3.2.1}$$

$$= 29571,50 \text{ kg.m}$$

$$= 295715000 \text{ N.mm}$$

Menetapkan Rasio Tulangan Tekan

$$A_{s'} = 0,5 \times A_s \quad (\text{Amrinsyah Nasution, 2009:205})$$



Gambar 4.23 Diagram penampang, regangan, tegangan balok

b	= 400 mm
h	= 600 mm
l	= 8250 mm
hf	= 120 mm
p (decking)	= 40 mm
Ø tulangan pokok	= 19 mm
Ø tulangan sengkang	= 10 mm

Tinggi efektif

$$d = h - p - \text{Ø tulangan sengkang} - (0,5 \times \text{Ø tulangan pokok})$$

$$= 540,5 \text{ mm}$$

$$d' = p + \text{Ø tulangan sengkang} + (0,5 \times \text{Ø tulangan pokok})$$

$$= 59,5 \text{ mm}$$

Lebar efektif flens (be) SNI 2847:2013 pasal 8.12.2

$$be = 1/4 l$$

$$= 2062,5 \text{ mm}$$

$$be = b + 8 hf$$

$$= 1360 \text{ mm}$$

$$be = b + 0.5 \text{ jarak bersih antar balok}$$

$$= 4525 \text{ mm}$$

be yang digunakan 1360 mm

SNI 2847:2013 pasal 10.2.7.3

$$17,00 < f_c < 28, \beta_1 = 0,85$$

$$28,00 < f_c, \beta_1 = 0.85 - (0.05 \times ((f' c - 28) / 7))$$

$$= 0,843$$

$$c_b = (0.003 / (0.003 + f_y / 200000)) d$$

$$= 324,3 \text{ mm}$$

$$a_b = c_b \cdot \beta_1$$

$$= 273,22 \text{ mm}$$

menghitung regangan tulangan tekan

$$\begin{aligned}\epsilon_s' &= ((cb - d')/cb) \cdot 0.003 \\ &= 0,00245\end{aligned}$$

$$\epsilon_y = 0,0018$$

Untuk $\epsilon_s' > \epsilon_y$, maka nilai f_s

$$f_s = 400 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned}R_n &= \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{295715000,00}{116856100} \\ &= 2,531\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c} = \frac{400}{24,693} \\ &= 16,199\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n \times m}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{16,1993} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 2,531 \times 16,2}{400}} \right) \\ &= 0,00669\end{aligned}$$

B. Kontrol Rasio Tulangan

$$\begin{aligned}\rho_{\min} &= 1.4/f_y \\ &= 0,0035\end{aligned}$$

$$\rho_b = \left(\frac{0,85 \times f_c}{f_y} \right) \times \beta_1 \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$= \left(\frac{0,85 \times 29,05}{400} \right) \times 0,85 \left(\frac{600}{600 + 400} \right)$$

$$= 0,03148$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b$$

$$= 0,0236$$

$$\rho_{\min} = 0,0035 < \rho = 0,007 < \rho_{\max} = 0,0236$$

Digunakan $\rho = 0,0067$ untuk menghitung kebutuhan luas penampang tulangan

Menentukan tulangan yang terpakai :

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d = 0,0067 \times 400 \times 541$$

$$= 1446,13 \text{ mm}^2$$

Berdasarkan tabel luas penampang tulangan baja per meter, dipakai tulangan :

$$6 \text{ D } 19 \text{ mm As pasang} = 1701,9 \text{ mm}^2 > A_s \text{ perlu} = 1446,13 \text{ mm}^2$$

$$A_s' = 0,5 \times A_s = 0,5 \times 1701,9$$

$$= 851 \text{ mm}^2$$

Berdasarkan tabel luas penampang tulangan baja per meter , dipakai tulangan :

$$3 \text{ D } 19 \text{ mm As pasang} = 851 \text{ mm}^2 > A_s \text{ perlu} = 851 \text{ mm}^2$$

dipakai tulangan D 19 mm

Luas tulangan yang dipakai

$$A_v = 1/4 \pi d^2$$

$$= 283,385 \text{ mm}^2$$

jumlah,

$$n = A_s / A_v$$

$$= 5,10, \text{ digunakan } 6 \text{ buah}$$

Syarat Jarak Antar Tulangan (SNI 2847:2013 Pasal 7.6)

7.6.1 Spasi bersih minimum antara batang tulangan yang sejajar dalam suatu lapis harus sebesar db, tetapi tidak kurang dari 25 mm.

7.6.2 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.

Jarak tulangan

$$S = (b - ((2 p) + (2 \phi_{\text{(tulangan sengkang)}})) - (n \cdot \phi_{\text{(tulangan pokok)}})) / n$$
$$= 31 \text{ mm}$$

$$S > S \text{ ijin}$$

31 > 25, maka memenuhi **OK**

Cek rasio momen nominal penampang :

$$T = C$$

$$A_s \cdot f_y = 0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b$$

$$x = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b}$$

$$x = \frac{1709,9 \times 400}{0,85 \times 29,05 \times 400}$$

$$= 81,0868$$

$$Mn_{4-D16} = A_s \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) = A_s \cdot f_y \left(d - \frac{\beta_1 \cdot x}{2} \right)$$

$$= 1701,9 \times 400 \left(541 - \frac{0,85 \times 81,087}{2} \right)$$

$$= 344490509,80 \text{ N.mm}$$

$$Mn \text{ perlu} = 295715000,00 \text{ N.mm}$$

$$Mn_{4-D16} = 344490509,80 \text{ N.mm} > Mn \text{ perlu} = 295715000,00 \text{ N.mm}$$

C. Tulangan Geser

$$f_c = 29,05 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$b = 400 \text{ mm}$$

$$h = 600 \text{ mm}$$

$$\phi_{\text{tulangan pokok}} = 19 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\emptyset \text{ tulangan sengkang} &= 10 \text{ mm} \\ d &= 540,5 \text{ mm} \\ d' &= 59,5 \text{ mm} \\ \phi \text{ reduksi geser} &= 0,75\end{aligned}$$

Dari hasil SAP2000

$$\begin{aligned}V_u &= 21565,74 \text{ kg} \\ &= 215657,4 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_c &= 0,17 \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d, \text{ SNI 2847:2013 pasal 11.2.1.1} \\ &= 194212,65 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_s &= V_u / \phi - V_c \\ &= 93330,55 \text{ N}\end{aligned}$$

$$V_u > \phi V_c + \phi V_s \text{ min}$$

$$215657,4 > 145659,4853 \quad \text{tulangan geser perlu dihitung}$$

Dipakai D 10

$$\begin{aligned}A_v &= 0,25 \pi d^2 \\ &= 157 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}s &= (V_s \cdot d) / A_v, \text{ SNI 2847:2013 pasal 11.4.7.2} \\ &= 363,69 \text{ mm}, 150 \text{ mm}\end{aligned}$$

Menghitung jarak sengkang maksimum (s maks)

$$\text{Untuk } V_s < 2/3 \cdot d \sqrt{f'c}$$

$$93330,55 < 776850,58$$

$$\text{Maka } s_{\text{maks}} \leq 0,5 d$$

$$s_{\text{maks}} \leq 270,25 \text{ mm, digunakan } 270 \text{ mm}$$

Maka, tulangan geser yang digunakan

Tumpuan (1/4 l) D 10 – 150 mm

D. Kontrol Lendutan Balok

Komponen struktur beton yang mengalami lentur diancang agar memiliki kekakuan cukup untuk batas deformasi

yang akan memperlemah kemampuan layan struktur bekerja.

Modulus Elastisitas Beton

$$f_c' = 29,05 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$E_c = 4700\sqrt{f_c'} \quad (\text{SNI 2847:2013 pasal 8.5}) \\ = 25332,08 \text{ MPa}$$

Modulus Elastisitas Baja Tulangan

$$E_s = 210000 \text{ MPa}$$

Beban Merata Pada Pelat

$$L_x = 8,25 \text{ m}$$

$$H = 600 \text{ mm}$$

$$d = 540,5 \text{ mm}$$

$$A_s = 1701,9 \text{ mm}^2$$

Momen Maksimum

$$M_a = 26614,35 \text{ kgm}$$

$$= 266143500 \text{ Nmm}$$

$$Q = 31,28 \text{ N}$$

Lendutan Maksimum (SNI 2847:2013 pasal 9.5.3.1 tabel 9.5)

$$\Delta_{\text{ijin}} = L_x/240$$

$$= 34,375 \text{ mm}$$

$$I_g = 1/12 \quad h^3$$

$$= 1,485\text{E}+11 \text{ mm}^4$$

Modulus Keruntuhan Lentur (SNI 2847:2013 Pasal 9.5.2.3 persamaan 9-10)

$$\lambda \text{ untuk beton normal} = 1 \quad (\text{SNI 2847:2013 Pasal 8.6})$$

$$f_r = 0.62 \times \lambda \sqrt{f_c'}$$

$$= 3,34 \text{ MPa}$$

Nilai Pebandingan Modulus Elastisitas

$$n = E_s/E_c$$

$$= 8,289$$

Jarak garis netral terhadap sisi atas beton

$$c = 324,3 \text{ mm}$$

$$I_{cr} = E_s/E_c (A_{s+Q}/h/2d) (d-c)^2 + (I_x c^3)/3$$

$$= 753278582,1 \text{ mm}^4$$

$$y_t = h/2$$

$$= 300 \text{ mm}$$

Momen retak (SNI 2847:2013 Pasal 9.5.2.3 persamaan 9-9)

$$M_{cr} = (f_r \times I_g)/y_t$$

$$= 1654131213 \text{ Nmm}$$

Inersia Efektif (SNI 2847:2013 Pasal 9.5.2.3 persamaan 9-8)

$$I_e = (M_{cr}/M_a)^3 I_g + [1 - (M_{cr}/M_a)^3] I_{cr}$$

$$= 35472300408177,20 \text{ mm}^4$$

Lendutan elastis seketika akibat beban mati dan beban hidup

$$\Delta_e = (5 \times Q \times l^4)/(384 \times E_c \times I_e)$$

$$= 0,021 \text{ mm}$$

Rasio Tulangan (ρ) = 0,006689

SNI 2847:2013 pasal 9.5.2.5 faktor tergantung waktu (ξ) untuk beban dengan waktu > 5 tahun, $\xi = 2$

$$\lambda_{\Delta} = \xi/(1+50\rho)$$

$$= 1,498752555$$

Lendutan jangka panjang akibat rangkai dan susut,

$$\Delta_g = (\lambda_{\Delta} \times Q \times l^4)/(384 \times E_c \times I_e)$$

$$= 0,00314 \text{ mm}$$

Lendutan total,

$$\Delta_{total} = \Delta_e + \Delta_g$$

$$= 0,021 + 0,003$$

$$= 0,024 \text{ mm}$$

Kontrol Lendutan

$$\Delta_{total} < \Delta_{ijin}$$

$$0,02437 < 34,375 \quad \mathbf{OK}$$

- Perhitungan Balok B2 40/60 Daerah Lapangan

Data Perencanaan

$$f_c = 29,05 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$b = 0,4 \text{ m}$$

$$h = 0,6 \text{ m}$$

$$l = 8,25 \text{ m}$$

Hasil SAP2000

Tabel 4.19 Gaya momen dan geser pada balok B2 lapangan dari SAP2000

Beam	Load	Lokasi	V2	M3
B2	COMB2	Tumpuan	278,59	12205,73

(Sumber: Hasil output SAP2000)

A. Tulangan Lapangan

Perhitungan Momen Nominal

$$M_u = 12205,73 \text{ kgm}$$

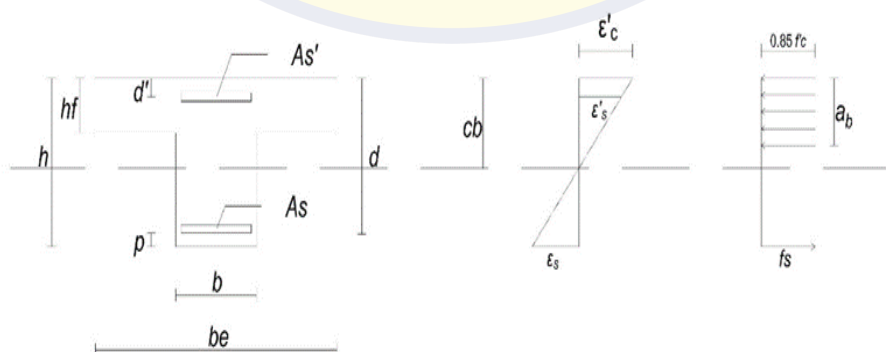
$$M_n = M / (\phi \text{ lentur}), \text{ SNI 2847:2013 pasal 9.3.2.1}$$

$$= 13561,92 \text{ kgm}$$

$$= 135619222 \text{ N.mm}$$

Menetapkan Rasio Tulangan Tekan

$$A_s' = 0,5 \times A_s \quad (\text{Amrinsyah Nasution, 2009:205})$$



Gambar 4.24 Diagram penampang, regangan, tegangan balok

$$b = 400 \text{ mm}$$

$$h = 600 \text{ mm}$$

$$l = 8250 \text{ mm}$$

$$hf = 120 \text{ mm}$$

$$p \text{ (decking)} = 40 \text{ mm}$$

$$\varnothing_{\text{tulangan pokok}} = 19 \text{ mm}$$

$$\varnothing_{\text{tulangan sengkang}} = 10 \text{ mm}$$

Tinggi efektif

$$\begin{aligned} d &= h - p - \varnothing_{\text{tulangan sengkang}} - (0,5 \times \varnothing_{\text{tulangan pokok}}) \\ &= 540,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d' &= p + \varnothing_{\text{tulangan sengkang}} + (0,5 \times \varnothing_{\text{tulangan pokok}}) \\ &= 59,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Lebar efektif flens (be) SNI 2847:2013 pasal 8.12.2

$$\begin{aligned} be &= 1/4 l \\ &= 2062,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} be &= b + 8 hf \\ &= 1360 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} be &= b + 0.5 \text{ jarak bersih antar balok} \\ &= 4525 \text{ mm} \end{aligned}$$

be yang digunakan 1360 mm

SNI 2847:2013 pasal 10.2.7.3

$$17,00 < f_c < 28, \beta_1 = 0,85$$

$$\begin{aligned} 28,00 < f_c, \beta_1 &= 0,85 - (0,05 \times ((f_c' - 28)/7)) \\ &= 0,843 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} c_b &= (0,003 / (0,003 + f_y / 200000)) d \\ &= 324,3 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a_b &= c_b \cdot \beta_1 \\ &= 273,2 \text{ mm} \end{aligned}$$

menghitung regangan tulangan tekan

$$\begin{aligned}\epsilon_s' &= ((cb - d')/cb) 0.003 \\ &= 0,0024\end{aligned}$$

$$\epsilon_y = 0,0018$$

Untuk $\epsilon_s' > \epsilon_y$, maka nilai f_s

$$f_s = 400 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned}R_n &= \frac{Mn}{b \times d^2} = \frac{135619222}{116856100} \\ &= 1,161\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}m &= \frac{f_y}{0,85 \times f_c} = \frac{400}{24,693} \\ &= 16,199\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n \times m}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{16,1993} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1,161 \times 16,2}{400}} \right) \\ &= 0,00297\end{aligned}$$

B. Kontrol Rasio Tulangan

$$\begin{aligned}\rho_{\min} &= 1.4/f_y \\ &= 0,0035\end{aligned}$$

$$\rho_b = \left(\frac{0,85 \times f_c}{f_y} \right) \times \beta_1 \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$= \left(\frac{0,85 \times 29,05}{400} \right) \times 0,85 \left(\frac{600}{600 + 400} \right)$$

$$= 0,03148$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b$$

$$= 0,0236$$

$$\rho_{\min} = 0,0035 < \rho = 0,003 < \rho_{\max} = 0,0236$$

Digunakan $\rho = 0,0035$ untuk menghitung kebutuhan luas penampang tulangan.

Menentukan tulangan yang terpakai :

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d = 0,0035 \times 400 \times 540,5$$

$$= 756,7 \text{ mm}^2$$

Berdasarkan tabel luas penampang tulangan baja per meter , dipakai tulangan:

$$3 \text{ D } 19 \text{ mm As pasang} = 850,9 \text{ mm}^2 > A_s \text{ perlu} = 756,7 \text{ mm}^2$$

$$A_s' = 0,5 \times A_s = 0,5 \times 850,9 = 425,45 \text{ mm}^2$$

Berdasarkan tabel luas penampang tulangan baja per meter , dipakai tulangan :

$$2 \text{ D } 19 \text{ mm As pasang} = 567,3 \text{ mm}^2 > A_s \text{ perlu} = 425,45 \text{ mm}^2$$

dipakai tulangan D 19 mm

Luas tulangan yang dipakai

$$A_v = 1/4 \pi d^2$$

$$= 283,385 \text{ mm}^2$$

jumlah,

$$n = A_s / A_v$$

$$= 2,67 , \text{ digunakan } 3 \text{ buah}$$

Syarat Jarak Antar Tulangan (SNI 2847:2013 Pasal 7.6)

7.6.1 Spasi bersih minimum antara batang tulangan yang sejajar dalam suatu lapis harus sebesar db, tetapi tidak kurang dari 25 mm. Lihat juga 3.3.2.

7.6.2 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.

Jarak tulangan

$$S = (b - ((2 p) + (2 \phi_{(tulangan\ sengkang)})) - (n \cdot \phi_{(tulangan\ pokok)})) / n$$

$$= 81 \text{ mm}$$

$$S > S \text{ ijin}$$

$$81 > 25, \text{ maka } \mathbf{OK}$$

Cek rasio momen nominal penampang :

$$T = C$$

$$A_s \cdot f_y = 0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot x \cdot b$$

$$x = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot b}$$

$$x = \frac{850,9 \times 400}{0,85 \times 29,05 \times 400}$$

$$= 40,541 \text{ mm}$$

$$Mn_{4-D16} = A_s \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) = A_s \cdot f_y \left(d - \frac{\beta_1 \cdot x}{2} \right)$$

$$= 850,9 \times 400 \left(540,5 - \frac{0,85 \times 40,541}{2} \right)$$

$$= 178100201,67 \text{ N.mm}$$

$$Mn \text{ perlu} = 135619222,22 \text{ N.mm}$$

$$Mn_{4-D16} = 178100201,67 \text{ N.mm} > Mn \text{ perlu} = 135619222,22 \text{ N.mm}$$

C) Tulangan Geser

$$f_c = 29,05 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$b = 400 \text{ mm}$$

$$h = 600 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\varnothing_{\text{tulangan pokok}} &= 19 \text{ mm} \\ \varnothing_{\text{tulangan sengkang}} &= 10 \text{ mm} \\ d &= 540,5 \text{ mm} \\ d' &= 59,5 \text{ mm} \\ \phi \text{ reduksi geser} &= 0,75\end{aligned}$$

Dari hasil SAP2000

$$\begin{aligned}V_u &= 278,59 \text{ kg} \\ &= 2785,9 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_c &= 0,17 \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d, \text{ SNI 2847:2013 pasal 11.2.1.1} \\ &= 194212,65 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_s &= V_u / \phi - V_c \\ &= -190498,11 \text{ N}\end{aligned}$$

$$V_u > \phi V_c + \phi V_s \text{ min}$$

$$2785,9 > 145659,4853.$$

digunakan tulangan geser praktis

dipakai D 10

$$\begin{aligned}A_v &= 0,25 \pi d^2 \\ &= 157 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}S &= (V_s \cdot d) / A_v, \text{ SNI 2847:2013 pasal 11.4.7.2} \\ &= -178,18 \text{ mm}, 150 \text{ mm}\end{aligned}$$

Menghitung jarak sengkang maksimum (s maks)

$$\text{Untuk } V_s < 2/3 \cdot d \sqrt{f'c}$$

$$-190498,11 < 776850,58$$

$$\text{Maka } s_{\text{maks}} \leq 0,5 d$$

$$s_{\text{maks}} \leq 270,25 \text{ mm, digunakan } 270 \text{ mm}$$

Maka, tulangan geser yang digunakan

Tumpuan (1/2 1) D 10 – 150 mm

D. Kontrol Lendutan Balok

Komponen struktur beton yang mengalami lentur diancang agar memiliki kekakuan cukup untuk batas deformasi

yang akan memperlemah kemampuan layan struktur bekerja.

Modulus Elastisitas Beton

$$f_c' = 29,05 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} E_c &= 4700 \sqrt{f_c'} \quad (\text{SNI 2847:2013 pasal 8.5}) \\ &= 25332,08 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Modulus Elastisitas Baja Tulangan

$$E_s = 210000 \text{ MPa}$$

Beban Merata Pada Pelat

$$L_x = 8,25 \text{ m}$$

$$H = 600 \text{ mm}$$

$$d = 540,5 \text{ mm}$$

$$A_s = 850,9 \text{ mm}^2$$

Momen Maksimum

$$\begin{aligned} M_a &= 12205,73 \text{ kgm} \\ &= 122057300 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$Q = 14,35 \text{ N}$$

Lendutan Maksimum (SNI 2847:2013 pasal 9.5.3.1 tabel 9.5)

$$\begin{aligned} \Delta_{\text{ijin}} &= L_x/240 \\ &= 34,38 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_g &= 1/12 \quad h^3 \\ &= 1,485 \text{E}+11 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

Modulus Keruntuhan Lentur (SNI 2847:2013 Pasal 9.5.2.3 persamaan 9-10)

λ untuk beton normal = 1 (SNI 2847:2013 Pasal 8.6)

$$\begin{aligned} f_r &= 0.62 \times \lambda \sqrt{f_c'} \\ &= 3,342 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Nilai Pebandingan Modulus Elastisitas

$$\begin{aligned} n &= E_s/E_c \\ &= 8,29 \end{aligned}$$

Jarak garis netral terhadap sisi atas beton

$$c = 324,3 \text{ mm}$$

$$I_{cr} = E_s/E_c (A_s + Q/h/2d) (d-c)^2 + (l_x c^3)/3$$

$$= 423516056,6 \text{ mm}^4$$

$$y_t = h/2$$

$$= 300 \text{ mm}$$

Momen retak (SNI 2847:2013 Pasal 9.5.2.3 persamaan 9-9)

$$M_{cr} = (f_r \times I_g)/y_t$$

$$= 1654131213 \text{ Nmm}$$

Inersia Efektif (SNI 2847:2013 Pasal 9.5.2.3 persamaan 9-8)

$$I_e = (M_{cr}/M_a)^3 I_g + [1 - (M_{cr}/M_a)^3] I_{cr}$$

$$= 368557443382930 \text{ mm}^4$$

Lendutan elastis seketika akibat beban mati dan beban hidup

$$\Delta_e = (5 \times Q \times l^4)/(384 \times E_c \times I_e)$$

$$= 0,001 \text{ mm}$$

Rasio Tulangan (ρ) = 0,0035

SNI 2847:2013 pasal 9.5.2.5 faktor tergantung waktu (ξ) untuk beban dengan waktu > 5 tahun, $\xi = 2$

$$\lambda_{\Delta} = \xi/(1+50\rho)$$

$$= 1,702$$

Lendutan jangka panjang akibat rangkai dan susut,

$$\Delta_g = (\lambda_{\Delta} \times Q \times l^4)/(384 \times E_c \times I_e)$$

$$= 0,000157 \text{ mm}$$

Lendutan total,

$$\Delta_{total} = \Delta_e + \Delta_g$$

$$= 0,001 + 0,000157$$

$$= 0,001 \text{ mm}$$

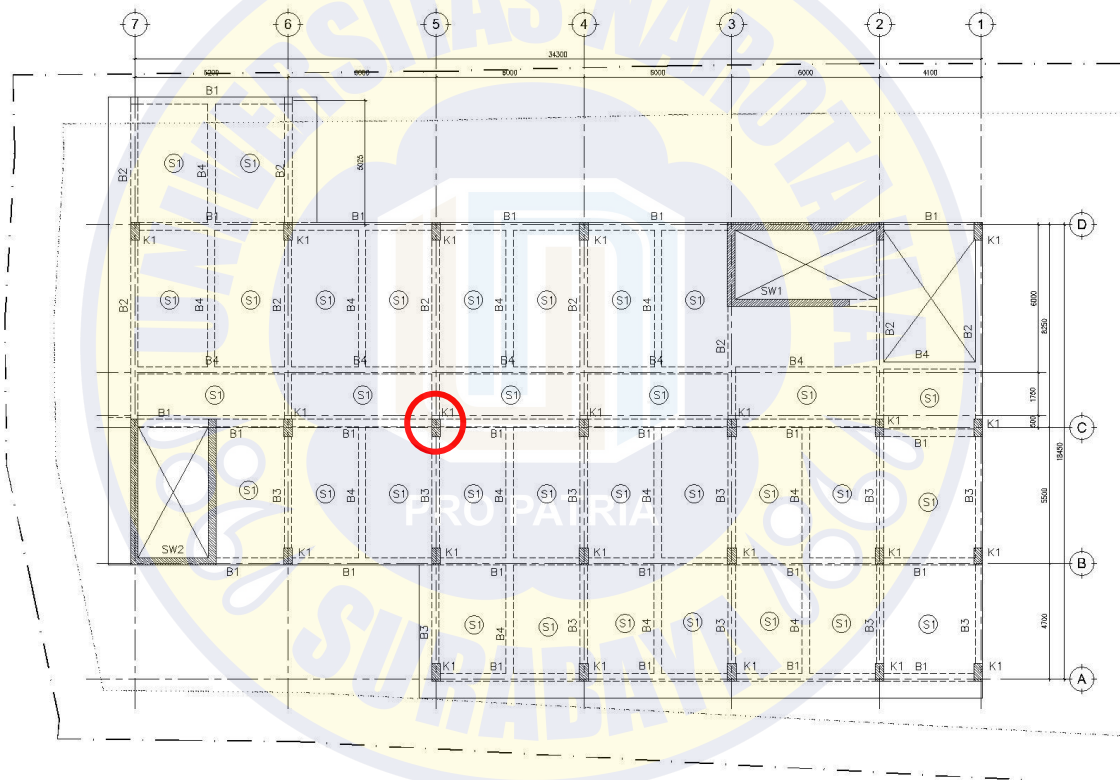
Kontrol Lendutan

$$\Delta_{total} < \Delta_{ijin}$$

$$0,00109 < 34,375 \quad \text{OK}$$

4.14 Perhitungan Tulangan Kolom Dengan SNI 2847-2013

Perencanaan tulangan kolom direncanakan berdasarkan gaya axial yang terbesar dari hasil analisis dari *software* SAP2000 yaitu kolom K1 60/60 cm pada frame 590 di SAP2000 pada AS C-5 lantai 1 dengan tinggi kolom 400 cm. Hasil perencanaan tulangan yang nantinya akan digunakan merupakan hasil kombinasi pembebanan terbesar. Setelah dilakukan analisis menggunakan *software* SAP2000, digunakan hasil *output* gaya dalam dengan kombinasi beban terbesar pada proses perhitungan penulangan kolom.



Gambar 4.25 Denah posisi kolom K1 pada As C-5 lantai 1

Tabel 4.20 Gaya output SAP2000 momen, aksial dan geser pada kolom

TABLE: Element Forces - Frames						
Frame	Station	OutputCase	P	V2	M3	FrameElem
590	0	COMB2	-483905.37	1158.22	2671.96	590-1
595	0	COMB2	-482876.94	41.94	73.14	595-1
590	1.85	COMB2	-481985.07	340.86	-187.23	590-1
595	1.85	COMB2	-480956.65	41.94	-4.44	595-1
590	3.7	COMB2	-480064.78	340.86	-817.83	590-1
595	3.7	COMB2	-479036.36	41.94	-82.02	595-1
590	0	COMB9	-433400.61	-304.23	-1289.36	590-1
590	0	COMB10	-433400.61	-304.23	-1289.36	590-1

(Sumber: Hasil output gaya aksial, momen, geser SAP2000)

- Perhitungan Kolom K1 60/60

A. Data Perencanaan

As Kolom	= C-5 Lantai 1
f_c	= 29,05 MPa
f_y	= 400 MPa
Ø tul. pokok	= 19 mm
Ø tul. sengkang	= 10 mm
Tebal Selimut (p)	= 40 mm
Lebar Balok (B1)	= 300 mm
Tinggi Balok (B1)	= 600 mm
Panjang Balok (B1)	= 6000 mm
Lebar Balok (B2)	= 250 mm
Tinggi Balok (B2)	= 350 mm
Panjang Balok (B2)	= 5100 mm
Tinggi Kolom (t)	= 4000 mm
Lebar Kolom (b)	= 600 mm
Panjang Kolom (h)	= 600 mm

B. Hasil SAP2000

Tabel 4.21 Gaya aksial, momen dan geser pada kolom K1 dari SAP2000

Column	Load	P	V2	M3
K1	COMB2	483905,37	1158,22	2671,96

(Sumber: Hasil output SAP2000)

$$M_u = 2671,96 \text{ kg.m}$$

$$P_u = 483905,37 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \phi P_u &= P_u / 0.9 \\ &= 537672,6333 \text{ kg} \end{aligned}$$

➤ Perhitungan Kekakuan Kolom

$$\begin{aligned} \beta_{dns} &= \phi P_u / P_u, \text{ SNI 2847:2013 pasal 10.10.6.2} \\ &= 1,1, \text{ digunakan } = 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_c &= 4700 \sqrt{f_c'} \\ &= 25332,084 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_g &= 1/12 b h^3 \\ &= 10800000000 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} EI &= (0.4 E_c I_g) / (1 + \beta_{dns}) \\ &= 54717302301922,70 \text{ Nmm}^2 \end{aligned}$$

➤ Perhitungan Kekakuan Balok B1

$$\begin{aligned} E_c &= 4700 \sqrt{f_c'} \\ &= 25332,0844 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_g &= 1/12 b h^3 \\ &= 5400000000 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} EI &= (0.4 E_c I_g) / (1 + \beta_{dns}) \\ &= 27358651150961,40 \text{ Nmm}^2 \end{aligned}$$

$$\psi_A = ([EI]_{kolom} / L_{kolom}) / ([EI]_{balok} / L_{balok})$$

➤ **Perhitungan Kekakuan Balok B2**

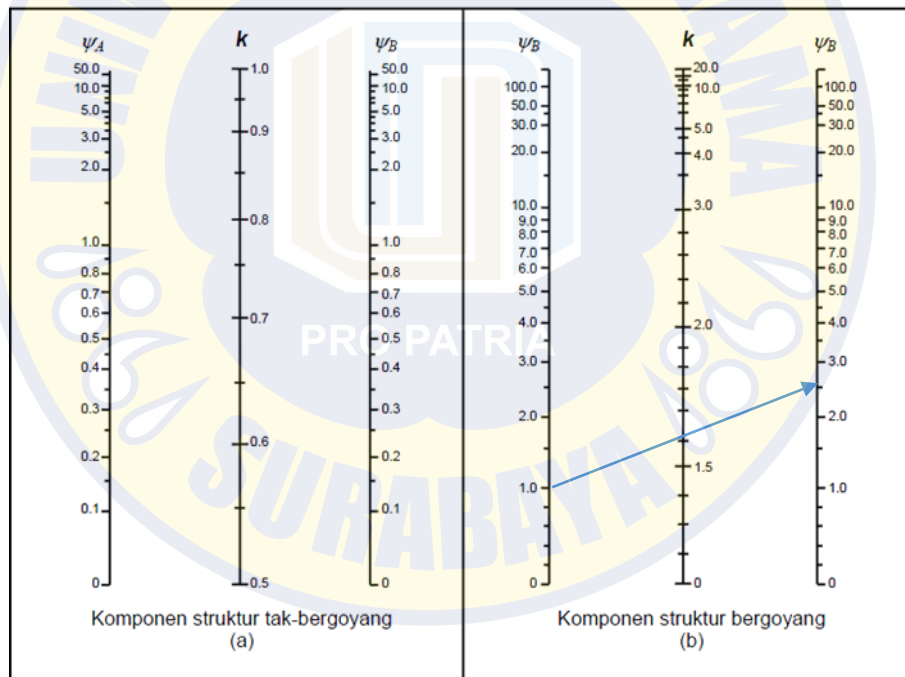
$$E_c = 4700\sqrt{f_c'} \\ = 25332,0844 \text{ N/mm}^2$$

$$I_g = 1/12 b h^3 \\ = 893229166,67 \text{ mm}^4$$

$$EI = (0.4 E_c I_g)/(1+ \beta_{dns}) \\ = 4525471327536,53 \text{ Nmm}^2$$

$$\psi_A = ([EI]_{kolom/L_{kolom}}) / ([EI]_{balok/L_{balok}}) \\ = 2,51$$

$$\psi_B = 1 \text{ (jepit)}$$



Gambar 4.26 faktor panjang efektif K

Sumber: SNI 2847:2013 Halaman 83

Dari nomogram di atas dapat diambil nilai faktor panjang efektif kolom untuk portal bergoyang adalah **1,59**

➤ **Pembesaran Momen**

$$P_c = (\pi^2 EI) / (kl_u)^2$$

$$= 92300041,27 \text{ N}$$

$$\delta_s = 1 / (1 - Pu / (0.75 P_c))$$

$$= 1,06$$

➤ **Momen akibat pembesaran**

$$M_c = \delta_s \times M$$

$$= 2837,236689 \text{ kg.m} = 27833291,92 \text{ N.mm}$$

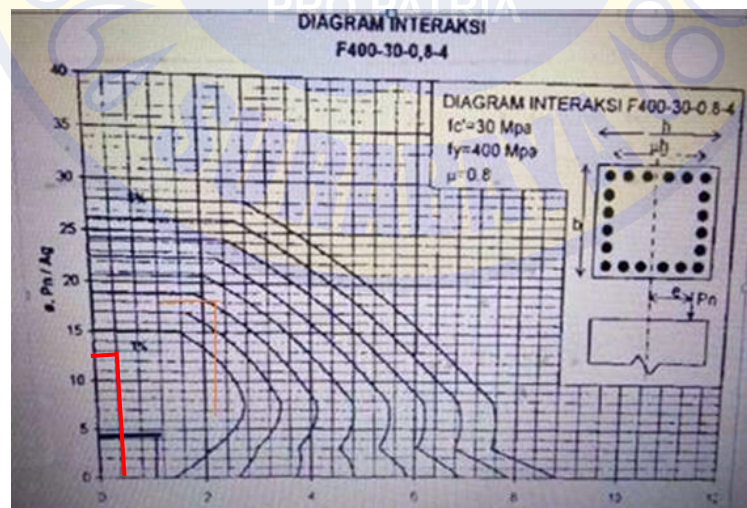
Sumbu Absis / Horizontal

$$\frac{\phi M_n}{A_g h} = \frac{M_c}{b \times h} = \frac{27833291,92}{600 \times 600} = 0,13$$

Sumbu Ordinat / Vertikal

$$\frac{\phi P_n}{A_g} = \frac{M_c}{b \times h} = \frac{4747111,68}{600 \times 600} = 13,19$$

Dalam menentukan jumlah kebutuhan tulangan lentur kolom, maka digunakan diagram interaksi, Kolom didesain dengan penulangan 4 sisi, sehingga digunakan diagram 4 sisi



Gambar 4.27 Diagram interaksi kolom

Dari diagram interaksi diatas didapat nilai rasio penulangan (ρ) sebesar 0,01

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times h \\ &= 0,01 \times 600 \times 600 \\ &= 3600 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Berdasarkan tabel luas penampang tulangan baja per meter , dipakai tulangan 14 D 19 mm $A_s \text{ pasang} = 3971 \text{ mm}^2 > A_s \text{ perlu} = 3600 \text{ mm}^2$

$$\begin{aligned} d &= h - p - \text{\O} \text{tulangan sengkang} - (0,5 \times \text{\O} \text{tulangan pokok}) \\ &= 540,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d' &= p + \text{\O} \text{tulangan sengkang} + (0,5 \times \text{\O} \text{tulangan pokok}) \\ &= 59,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

SNI 2847:2013 pasal 10.2.7.3

$$17,00 < f'_c < 28, \beta_1 = 0,85$$

$$\begin{aligned} 28,00 < f'_c, \beta_1 &= 0,85 - (0,05 \times ((f'_c - 28)/7)) \\ &= 0,843 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_b &= (0,003 / (0,003 + f_y / 200000)) \times d \\ &= 324,3 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a_b &= C_b \times \beta_1 \\ &= 273,22 \text{ mm} \end{aligned}$$

➤ **menghitung regangan tulangan tekan**

$$\begin{aligned} \epsilon_s' &= ((C_b - d') / C_b) \times 0,003 \\ &= 0,0024 \end{aligned}$$

$$\epsilon_y = 0,0018$$

Untuk $\epsilon_s' > \epsilon_y$, maka nilai f'_s

$$f'_s = 400 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} P_n &= 0,8 [0,85 f'_c (A_g - A_{st}) + f_y A_{st}] \\ &= 9495993,732 \text{ N} \\ &= 949599,3732 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\phi P_u < P_n$$

$$537672,6333 < 949599,3732 \text{ OK}$$

$$\begin{aligned} M_n &= 0,85 f'_c a (h - a) / 2 + A_s f'_s (h / 2 - d') + A_s f_y (d - h / 2) \\ &= 764024434,5 \text{ N} \\ &= 76402443,45 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi M_u &< M_n \\ 2837,236689 &< 76402443,45, \text{ OK} \end{aligned}$$

C. Tulangan Geser

$$\begin{aligned} f_c &= 29,05 \text{ MPa} \\ f_y &= 400 \text{ MPa} \\ b &= 600 \text{ mm} \\ h &= 600 \text{ mm} \\ \phi \text{ sengkang} &= 10 \text{ mm} \\ d &= 540,5 \text{ mm} \\ d' &= 59,5 \text{ mm} \\ \phi \text{ reduksi geser} &= 0,65 \end{aligned}$$

Dari hasil SAP2000

$$\begin{aligned} V_u &= 1158,22 \text{ kg} \\ &= 11582,2 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_c &= 0.17 (1 + N_u / (14 A_g)) \sqrt{f'c} \cdot b \cdot d, \text{ SNI 2847:2013 pasal 11.2.1.2} \\ &= 322397,19 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_s &= V_u / \phi - V_c \\ &= -304578,42 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_u > \phi V_c + \phi V_s \text{ min}$$

$$11582,2 > 209558,1751, \text{ digunakan tulangan geser praktis}$$

Dipakai D 10

$$\begin{aligned} A_v &= 0.25 \pi d^2 \\ &= 157 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} s &= (A_v \cdot f_y \cdot d) / V_s, \text{ SNI 2847:2013 pasal 11.4.7.2} \\ &= -111,44 \text{ mm}, -110 \text{ mm} \end{aligned}$$

Menghitung jarak sengkang maksimum (s maks)

$$\text{Untuk } V_s < 2/3 b d \sqrt{f'c}$$

$$-304578,42 < 1165275,882$$

Maka s maks \leq 0.5 d

s maks $\leq 270,25$ mm, digunakan 150 mm

Maka, tulangan geser yang digunakan D10 – 100 mm

4.15 Perbandingan analisa tulangan balok dan kolom menggunakan SNI 2847-2013 dan SAP2000 code ACI318-14

Pada penelitian ini membahas tentang perbandingan hasil penulangan balok dan kolom menggunakan analisa SAP2000 ACI 318-14 dengan SNI 2847-2013

a. Tulangan balok

Tabel 4.22 Hasil perencanaan tulangan balok menggunakan software SAP2000 code ACI 318-14

Tipe Balok	Dimensi cm	Lokasi	Besi	Jumlah Tulangan SAP		Jumlah Tulangan SNI	
				Atas	Bawah	Atas	Bawah
B1	300 x 600	Tumpuan	19	3	2	3	2
		Lapangan	19	2	3	2	3
B2	400 x 600	Tumpuan	19	5	3	6	3
		Lapangan	19	2	4	2	3
B3	250 x 350	Tumpuan	13	4	3	4	3
		Lapangan	13	2	3	2	3
B4	200 x 300	Tumpuan	16	4	2	4	2
		Lapangan	16	2	4	2	4

(Sumber: Hasil analisis SAP2000 dan perhitungan SNI)

Dari tabel diatas dicari presentase selisih rata-rata hasil penulangan struktur balok analisa menggunakan sap2000 code ACI318-14 dan SNI 2847-2013 adalah

Jumlah tulangan menggunakan SAP2000 code ACI 318-14 = 36 buah

Jumlah tulangan menggunakan SAP2000 code ACI 318-14 = 37 buah

% Selisih tulangan = selisih tulangan / jumlah balok

$$= 1 / 6$$

$$= 0.17 \%$$

b. Tulangan kolom

Jumlah tulangan kolom yang didapat dari analisa sap2000 code ACI 318-14 dan perhitungan SNI 2847-2013 adalah sama kolom 60 x 60 cm dengan penulangan 14 D 19

