

BAB IV

PEMBAHASAN

4.1 Preliminary Design

Preliminary design merupakan tahapan yang digunakan untuk menentukan dimensi awal dari elemen struktur bangunan. Penentuan dimensi mengacu pada peraturan SNI 2847:2013.

4.1.1 Tebal Pelat Lantai

Tebal pelat minimum mengacu pada SNI 2847:2013 Pasal 9.5.3.2 tabel 9.5(c) dan Pasal 9.5.3.3. Jika mengikuti persyaratan tersebut, tebal pelat lantai diperoleh 15 cm yang dinilai tebal untuk sistem struktur SRPMK.

Sehingga semua jenis tipe pelat didesain dengan tebal sama yaitu 12 cm. Sedangkan khusus lantai atap untuk area tandon air direncanakan dengan tebal 15 cm.

4.1.2 Dimensi Balok

Jenis balok terbagi menjadi balok induk, balok anak dan balok kantilever. Dimensi balok sesuai persyaratan SNI 2847:2013 dan disesuaikan dengan dimensi yang diperlukan dari ETABS, diperoleh tipe-tipe balok sebagai berikut:

Tabel 4.1 Data Dimensi Balok

No	Kode Balok	B (mm)	H (mm)
1	G60.45	600	450
2	G45.60.a~d	450	650
3	G40.60.a~b	400	650
4	G40.55.a~c	400	550
5	G35.50. a~b	350	500
6	G30.45.a~m	300	450

7	GK40.60.a~b	450	600
8	B30.45. a~m	300	450
9	B25.40.a~b	250	400
10	B20.35.a~g	200	350
11	BK40.60	400	600
12	BK30.45.a~b	300	450

4.1.3 Dimensi Kolom

Menghitung distribusi beban yang disalurkan ke satu kolom merupakan cara untuk pendimensi kolom. Kolom yang paling bawah menerima beban yang paling besar karena distribusi beban kolom dari atas ke bawah. Beban-beban yang disalurkan ke kolom adalah beban mati dan beban hidup sesuai dengan SNI Pembebanan 1727:2013.

Semua beban yang telah dihitung, digunakan untuk menentukan luasan penampang kolom sesuai persamaan:

$$A = \frac{W}{0,35f_c'}$$

Dengan W adalah distribusi beban yang diterima satu kolom. Setelah luasan penampang didapatkan, pendimensi kolom dilakukan. Persyaratan dalam SNI 2847:2013 Pasal 10.10.1 menyatakan bahwa efek kelangsingan boleh diabaikan untuk:

$$\frac{k * l_u}{r} \leq 22$$

Dari dimensi *preliminary* serta disesuaikan dengan kebutuhan yang diperlukan dalam model ETABS, didapatkan model penampang kolom sebagai berikut:

Tabel 4.2 Data Dimensi Kolom

No	Lantai	Kode Kolom	B (mm)	H (mm)	f_c'
1	Lt.1 ~ Lt.2	K60.140	600	1400	50
2	Lt.3 ~ Lt.13	K50.120.a	500	1200	50
3	Lt.14 ~ Lt.24	K50.120.b	500	1200	50
4	Lt.25 ~ Lt.32	K50.100.a	500	1000	45

5	Atap	K50.100.b	500	1000	40
6	Lt.2	KT30.30	300	300	30
7	Atap	KA40.50	400	500	30
8	Atap	K40.40	400	400	30

4.1.4 Tebal Dinding Geser

Menurut SNI 2847-2013 Pasal 14.5.3.1 menyatakan bahwa tebal dinding geser tidak boleh kurang dari $1/25$ tinggi atau panjang bentang tertumpu, yang mana yang lebih pendek, atau tidak kurang dari 100 mm.

Desain dinding geser:

Tebal : 40cm

Tinggi : 530cm

Panjang : 190cm

Desain dinding geser harus mengikuti persyaratan berikut

- Tebal desain dinding $\geq H/25$, H adalah tinggi total dinding
- Tebal desain dinding $\geq L/25$, L adalah panjang total dinding
- Tebal desain dinding $\geq 140\text{mm}$

$$40\text{cm} \geq \frac{H}{25} = \frac{530}{25} = 21.2\text{cm}$$

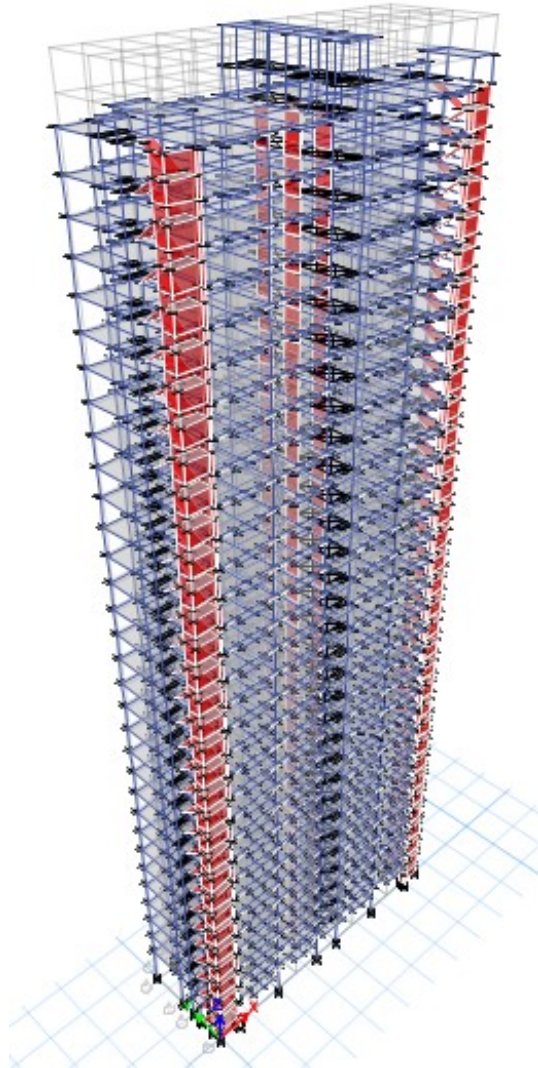
$$40\text{cm} \geq \frac{L}{25} = \frac{190}{25} = 7.6\text{cm}$$

$$40\text{cm} \geq 14\text{cm}$$

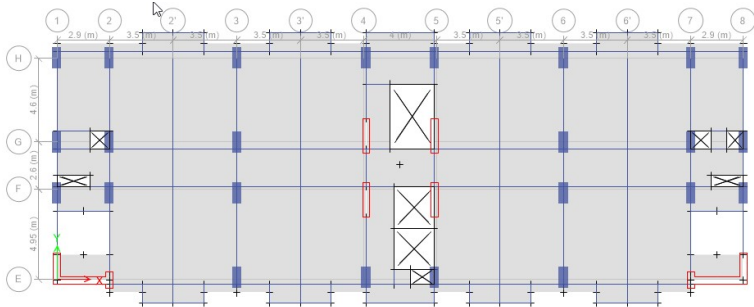
Desain telah memenuhi persyaratan, maka tebal dinding geser yang dipakai minimal 40 cm.

4.2 Permodelan Struktur

Struktur dimodelkan dalam 3D dengan bantuan program ETABS sebagai berikut:



Gambar 4.1 Model 3D Struktur Apartemen 32 Lantai



Gambar 4.2 Denah Lantai 2 ~ 32

Struktur yang dimodelkan dalam bentuk model 3D tersebut dianggap memiliki perletakan terjepit pada lantai basement.

Berikut data tinggi antarantai dan spesifikasi material yang digunakan:

Tabel 4.3 Tinggi Antarantai

Lantai	Tinggi Antarantai (m)
Lantai 1	5.30
Lantai 2 ~ 32	3.2
Lantai Atap	3.5

Tabel 4. 4 Spesifikasi Material

Material	Mutu
Baja Tulangan	BjTS 420
Beton Pelat	fc' 30
Beton Balok	fc' 30
Beton Dinding Geser	fc' 30
Beton Kolom	
Lantai 1 ~ 24	fc' 50
Lantai 25 ~ 32	fc' 45
Lantai Atap	fc' 40

4.3 Pembebanan Struktur

Struktur bangunan dibebani dengan beban gravitasi dan beban gempa. Pembebanan gravitasi sesuai dengan SNI 1727:2013, sedangkan

untuk pembebanan gempa mengikuti SNI 1726:2012. Setelah permodelan pada ETABS selesai, maka dilakukan pembebanannya.

4.3.1 Beban Gravitasi

Beban gravitasi meliputi beban struktur sendiri, beban mati tambahan, dan beban hidup. Beban mati tambahan dan beban hidup besarnya mengikuti fungsi bangunan. Pada skripsi ini, bangunan yang didesain merupakan bangunan apartemen dengan beban mati tambahan dan beban hidup sesuai dengan fungsi lantai seperti pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Pembebanan Gravitasi Lantai

Area	Fungsi	Tebal (mm)	Beban (kN/m ²)	
			SDL	LL
Lantai Ground	Toko	120	1.50	4.00
	Lobby/Koridor	120	1.50	5.00
	Fasilitas	120	1.50	5.00
	Tangga	120	2.00	5.00
Lantai 2~32	Lobby/Koridor	120	1.50	5.00
	Hunian	120	1.50	2.00
	Tangga	120	2.00	5.00
Lantai Atap	Atap	120	1.50	4.00
	Roof Tank	150	1.50	15.00

4.3.2 Beban Angin

Berdasarkan SNI 1727:2013 Pasal 26.6 ~ 10 didapatkan parameter-parameter dasar yang akan dimasukkan pada perhitungan beban angin dalam program bantu ETABS sebagai berikut:

Parameter	SNI 1727-2013	Nilai
Faktor arah angin, K_d	26.6	0.85
Kategori eksposur	26.7	B
Faktor topografi, K_{zt}	26.8	1.00
Faktor Pengaruh Tiupan Angin, G	26.9	0.81
Klasifikasi Ketertutupan	29.10	Tertutup

Kecepatan angin rata-rata di Surabaya adalah 5 ~ 30 kph. Untuk kecepatan angin dasar (V) yang dipakai sebagai parameter beban angin dalam perhitungan ETABS adalah 45 mph / 72.42 kph / 20.12 mps. Karena menurut BMKG kecepatan angin dikategorikan ekstrem yaitu di atas 50 kph yaitu apabila terjadi badai atau angin puting beliung.

Berdasarkan pembebanan angin dari program ETABS dan analisa sesuai Gambar 2.1 didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4.6 Kasus Beban Angin Desain

Kasus	V_x (kN)	V_y (kN)
Kasus 1.1	-437.1533	0
Kasus 1.2	0	-1106.5278
Kasus 2.1	-327.8650	0
Kasus 2.2	-327.8650	0
Kasus 2.3	0	-829.8958
Kasus 2.4	0	-829.8958
Kasus 3.1	-327.8650	829.8958
Kasus 3.2	-327.8650	-829.8958
Kasus 4.1	-246.1173	622.9751
Kasus 4.2	-246.1173	622.9751
Kasus 4.3	-246.1173	-622.9751
Kasus 4.4	-246.1173	-622.9751

4.3.3 Beban Gempa

Pembebanan gempa pada permodelan menggunakan respons spektrum yang mengikuti SNI 1726:2012. Penentuan beban gempa menggunakan respons spektrum adalah sebagai berikut:

1. Klasifikasi Situs

Data tanah yang didapatkan, dengan nilai SPT pada setiap lapisan dihitung untuk mendapatkan nilai SPT rata-rata pada kedalaman 30 meter paling atas seperti tabel berikut:

Tabel 4.7 Nilai SPT Rata-rata Tiap Lapisan (B1)

Lapisan	Tebal Lapisan (d)	Nilai SPT (N)	Harmonic Mean (d_i/N_i)
1	2.00	3.00	0.67
2	1.00	3.50	0.29
3	1.00	4.00	0.25
4	1.00	5.00	0.20
5	1.00	8.00	0.13
6	1.50	9.00	0.17
7	1.00	10.00	0.10
8	0.50	11.00	0.05
9	0.50	13.00	0.04
10	3.00	14.00	0.21
11	2.00	15.00	0.13
12	1.00	16.00	0.06
13	1.50	17.00	0.09
14	3.50	16.00	0.22
15	0.50	17.00	0.03
16	1.00	18.00	0.06
17	1.50	19.00	0.08
18	2.00	20.00	0.10
19	2.50	21.00	0.12
20	1.00	22.00	0.05
21	1.00	23.00	0.04
Σ	30.00		3.07

Tabel 4.8 Nilai SPT Rata-rata Tiap Lapisan (B2)

Lapisan	Tebal Lapisan (d)	Nilai SPT (N)	Harmonic Mean (d_i/N_i)
1	2.00	3.00	0.67
2	1.00	4.00	0.25
3	1.00	5.00	0.20
4	1.00	6.00	0.17
5	3.50	7.00	0.50
6	0.50	8.50	0.06
7	0.50	10.00	0.05
8	0.50	12.50	0.04

9	1.50	15.00	0.10
10	0.50	16.00	0.03
11	1.00	17.00	0.06
12	5.00	18.00	0.28
13	0.50	19.00	0.,03
14	0.50	20.00	0.03
15	0.50	21.00	0.02
16	1.50	22.00	0.07
17	0.50	23.00	0.02
18	1.00	24.00	0.04
19	1.00	22.50	0.04
20	1.50	21.00	0.07
21	3.50	22.00	0.16
22	1.50	23.00	0.07
Σ	30.00		2.95

Tabel 4.9 Penentuan Klasifikasi Situs

Borehole	d_i	d_i/N_i	N-SPT Rata-rata	Klasifikasi Situs
B1	30.00	3.07	9.78	SE
B2	30.00	2.95	10.18	SE

Sesuai dengan SNI 1726:2012 Tabel 3, dengan nilai N rata-rata di bawah 15, maka didapatkan kelas situs SE (Tanah Lunak).

2. Parameter Respon Spektrum Desain

Lokasi apartemen yang berada di Surabaya pada koordinat lintang -7.285382795396716 dan bujur 112.63249428257438 parameter respon spektrum dari perhitungan aplikasi di <http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain Spektra Indonesia 2011/> didapatkan sebagai berikut:

Tabel 4.10 Parameter Respon Spektrum dengan Situs E

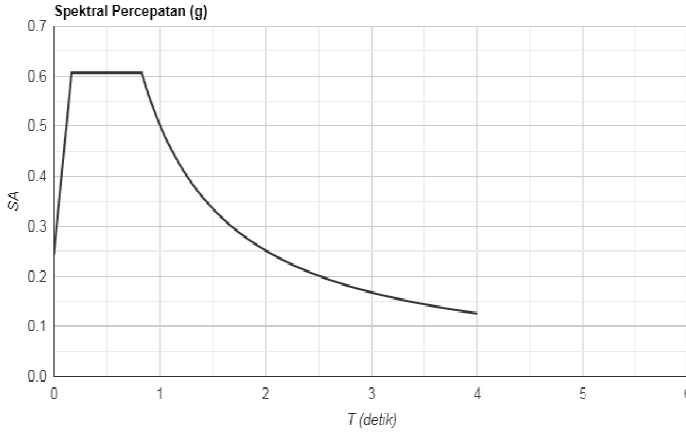
Variabel	Nilai
S_S	0.666
S_I	0.253
F_A	1.369
F_V	2.989

S_{MS}	0.911
S_{MI}	0.755
S_{DS}	0.607
S_{DI}	0.503

Tabel 4.11 Hubungan Antara Perioda dengan Spektrum Respons Percepatan Desain

T (detik)	SA (g)
0	0.243
T_0	0.607
T_s	0.607
T_s+0	0.542
$T_s+0.1$	0.489
$T_s+0.2$	0.446
$T_s+0.3$	0.410
$T_s+0.4$	0.379
$T_s+0.5$	0.352
$T_s+0.6$	0.329
$T_s+0.7$	0.309
$T_s+0.8$	0.291
$T_s+0.9$	0.275
$T_s+1.0$	0.261
$T_s+1.1$	0.248
$T_s+1.2$	0.237
$T_s+1.3$	0.226
$T_s+1.4$	0.216
$T_s+1.5$	0.207
$T_s+1.6$	0.199
$T_s+1.7$	0.192
$T_s+1.8$	0.185
$T_s+1.9$	0.178
$T_s+2.0$	0.172
$T_s+2.1$	0.166
$T_s+2.2$	0.161
$T_s+2.3$	0.156
$T_s+2.4$	0.151
$T_s+2.5$	0.147
$T_s+2.6$	0.143
$T_s+2.7$	0.139
$T_s+2.8$	0.135

$T_S+2.9$	0.132
$T_S+3.0$	0.128
$T_S+4.0$	0.126



Gambar 4.3 Grafik Hubungan Antara Periode (T) dengan Spektrum Respons Percepatan desain (SA)

4.3.4 Kombinasi Pembebanan

Karena Surabaya bukan pada daerah berangin kencang, maka kombinasi beban gempa adalah kombinasi yang lebih menentukan. Berikut adalah kombinasi pembebanan yang diaplikasikan pada struktur tahan gempa, menurut SNI 1726:2012 Pasal 4.2.2:

Tabel 4.12 Tabel Kombinasi Pembebanan

Kombinasi	DL + SDL	LL	WL	EQDx	EQDy
Comb U1	1.40				
Comb U2	1.20	1.60			
Comb U3	1.20	1.00	1.00		
Comb U4	1.32	1.00		1.30	0.39
Comb U5	1.32	1.00		1.30	-0.39
Comb U6	1.32	1.00		-1.30	0.39
Comb U7	1.32	1.00		-1.30	-0.39

Comb U8	1.32	1.00		0.39	1.30
Comb U9	1.32	1.00		0.39	-1.30
Comb U10	1.32	1.00		-0.39	1.30
Comb U11	1.32	1.00		-0.39	-1.30
Comb U12	1.02			1.30	0.39
Comb U13	1.02			1.30	-0.39
Comb U14	1.02			-1.30	0.39
Comb U15	1.02			-1.30	-0.39
Comb U16	1.02			0.39	1.30
Comb U17	1.02			0.39	-1.30
Comb U18	1.02			-0.39	1.30
Comb U19	1.02			-0.39	-1.30

4.4 Analisa Struktur

Program bantu ETABS digunakan dalam analisa struktur yang bertujuan untuk mendapatkan gaya-gaya dalam yang akan digunakan untuk desain elemen struktur. Permodelan struktur di ETABS akan diberi beban-beban yang telah dihitung (beban gravitasi dan beban gempa).

4.4.1 Partisipasi Massa

Periode alami struktur dan *Modal Participating Mass Ratio* didapatkan dengan analisis modal menggunakan program ETABS:

Tabel 4.13 Periode dan *Modal Participating Mass Ratio*

Mode	Period	UX	UY	RZ
1	3.735	0.759400	0.000900	0.008000
2	3.540	0.001000	0.713800	0.000001
3	2.910	0.006000	0.000005	0.735900
sampai dengan				
93	0.019	0.000003	0.000000	0.000100
94	0.019	0.000000	0.000000	0.000000
95	0.019	0.000000	0.000000	0.000000
Total		0.999811	0.998897	0.998516

Berdasarkan Tabel 4.13 di atas dapat dilihat bahwa untuk masing-masing kombinasi partisipasi massa ragam sudah memenuhi syarat yaitu melebihi nilai 90%.

4.4.2 Analisa Gempa

1. Kategori Risiko Bangunan dan Faktor Keutamaan Gempa

Berdasarkan SNI 1726-2012 Pasal 4.1.2 sesuai di Bab II Tabel 2.4, gedung apartemen masuk ke dalam kategori risiko II dengan nilai faktor keutamaan gempa $I_e = 1.0$.

2. Kategori Desain Seismik (KDS)

Kategori Desain Seismik ditentukan dari nilai S_{DS} dan S_{D1} sesuai dengan SNI 1726:2012 di Bab II Tabel 2.6 dan 2.7 maka:

- a. Dengan nilai S_{DS} sebesar 0.607 mengacu SNI 1726:2012 sesuai di Bab II Tabel 2.6 KDS yang diperoleh adalah D
- b. Dengan nilai S_{D1} sebesar 0.503 mengacu SNI 1726:2012 sesuai di Bab II Tabel 2.7 KDS yang diperoleh adalah D

3. Sistem Struktur dan Parameter Struktur Berdasarkan KDS

Sistem struktur penahan gaya gempa lateral dan vertikal harus ditentukan sesuai nilai KDS dan struktur. Sistem struktur yang digunakan pada desain gedung apartemen adalah Sistem Ganda (Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan Dinding Geser). Berdasarkan sistem struktur yang akan digunakan, maka parameter faktor gempa mengacu SNI 1726:2012 sesuai di Bab II Tabel 2.8 adalah:

- Koefisien modifikasi respons, $R = 7$
- Faktor kuat lebih sistem, $\Omega_0 = 2.5$
- Faktor pembesaran defleksi, $C_d = 5.5$

4. Penentuan Periode Desain

Waktu getar atau perioda alami fundamental struktur merupakan waktu yang dibutuhkan struktur untuk menempuh satu siklus gerakan yang nilainya dipengaruhi oleh fungsi massa dan

kekakuan. Nilai perioda desain akan digunakan untuk mendapatkan beban gempa rencana.

Pada SNI 1726:2012 nilai perioda struktur dibatasi oleh batas bawah perioda (perioda fundamental pendekatan) dengan batas atas perioda (perioda maksimum). Penentuan perioda diatur dalam Pasal 7.8.2.

Berdasarkan sistem struktur yang akan digunakan untuk dimasukkan dalam program perhitungan ETABS, maka nilai parameter pendekatan gempa berdasarkan SNI 1726:2012 Pasal 7.8.2.1 sesuai di Bab II Tabel 2.11 adalah:

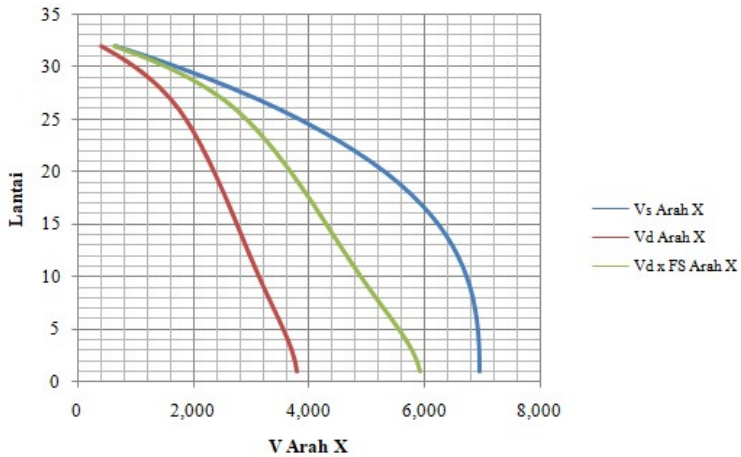
- C_t (Semua sistem struktur lainnya) = 0.02 (0.0488)
- x (Semua sistem struktur lainnya) = 0.75

5. Gaya Geser Dasar

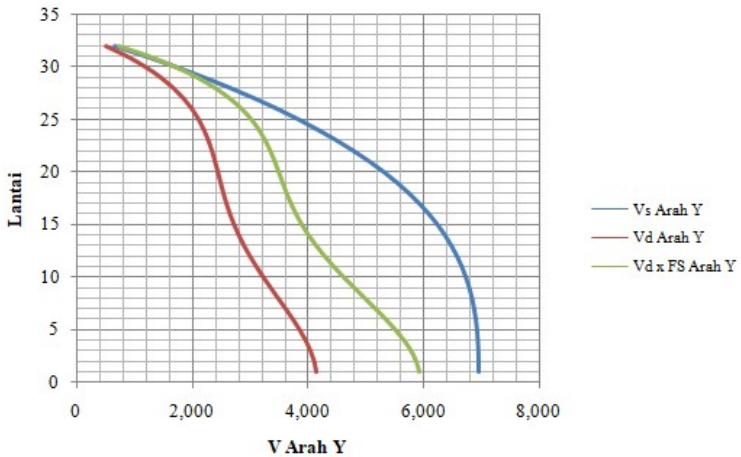
Berdasarkan pembebanan gempa statik dan dinamik dari program ETABS didapatkan hasil faktor skala sebagai berikut:

Tabel 4.14 Gaya Geser Dasar

Gaya Gempa	V_x (kN)	V_y (kN)
Statik	6956.847	6956.847
Statik 85%	5913.320	5913.320
Dinamik (Respon Spektrum)	3802.673	4138.977
Faktor Skala	1.555	1.429



Gambar 4.4 Desain Gaya Geser Arah X



Gambar 4.5 Desain Gaya Geser Arah Y

6. Sistem Ganda

Desain struktur bangunan menggunakan sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang harus mampu menahan

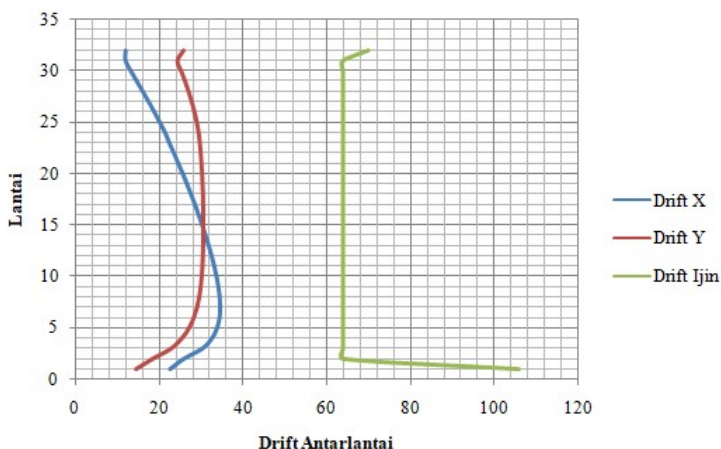
minimal 25% gaya gempa. Berdasarkan analisis struktur diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 4.15 Pengecekan Struktur Rangka Terhadap Gaya Gempa

Gaya Geser	DG (kN)	SRMPK (kN)	Desain (kN)	DG (kN)	SRMPK (kN)	Kontrol
Arah X	2446.94	1528.10	3975.04	61.56%	38.44%	OK
Arah Y	7362.68	2921.26	10283.94	71.59%	28.41%	OK

4.4.3 Penentuan Simpangan Antar Lantai

Pengecekan batas simpangan antar lantai sebagai kontrol desain struktur yang mengacu pada SNI 1726:2012 Pasal 7.8.6 dan 7.12.1, seperti terlihat di grafik berikut:

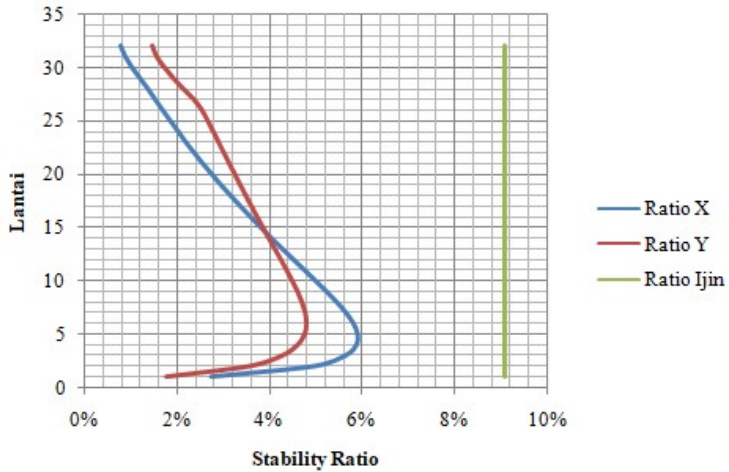


Gambar 4.6 Grafik Simpangan Antarlantai

Dari grafik di atas maka simpangan antar lantai bangunan telah memenuhi syarat.

4.4.4 Pengaruh P-Delta

Pengecekan efek P-Delta sebagai kontrol kestabilan struktur mengacu pada SNI 1726:2012 Pasal 7.8.7, seperti terlihat di grafik berikut:



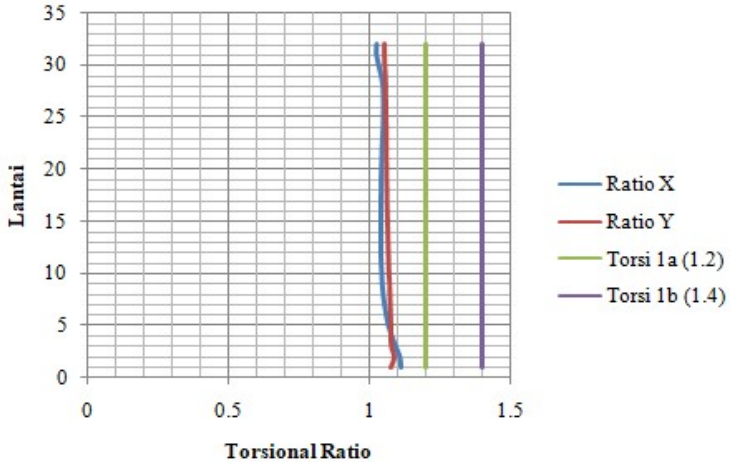
Gambar 4.7 Grafik Pengaruh P-Delta

Dari garfik di atas maka tidak perlu amplifikasi gaya akibat pengaruh P-Delta karena koefisien stabilitas masih kurang dari 0.1 dan memenuhi syarat.

4.4.5 Ketidakberaturan Struktur

1. Ketidakberaturan Struktur Horisontal

- Pengecekan ketidakberaturan struktur horizontal tipe 1
Hasil pengecekan seperti terlihat di garfik berikut:



Gambar 4.8 Grafik Ketidakberaturan Torsi

Dari grafik tersebut terlihat bangunan tidak mengalami ketidakberaturan torsi 1a dan 1b.

- Pengecekan ketidakberaturan struktur horizontal tipe 2
Bangunan yang berbentuk persegi panjang, membuat bangunan tidak memiliki ketidakberaturan sudut dalam.
- Pengecekan ketidakberaturan struktur horizontal tipe 3
Tidak terdapat ketidakberaturan diskontinuitas diafragma.
- Pengecekan ketidakberaturan struktur horizontal tipe 4
Tidak terdapat ketidakberaturan pergeseran melintang terhadap bidang.
- Pengecekan ketidakberaturan struktur horizontal tipe 5
Tidak terdapat ketidakberaturan non-paralel pada bangunan sehingga tidak diterapkan kombinasi orthogonal.

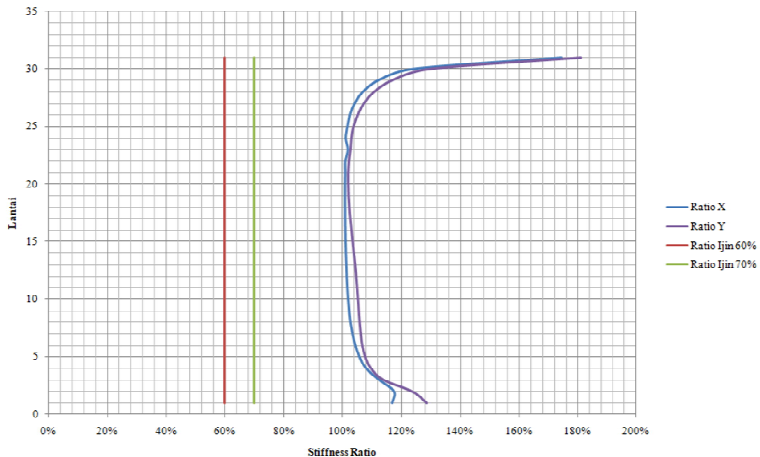
Hasil pengecekan ketidakberaturan struktur horizontal tipe 1~5 bisa dilihat pada table berikut:

Tabel 4.16 Pengecekan Ketidakberaturan Horisontal

Tipe	Ketidakberaturan Horisontal	Kontrol
1a	Ketidakberaturan Torsi	Tidak Ada
1b	Ketidakberaturan Torsi Berlebihan	Tidak Ada
2	Ketidakberaturan Sudut Dalam	Tidak Ada
3	Ketidakberaturan Diskontinuitas Diafragma	Tidak Ada
4	Ketidakberaturan Pergeseran Melintang Terhadap Bidang	Tidak Ada
5	Ketidakberaturan Sistem Nonparalel	Tidak Ada

2. Ketidakberaturan Struktur Vertikal

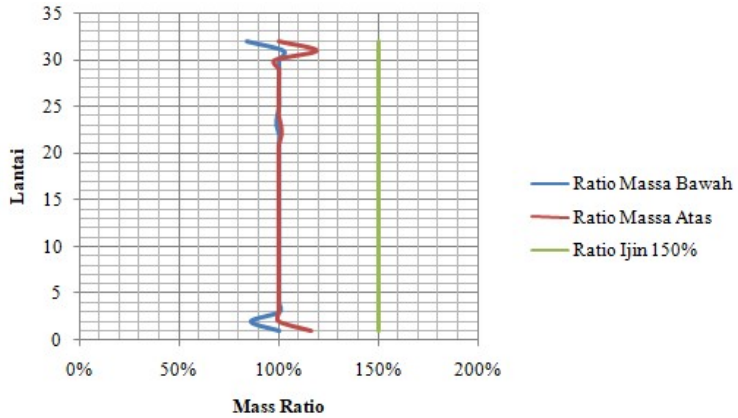
- Pengecekan ketidakberaturan struktur vertikal tipe 1
Hasil pengecekan seperti terlihat di garfik berikut:



Gambar 4.9 Grafik Ketidakberaturan Tingkat Lunak

Dari grafik tersebut terlihat bangunan tidak mengalami ketidakberaturan kekakuan 1a dan 1b.

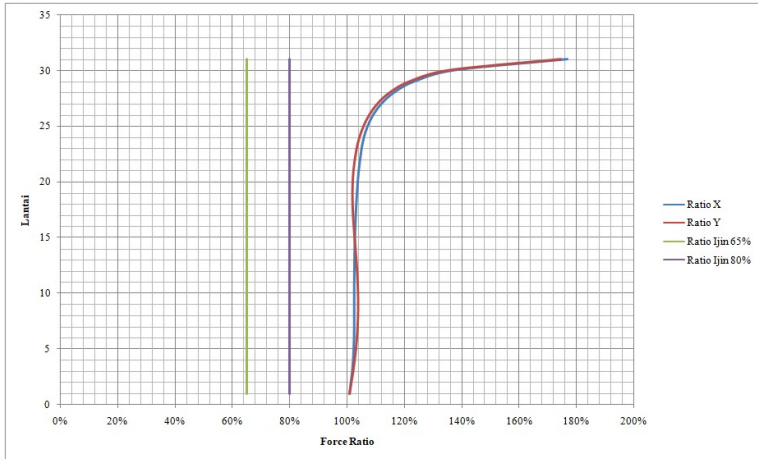
- Pengecekan ketidakberaturan struktur vertikal tipe 2
Hasil pengecekan seperti terlihat di garfik berikut:



Gambar 4.10 Grafik Ketidakberaturan Massa

Dari grafik tersebut terlihat bangunan tidak mengalami ketidakberaturan massa.

- Pengecekan ketidakberaturan struktur vertikal tipe 3
Tidak terdapat dimensi horizontal sistem penahan gaya gempa yang lebih besar dari 130 persen dimensi horizontal sistem penahan gaya gempa tingkat di dekatnya.
- Pengecekan ketidakberaturan struktur vertikal tipe 4
Tidak ada ketidakberaturan diskontinuitas arah bidang dalam elemen penahan gaya lateral vertikal.
- Pengecekan ketidakberaturan struktur vertikal tipe 5
Hasil pengecekan seperti terlihat di garfik berikut:



Gambar 4.11 Grafik Ketidakberaturan Kuat Lateral

Dari grafik tersebut terlihat bangunan tidak mengalami ketidakberaturan kuat lateral tingkat 5a dan 5b.

Hasil pengecekan ketidakberaturan struktur vertikal tipe 1~5 bisa dilihat pada table berikut:

Tabel 4.17 Pengecekan Ketidakberaturan Vertikal

Tipe	Ketidakteraturan Vertikal	Kontrol
1a	Ketidakteraturan Kekakuan Tingkat Lunak	Tidak Ada
1b	Ketidakteraturan Kekakuan Tingkat Lunak Berlebihan	Tidak Ada
2	Ketidakteraturan Berat (Massa)	Tidak Ada
3	Ketidakteraturan Geometri Vertikal	Tidak Ada
4	Diskontinuitas Arah Bidang dalam Ketidakteraturan Elemen Penahan Gaya Lateral Vertikal	Tidak Ada
5a	Diskontinuitas dalam Ketidakteraturan Kuat Lateral Tingkat	Tidak Ada
5b	Diskontinuitas dalam Ketidakteraturan Kuat Lateral Tingkat yang Berlebihan	Tidak Ada

4.4.6 Reduksi Kekakuan Penampang

Sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 10.10.4, tentang reduksi momen inersia penampang struktur bisa dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.18 Reduksi Kekakuan Penampang

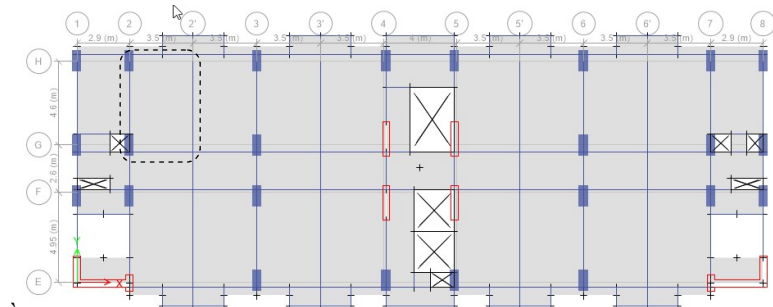
Jenis Elemen Struktur	Reduksi Kekakuan Lentur	Reduksi Kekakuan Torsional
Balok	0.35	0.35
Kolom	0.7	-
Dinding Geser	0.7 (Tak Retak)	-
	0.35 (Retak)	-

4.5 Perencanaan Struktur Atas

Perencanaan struktur atas dalam bentuk sistem struktur rangka balok-kolom dianalisa secara 3D ETABS dengan adanya pengaruh beban-beban vertikal dan beban-beban horizontal akibat gaya inersia gempa. Beban-beban vertikal diberikan pada pelat-pelat lantai maupun di atas balok.

4.5.1 Perencanaan Pelat Lantai

Dalam permodelan 3D ETABS pelat lantai dimodelkan sebagai *shell*, maka perhitungan penulangan tidak bisa memakai tabel pelat PBI 1971 yang lazim digunakan. Tapi menggunakan gaya-gaya dalam yang timbul pada pelat tersebut.



Gambar 4.12 Lokasi Pelat S12.a Lantai 3

1. Perhitungan Tulangan Pelat Lantai

Desain tulangan pada pelat menggunakan Metode Koefisien Momen berdasarkan koefisien-koefisien yang terjadi di pelat. Untuk perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.18 sebagai berikut:

Tabel 4.19 Perhitungan Tulangan Pelat Lantai

Parameter	SNI 2847:2013	Persamaan	Satuan	Nilai
A Properti Material dan Penampang				
Tebal Pelat, t_s		Input	mm	120
Sisi Panjang, L_y		Input	mm	5400
Sisi Pendek, L_x		Input	mm	3500
Peninjauan Lebar Pelat, b		Input	mm	1000
Selimit Bersih, c		Input	mm	20
Diameter Tulangan Pokok Arah y , d_{py}		Input	mm	10
Diameter Tulangan Susut Arah y , d_{sy}		Input	mm	8
Diameter Tulangan Pokok Arah x , d_{px}		Input	mm	10
Diameter Tulangan Susut Arah x , d_{sx}		Input	mm	8
Tinggi Efektif Arah y , d_y		$t_s - c - (0.5 * d_{py})$	mm	95
Tinggi Efektif Arah x , d_x		$t_s - c - (0.5 * d_{px}) - d_{sy}$	mm	85
Massa Jenis Beton, w		Input	kN/m ²	24
Beban Mati (Berat Pelat Sendiri), DL		$t_s * w$	kN/m ²	2.88
Beban Mati Tambahan, SDL		Input	kN/m ²	1.5
Beban Hidup, LL		Input	kN/m ²	2
Kuat Tekan Beton, f'_c		Input	MPa	30
Kuat Leleh Baja Tulangan, f_y		Input	MPa	420
B Beban Terfaktor				
Beban Ultimate, W_u		$1.2(DL+SDL) + 1.6(LL)$	kN/m ²	8.46
C Momen				
Momen Tumpuan Arah x , M_{Tx}		$\alpha * W_u * L_x^2$	kN-m	10.36
Momen Tumpuan Arah y , M_{Ty}		$\alpha * W_u * L_y^2$	kN-m	24.66
Momen Lapangan Arah x , M_{Lx}		$\alpha * W_u * L_x^2$	kN-m	6.47
Momen Lapangan Arah y , M_{Ly}		$\alpha * W_u * L_y^2$	kN-m	15.41
D Penulangan Pelat				
D.1 Tumpuan Arah X				
$AS_{min,1}$	10.5.1	$(f'_y)^{0.25} / (4 * f_y) * b * dx$	mm ²	277.122
$AS_{min,2}$	10.5.1, 21.5.2.1	$1.4 / f_y * b * dx$	mm ²	283.333
As			mm ²	283.333
Luas Tulangan, Av		$\pi/4 * d_s^2$	mm ²	78.540
Jumlah Tulangan, n				5
Jarak Tulangan, s			mm	200
Cek Spasi				OK
As Pakai		$n * Av$	mm ²	392.699
β_1		$0.85 - (0.05 * ((f'_c - 28) / 7))$		0.84
m		$f_y / (\beta_1 * f'_c)$		16.75
ρ		As Pakai / $(b * d)$		0.005

ρ_{\min}		$1.4 / f_y$		0.003
ρ_{\max}		$0.75 * \beta_i / m * 600 / (600 + f_y)$		0.022
Kontrol Rasio Tulangan		$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$		OK
a	10.2.7.1	$(As \text{ Pakai} * f_y) / (0.85 * f'_c * b)$	mm	6.468
M_u	10.2.7.1	As Pakai * $f_y * (d - a/2)$	kN-m	13.486
ϕM_u		$\phi * Mn$	kN-m	11.463
Cek $\phi Mn > M_{u_x}$		$\phi Mn > M_{u_x} ?$		OK
D.2	Lapangan Arah X			
AS _{min.1}	10.5.1	$(E')^{0.5} / (4 * f_y) * b * dx$	mm ²	277.122
AS _{min.2}	10.5.1, 21.5.2.1	$1.4 / f_y * b * dx$	mm ²	283.333
As			mm ²	283.333
Luas Tulangan, Av		$\pi/4 * d_s^2$	mm ²	78.540
Jumlah Tulangan, n				5
Jarak Tulangan, s			mm	200
Cek Spasi				OK
As Pakai		$n * Av$	mm ²	392.699
β_i		$0.85 - (0.05 * ((f'_c - 28) / 7))$		0.84
m		$f_y / (\beta_i * f'_c)$		16.75
ρ		As Pakai / $(b * d)$		0.005
ρ_{\min}		$1.4 / f_y$		0.003
ρ_{\max}		$0.75 * \beta_i / m * 600 / (600 + f_y)$		0.022
Cek As max		$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$		OK
a	10.2.7.1	$(As \text{ Pakai} * f_y) / (0.85 * f'_c * b)$	mm	6.468
M_u	10.2.7.1	As Pakai * $f_y * (d - a/2)$	kN-m	13.486
ϕM_u		$\phi * Mn$	kN-m	11.463
Cek $\phi Mn > M_{u_x}$		$\phi Mn > M_{u_x} ?$		OK
D.3	Susut Arah X			
As	7.12.2.1 (b)	$0.0018 * b * h$	mm ²	216.000
Luas Tulangan, Av		$\pi/4 * d_s^2$	mm ²	50.265
Jumlah Tulangan, n		As/Av		5
Jarak Tulangan, s		b/n	mm	200
Cek Spasi				OK
As Pakai		$n * Av$	mm ²	251.327
Cek As Pakai		As Pakai > As		OK
D.4	Tumpuan Arah Y			
AS _{min.1}	10.5.1	$(E')^{0.5} / (4 * f_y) * b * dy$	mm ²	309.724
AS _{min.2}	10.5.1, 21.5.2.1	$1.4 / f_y * b * dy$	mm ²	316.667
As			mm ²	316.667
Luas Tulangan, Av		$\pi/4 * d_s^2$	mm ²	78.540
Jumlah Tulangan, n		As/Av		10
Jarak Tulangan, s		b/n	mm	100
Cek Spasi				OK
As Pakai		$n * Av$	mm ²	785.398
β_i		$0.85 - (0.05 * ((f'_c - 28) / 7))$		0.84
m		$f_y / (\beta_i * f'_c)$		16.75
ρ		As Pakai / $(b * d)$		0.008
ρ_{\min}		$1.4 / f_y$		0.003
ρ_{\max}		$0.75 * \beta_i / m * 600 / (600 + f_y)$		0.022

Cek As max		$\rho_{min} < \rho < \rho_{maks}$		OK
a	10.2.7.1	$(As \text{ Pakai} * f_y) / (0.85 * f'_c * b)$	mm	12.936
M _a	10.2.7.1	As Pakai * f _y * (d - a/2)	kN-m	29.204
φM _a		φ * Mn	kN-m	24.823
Cek φMn > M _{ly}		φMn > M _{ly} ?		OK
D.5	Lapangan Arah Y			
AS _{min.1}	10.5.1	$(f'_c)^{0.5} / (4 * f'_c) * b * dx$	mm ²	309.724
AS _{min.2}	10.5.1, 21.5.2.1	1.4 / f _y * b * dx	mm ²	316.667
As			mm ²	316.667
Luas Tulangan, Av		$\pi/4 * d_s^2$	mm ²	78.540
Jumlah Tulangan, n				10
Jarak Tulangan, s			mm	100
Cek Spasi				OK
As Pakai		n * Av	mm ²	785.398
β _i		$0.85 - (0.05 * ((f'_c - 28) / 7))$		0.84
m		$f_y / (\beta_i * f'_c)$		16.75
ρ		As Pakai / (b * d)		0.008
ρ _{min}		1.4 / f _y		0.003
ρ _{max}		$0.75 * \beta_i / m * 600 / (600 + f_y)$		0.022
Cek As max		$\rho_{min} < \rho < \rho_{maks}$		OK
a	10.2.7.1	$(As \text{ Pakai} * f_y) / (0.85 * f'_c * b)$	mm	12.936
M _a	10.2.7.1	As Pakai * f _y * (d - a/2)	kN-m	29.204
φM _a		φ * Mn	kN-m	24.823
Cek φMn > M _{ly}		φMn > M _{ly} ?		OK
D.6	Susut Arah Y			
As	7.12.2.1 (b)	0.0018 * b * h	mm ²	216.000
Luas Tulangan, Av		$\pi/4 * d_s^2$	mm ²	50.265
Jumlah Tulangan, n		As/Av		5
Jarak Tulangan, s		b/n	mm	200
Cek Spasi				OK
As Pakai		n * Av	mm ²	251.327
Cek As Pakai		As Pakai > As		OK
E	Kontrol Lentutan Pelat			
E _c		$4700 * (f'_c)^{0.5}$	MPa	25742.96
E _s			MPa	210000
Δ _{ijin}		Ly / 240	mm	22.50
I _g		1/12 * Ly * ts ³	mm ⁴	777600000
λ	8.6			1
f _r	9.5.2.3	$0.62 * \lambda * (f'_c)^{1.5}$		3.396
n		E _s / E _c		8.158
c		a / β _i		15.48
I _{cr}		$E_s/E_c * (As + Wu/F_y * ts/2d) * (d - c)^2 + (Ly * c^3)/3$	mm ⁴	47191267.79
yt		ts / 2	mm	60.00
M _{cr}		$(f_r * I_g) / yt$	N-mm	44010602.94
Ma		1/8 * Wu * Ly ²	N-mm	30822120.00
I _e	9.5.2.3	$(M_{cr} / Ma)^3 * I_g + (1 - (M_{cr} / Ma)^3) * I_{cr}$	mm ⁴	2173617841.54
Δ _c		$(5 * Wu * Ly^4) / (384 * E_c * I_e)$	mm	1.673
ρ				0.008

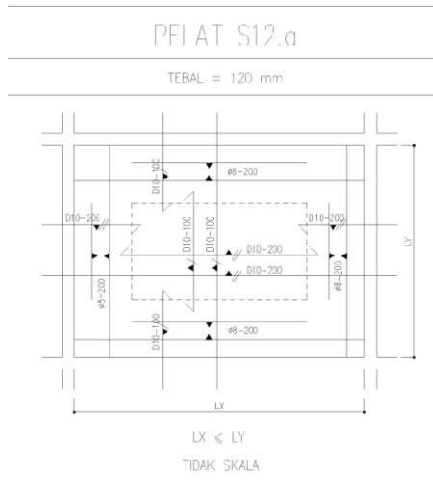
ξ	9.52.5			2
λ_s		$\xi / (1 + 50 * \rho)$		1.415
Δg		$(5 * \lambda_s * W_u * Ly^2) / (384 * E_c * I_e)$	mm	2.368
Δ_{total}		$\Delta e + \Delta g$	mm	4.041
Cek $\Delta_{total} < \Delta_{ijin}$		$\Delta_{total} < \Delta_{ijin} ?$		OK

2. Hasil Perhitungan Penulangan Pelat Lantai

Dari perhitungan pada Tabel 4.18 didapatkan hasil sesuai Tabel 4.19 dan Gambar 4.13 sebagai berikut:

Tabel 4.20 Hasil Perhitungan Penulangan Pelat Lantai Tipe S12.a

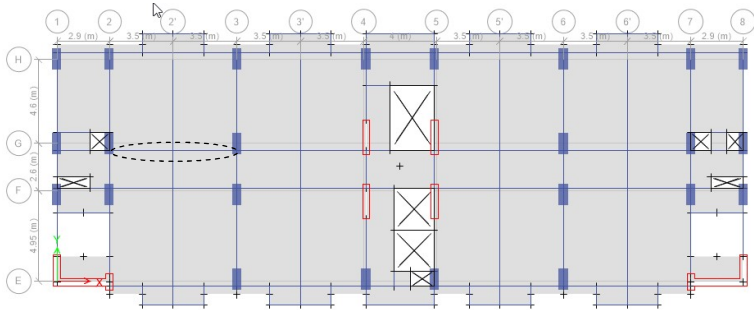
A	Hasil Perhitungan Penulangan Pelat Lantai	
	Kontrol Lendutan	OK
B	Tulangan Arah X	
	Tulangan Tumpuan Arah X	D10-200
	Tulangan Lapangan Arah X	D10-200
	Tulangan Susut Arah X	D8-200
C	Tulangan Arah Y	
	Tulangan Tumpuan Arah Y	D10-100
	Tulangan Lapangan Arah Y	D10-100
	Tulangan Susut Arah Y	D8-200



Gambar 4.13 Penulangan Pelat Lantai Tipe S12.a

4.5.2 Perencanaan Balok

Perhitungan kebutuhan tulangan lentur dan geser untuk balok menggunakan bantuan program ETABS serta perhitungan berdasarkan SNI 2847-2013. Sebagai contoh balok G45.60.a lantai 3, dengan ukuran penampang 450×600 mm dan panjang bentang 7 m. Lokasi balok dapat dilihat pada Gambar 4.14 berikut:



Gambar 4.14 Lokasi Balok G45.60.a Lantai 3

1. Perhitungan Tulangan Lentur Balok

Dari perhitungan ETABS, didapatkan output gaya-gaya hasil kombinasi pembebanan, kemudian didapatkan momen maksimum yang terjadi untuk dilakukan perhitungan pada Tabel 4.20 sebagai berikut:

Tabel 4.21 Perhitungan Tulangan Lentur Balok

Parameter	SNI 2847:2013	Persamaan	Satuan	Nilai
A Properti Material & Penampang				
Panjang Balok, L		Input	mm	7000
Lebar Balok, b		Input	mm	450
Tinggi Balok, h		Input	mm	600
Panjang Tumpuan	21.5.3.1	$2 * h$	mm	1200
Diameter Tulangan Longitudinal, d_s		Input	mm	19
Diameter Tulangan Pinggang, d_c		Input	mm	10
Diameter Tulangan Sengkang, d_s		Input	mm	13
Selimit Bersih, c_c		Input	mm	40
Tinggi Efektif Balok, d		$h - c_c - d_s - d_c/2$	mm	537.5
Kuat Tekan Beton, f'_c		Input	MPa	30
Kuat Leleh Baja Tulangan, f_y		Input	MPa	420

β_1	10.2.7.3	$0.65 \leq 0.85 - 0.05 * (f_c' - 28) / 7 \leq 0.85$		0.8357
Panjang Kolom, c_1		Input (Sisi tegak lurus lebar balok)	mm	500
Lebar Kolom, c_2		Input (Sisi yang ditempel balok/sejajar lebar balok)	mm	1200
L_0		$L - c_1$	mm	6500
λ		Asumsi tidak menggunakan beton ringan		1
B Gaya Dalam				
$M_{u,tumpuan (-)}$		Input	kN-m	-304.3442
$M_{u,tumpuan (+)}$		Input	kN-m	87.0931
$M_{u,lapangan (-)}$		Input	kN-m	-118.2344
$M_{u,lapangan (+)}$		Input	kN-m	124.1316
P_u		Input	kN	0
C Syarat Gaya & Geometri				
Syarat Gaya Aksial	21.5.1.1	$P_u \leq 0.1 A_g f_c'$?		OK
Syarat Tinggi Efektif	21.5.1.2	$L_0 \geq 4d$?		OK
Syarat Lebar 1	21.5.1.3	$b \geq \min(0.3h, 250 \text{ mm})$?		OK
Syarat Lebar 2	21.5.1.4	$b \leq c_2 + 2 * \min(c_2, 0.75 c_1)$?		OK
D Penulangan Lentur				
D.1 Tumpuan Negatif				
Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan, n		Input		6
d_s			mm	19
Jarak Bersih Antar Tulangan		$(b - 2 c_c - 2 d_s - n * d_s) / (n - 1)$	mm	46
Cek Jarak Bersih	7.6.1	Jarak Bersih $\geq d_s$ dan 25 mm?		IYA
Jumlah Lapis				1
As Pasang		$n * \pi / 4 * d_s^2$	mm ²	1701.172
$A_{s \text{ min},1}$	10.5.1	$(E_s')^{0.5} / (4 * f_y) * b * d$	mm ²	788.574
$A_{s \text{ min},2}$	10.5.1, 21.5.2.1	$1.4 / (4 * f_y) * b * d$	mm ²	806.250
Cek As min		As Pasang $\geq A_{s \text{ min}}$?		OK
ρ		$A_s / (b * d)$		0.70%
$\rho_{\text{max},1}$	B.10.3	$0.75 \rho_b = 0.75 * 0.85 * \beta_1 * E_s' / f_y * (600 / (600 + f_y))$		2.24%
$\rho_{\text{max},2}$	21.5.2.1	2.5%		2.50%
Cek As max		$\rho \leq \rho_{\text{max}}$?		OK
a	10.2.7.1	$A_s * f_y / (0.85 * f_c' * b)$	mm	62.265
M_u	10.2.7.1	$A_s * f_y * (d - a/2)$	kN-m	361.796
c	10.2.7.1	a / β_1	mm	74.505
ϵ_s	10.2.2, 10.2.3	$(d - c) / c * 0.003$		0.019
ϕ	S9.3.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0.900
ϕM_u		$\phi * M_n$	kN-m	325.616
$M_{u,tumpuan (-)}$			kN-m	304.344
Cek Kapasitas		$\phi M_u > M_{u,0}$		OK
As Perlu		$M_u / [f_y * (d - a/2)]$	mm ²	1431.034
D.2 Tumpuan Positif				
n		Input		3
d_s			mm	19
Jarak Bersih Antar Tulangan		$(b - 2 c_c - 2 d_s - n * d_s) / (n - 1)$	mm	143.5
Cek Jarak Bersih	7.6.1	Jarak Bersih $\geq d_s$ dan 25 mm?		IYA
Jumlah Lapis				1
As Pasang		$n * \pi / 4 * d_s^2$	mm ²	850.586
$A_{s \text{ min},1}$	10.5.1	$(E_s')^{0.5} / (4 * f_y) * b * d$	mm ²	788.574

As _{min,2}	10.5.1, 21.5.2.1	$1.4 / (4 * fy) * b * d$	mm ²	806.250
As _{min,4}	21.5.2.2	0.5 * As Tumpuan Negatif	mm ²	850.586
Cek As min		As Pasang >= As min ?		OK
ρ		As / (b * d)		0.35%
ρ _{max,1}	B.10.3	$0.75 \rho_b = 0.75 * 0.85 * \beta_1 * E' / f_y * (600 / (600 + f_y))$		2.24%
ρ _{max,2}	21.5.2.1	2.5%		2.50%
Cek As max		ρ <= ρ max ?		OK
a	10.2.7.1	$As * fy / (0.85 * fc' * b)$	mm	31.133
M _u	10.2.7.1	As * fy * (d - a/2)	kN-m	186.459
c	10.2.7.1	a / β ₁	mm	37.253
ε _s	10.2.2, 10.2.3	(d - c) / c * 0.003		0.040
φ	S9.3.2	$0.65 <= 0.65 + (es - 0.002) / 0.003 * 0.25 <= 0.9$		0.900
φM _u		φ * Mn	kN-m	167.813
M _u			kN-m	87.093
Cek φM _u > M _u		φM _u > M _u ?		OK
As Perlu		Mu / [fy * (d - a/2)]	mm ²	397.300
D.3 Lapangan Negatif				
n		Input		3
d _b			mm	19
Jarak Bersih Antar Tulangan		$(b - 2 c_c - 2 d_b - n * d_b) / (n - 1)$	mm	143.5
Cek Jarak Bersih	7.6.1	Jarak Bersih >= d _b dan 25 mm?		IYA
Jumlah Lapis				1
As Pasang		$n * \pi / 4 * d_b^2$	mm ²	850.586
As _{min,1}	10.5.1	$(f_y')^{0.5} / (4 * f_y) * b * d$	mm ²	788.574
As _{min,2}	10.5.1, 21.5.2.1	$1.4 / (4 * fy) * b * d$	mm ²	806.250
As _{min,4}	21.5.2.2	0.25 * As Tumpuan Negatif	mm ²	425.293
Cek As min		As Pasang >= As min ?		OK
ρ		As / (b * d)		0.35%
ρ _{max,1}	B.10.3	$0.75 \rho_b = 0.75 * 0.85 * \beta_1 * E' / f_y * (600 / (600 + f_y))$		2.24%
ρ _{max,2}	21.5.2.1	2.5%		2.50%
Cek As max		ρ <= ρ max ?		OK
a	10.2.7.1	$As * fy / (0.85 * fc' * b)$	mm	31.133
M _u	10.2.7.1	As * fy * (d - a/2)	kN-m	186.459
c	10.2.7.1	a / β ₁	mm	37.253
ε _s	10.2.2, 10.2.3	(d - c) / c * 0.003		0.040
φ	S9.3.2	$0.65 <= 0.65 + (es - 0.002) / 0.003 * 0.25 <= 0.9$		0.900
φM _u		φ * Mn	kN-m	167.813
M _u			kN-m	118.234
Cek φM _u > M _u		φM _u > M _u ?		OK
As Perlu		Mu / [fy * (d - a/2)]	mm ²	539.361
D.4 Lapangan Positif				
n		Input		3
d _b			mm	19
Jarak Bersih Antar Tulangan		$(b - 2 c_c - 2 d_b - n * d_b) / (n - 1)$	mm	143.5
Cek Jarak Bersih	7.6.1	Jarak Bersih >= d _b dan 25 mm?		IYA
Jumlah Lapis				1

As Pasang		$n \cdot \pi/4 \cdot d_s^2$	mm ²	850.586
As _{min,1}	10.5.1	$(E_c)^{1/2} / (4 \cdot f_y) \cdot b \cdot d$	mm ²	788.574
As _{min,2}	10.5.1, 21.5.2.1	$1.4 / (4 \cdot f_y) \cdot b \cdot d$	mm ²	806.250
As _{min,4}	21.5.2.2	0.25 * As Tumpuan Negatif	mm ²	425.293
Cek As min		As Pasang >= As min ?		OK
ρ		As / (b * d)		0.35%
ρ _{max,1}	B.10.3	$0.75 \rho_b = 0.75 \cdot 0.85 \cdot \beta_1 \cdot E_c' / f_y \cdot (600 / (600 + f_y))$		2.24%
ρ _{max,2}	21.5.2.1	2.5%		2.50%
Cek As max		ρ <= ρ max ?		OK
a	10.2.7.1	$As \cdot f_y / (0.85 \cdot f_c' \cdot b)$	mm	31.133
M _u	10.2.7.1	$As \cdot f_y \cdot (d - a/2)$	kN-m	186.459
c	10.2.7.1	a / β ₁	mm	37.253
e _s	10.2.2, 10.2.3	(d - c) / c * 0.003		0.040
φ	S9.3.2	$0.65 \leq 0.65 + (e_s - 0.002) / 0.003 \cdot 0.25 \leq 0.9$		0.900
φM _u		φ * M _u	kN-m	167.813
M _u			kN-m	124.132
Cek φM _u > M _u		φM _u > M _u ?		OK
As Perlu		M _u / [f _y * (d - a/2)]	mm ²	566.262

2. Perhitungan Tulangan Geser Balok

Dari perhitungan ETABS, didapatkan output gaya-gaya akibat beban mati dan beban hidup pada balok G45.60.a serta akibat kombinasi pembebanan, kemudian dilakukan perhitungan pada Tabel 4.21 sebagai berikut:

Tabel 4.22 Perhitungan Tulangan Geser Balok

Parameter	SNI 2847:2013	Persamaan	Satuan	Nilai
A Properti Material & Penampang				
Panjang Balok, L		Dari Sheet Desain Lentur	mm	7000
Lebar Balok, b		Dari Sheet Desain Lentur	mm	450
Tinggi Balok, h		Dari Sheet Desain Lentur	mm	600
Panjang Tumpuan	21.5.3.1	Dari Sheet Desain Lentur	mm	1200
Diameter Tulangan Longitudinal, d _s		Dari Sheet Desain Lentur	mm	19
Diameter Tulangan Pinggang, d _s		Dari Sheet Desain Lentur	mm	10
Diameter Tulangan Sengkang, d _s		Dari Sheet Desain Lentur	mm	13
Selimit Bersih, c _c		Dari Sheet Desain Lentur	mm	40
Tinggi Efektif Balok, d		Dari Sheet Desain Lentur	mm	537.5
Kuat Tekan Beton, f' _c		Dari Sheet Desain Lentur	MPa	30
Kuat Leleh Baja Tulangan, f _y		Dari Sheet Desain Lentur	MPa	420
β ₁	10.2.7.3	Dari Sheet Desain Lentur		0.8357
Panjang Kolom, c ₁		Dari Sheet Desain Lentur	mm	500
Lebar Kolom, c ₂		Dari Sheet Desain Lentur	mm	1200
L _m		Dari Sheet Desain Lentur	mm	6500
B Gaya Dalam				

$V_{u,tumpuan}$		Input	kN	175.5923
$V_{u,lapangan}$		Input	kN	125.3268
C Tumpuan				
C.1 Gaya Desain				
$V_{u,tumpuan}$	S21.5.4	Input [Kombinasi 1.2 D + L]	kN	116.5169
A_s^- Tumpuan		Dari Sheet Desain Lentur	mm ²	850.586
A_s^+ Tumpuan		Dari Sheet Desain Lentur	mm ²	1701.172
a_{pr}		1.25 a (tumpuan positif)	mm	38.916
a_{pr}		1.25 a (tumpuan negatif)	mm	77.831
M_{pr}	S21.5.4	$A_s^- * (1.25 f_t) * (d - a_{pr}/2)$	N mm	231335740
M_{pr}	S21.5.4	$A_s^+ * (1.25 f_t) * (d - a_{pr}/2)$	N mm	445293369
$V_{u,avg}$ atau V_{pr}	21.5.4.1	$(M_{pr}^+ + M_{pr}^-) / L_n$	N	104097
V_c	21.5.4.1	$V_g + V_{pr}$	N	220614
C.2 Tahanan Geser Beton				
V_{pr}			N	104097
$1/2 V_c$			N	110307
P_u			N	0
$A_g f_c' / 20$			N	405000
V_c Diperhitungkan?	21.5.4.2	$V_c = 0$ jika $V_{pr} \geq 1/2 V_c$ dan $P_u < A_g f_c' / 20$	N	Tidak
V_c			N	225217
C.3 Penulangan Geser				
Jumlah Kaki		Input		2
A_v		$n * \pi/4 * d_s^2$	mm ²	265.465
Spasi		Input	mm	100
Spasi Max 1	21.5.3.2	$d / 4$	mm	134.38
Spasi Max 2	21.5.3.2	$6 d_b$	mm	114.00
Spasi Max 3	21.5.3.2	150 mm	mm	150.00
Cek Spasi				OK
V_s	11.4.7.2	$A_s * f_y * d / s$	N	599286
Batas V_c	11.4.7.9	$0.66 * (f_c')^{0.5} * b * d$	N	874371
ϕ	9.3.2.3			0.75
V_n		$V_c + V_s$	N	824503
V_u			N	220614
$\phi V_n / V_u$				2.803
Cek Kapasitas		$\phi V_n / V_u \geq 1$?		OK
D Lapangan				
D.1 Penulangan Geser				
Jumlah Kaki		Input		2
A_v		$n * \pi/4 * d_s^2$	mm ²	265.465
Spasi		Input	mm	100
Spasi Max	21.5.3.4	$d / 2$	mm	268.75
Cek Spasi				OK
V_s	11.4.7.2	$A_s * f_y * d / s$	N	399524
Batas V_c	11.4.7.9	$0.66 * (f_c')^{0.5} * b * d$	N	874371
V_c	11.2.1.1	$0.17 * (f_c')^{0.5} * b * d$	N	225217
ϕ	9.3.2.3			0.75
V_n		$V_c + V_s$	N	624741
V_u			N	125326.8

$\phi V_u / V_u$		$\phi V_u / V_u \geq 1$?	3.739
Cek Kapasitas			OK

3. Perhitungan Tulangan Torsi Balok

Dari perhitungan ETABS, didapatkan output gaya-gaya hasil kombinasi pembebanan, kemudian didapatkan torsi maksimum yang terjadi untuk dilakukan perhitungan pada Tabel 4.22 sebagai berikut:

Tabel 4.23 Perhitungan Tulangan Torsi Balok

Parameter	SNI 2847:2013	Persamaan	Satuan	Nilai
A Properti Material & Penampang				
Panjang Balok, L		Dari Sheet Desain Lentur	mm	7000
Lebar Balok, b		Dari Sheet Desain Lentur	mm	450
Tinggi Balok, h		Dari Sheet Desain Lentur	mm	600
Panjang Tumpuan	21.5.3.1	Dari Sheet Desain Lentur	mm	1200
Diameter Tulangan Longitudinal, d_s		Dari Sheet Desain Lentur	mm	25
Diameter Tulangan Pinggang, d_e		Dari Sheet Desain Lentur	mm	10
Diameter Tulangan Sengkang, d_s		Dari Sheet Desain Lentur	mm	13
Selimit Bersih, c_s		Dari Sheet Desain Lentur	mm	40
Tinggi Efektif Balok, d		Dari Sheet Desain Lentur	mm	537.5
Kuat Tekan Beton, f'_c		Dari Sheet Desain Lentur	MPa	30
Kuat Leleh Baja Tulangan, f_y		Dari Sheet Desain Lentur	MPa	420
β_1	10.2.7.3	Dari Sheet Desain Lentur		0.8357
Panjang Kolom, c_1		Dari Sheet Desain Lentur	mm	500
Lebar Kolom, c_2		Dari Sheet Desain Lentur	mm	1200
L_0		Dari Sheet Desain Lentur	mm	6500
B Perhitungan Torsi Menggunakan Parameter Geometri Penampang				
A_{cp}		$b * h$	mm ²	270000
P_{cp}		$2 * (b + h)$	mm	2100
x_o		$b - 2c_c - d_s$	mm	357
y_o		$h - 2c_c - d_s$	mm	507
A_{oh}		$x_o * y_o$	mm ²	180999
A_o	11.5.3.6	$0.85 A_{oh}$	mm ²	153849
P_h		$2 * (x_o + y_o)$	mm	1728
C Gaya Dalam				
T_u		Input	kN m	36.1996
D Pengecekan Kebutuhan Tulangan Torsi				
T_{cr}		$0.33 * (f'_c)^{0.5} * A_{cp}^2 / P_{cp}$	N mm	62745531
ϕ	9.3.2.3			0.75
$\phi T_{cr} / 4$			N mm	11764787
Perlu Tulangan Torsi?	11.5.1	$T_u > \phi T_{cr} / 4$?		Iya
E Pengecekan Kecukupan Dimensi Penampang				
Jenis Torsi		Status Tertentu = Keseimbangan, Status Tak Tentu = Kompatibilitas		Kompatibilitas
T_u Pakai	11.5.2.2	ϕT_u atau T_u	N mm	47059148
V_u		Dari Sheet Desain Geser	N	220614

V_c	11.2.1.1	$0.17 * (f_c')^{0.5} * b * d$	N	225217
Ruas Kiri	11.5.3.1	$\{ [V_u / b * d]^2 + [T_u * P_u / (1.7 * A_{cv})]^2 \}^{0.5}$	MPa	1.722
Ruas Kanan	11.5.3.1	$\phi * \{ [V_u / (b * d)] + 0.66 * (f_c')^{0.5} \}$	MPa	3.410
Cek Dimensi Penampang	11.5.3.1	Ruas Kiri <= Ruas Kanan ?		OK
F Pengecekan Kecukupan Dimensi Penampang				
$f_y = f_{yt}$		Kuat Leleh Baja Tulangan Longitudinal = Kuat Leleh Baja Tulangan Transversal	MPa	420
f_y / f_{yt}				1
θ	11.5.3.6	θ diambil untuk balok komponen struktur non prategang	°	45
G Penulangan Transversal Torsi				
n kaki Tumpuan		Dari Sheet Desain Geser		2
n kaki Lapangan		Dari Sheet Desain Geser		2
s Tumpuan		Dari Sheet Desain Geser	mm	100
s Lapangan		Dari Sheet Desain Geser	mm	150
s max 1	11.5.6.1	$P_u / 8$	mm	216
s max 2	11.5.6.1	300 mm	mm	300
Cek Spasi Tumpuan		s Tumpuan >= s max ?		OK
Cek Spasi Lapangan		s Lapangan >= s max ?		OK
A_{cv} / s Tumpuan Pasang		$n * \pi / 4 * d_s^2 / s$	mm ² /mm	2.655
A_{cv} / s Tumpuan Pasang		$n * \pi / 4 * d_s^2 / s$	mm ² /mm	1.770
A_c / s	11.5.3.6	$T_u / (2 * \phi * A_c * f_t)$	mm ² /mm	0.486
A_v / s Tumpuan Perlu		V_u Tumpuan / ($\phi * f_y * d$)	mm ² /mm	1.303
A_v / s Lapangan Perlu		V_u Lapangan / ($\phi * f_y * d$)	mm ² /mm	0.740
A_{cv} / s Tumpuan Perlu	11.5.5.2	$2 * A_c / s + A_v / s$		2.274
A_{cv} / s Lapangan Perlu	11.5.5.2	$2 * A_c / s + A_v / s$		1.711
A_{cv} / s min 1	11.5.5.2	$0.062 * (f_c')^{0.5} * b / f_t$		0.364
A_{cv} / s min 2	11.5.5.2	$0.35 * b / f_t$		0.375
Cek Geser + Torsi Tumpuan		A_{cv} / s Pasang >= A_{cv} / s Perlu dan min ?		OK
Cek Geser + Torsi Lapangan		A_{cv} / s Pasang >= A_{cv} / s Perlu dan min ?		OK
H Penulangan Longitudinal Torsi				
d_{bs}			mm	10
d_{bs} min	11.5.6.2	0.042 s	mm	6.3
Cek d_{bs}		$d_{bs} >= d_{bs}$ min ?		OK
As Perlu Tumpuan Atas		Dari Sheet Desain Geser	mm ²	1431.034
As Perlu Tumpuan Bawah		Dari Sheet Desain Geser	mm ²	397.300
As Perlu Lapangan Atas		Dari Sheet Desain Geser	mm ²	539.361
As Perlu Lapangan Bawah		Dari Sheet Desain Geser	mm ²	566.262
A_t	11.5.5.7	$A_v / s * P_b$	mm ²	838.981
A_t min	11.5.5.3	$0.42 * (f_c')^{0.5} * A_{cp} / f_t - (A_v / s) * P_b$	mm ²	639.870
$A_s + A_t$ Perlu Tumpuan			mm ²	2667.316
$A_s + A_t$ Perlu Lapangan			mm ²	1944.604
n Tumpuan Atas		Dari Sheet Desain Lentur		6
n Tumpuan Pinggang		Input (Disarankan Kelipatan 2)		2
n Tumpuan Bawah		Dari Sheet Desain Lentur		3
n Tumpuan Vertikal		$2 + n$ Tengah / 2		3
n Lapangan Atas		Dari Sheet Desain Lentur		3
n Lapangan Pinggang		Input (Disarankan Kelipatan 2)		2
n Lapangan Bawah		Dari Sheet Desain Lentur		3

n Lapangan Vertikal		$2 + n \text{ Tengah} / 2$		3
Spasi Horizontal Tumpuan		$(b - 2c_s - 2d_s - d_{s1}) / [\min(n \text{ atas, } n \text{ bawah}) - 1]$	mm	167
Spasi Vertikal Tumpuan		$(h - 2c_s - 2d_s - d_{s1}) / (n \text{ Vertikal} - 1)$	mm	242
Spasi Horizontal Lapangan		$(b - 2c_s - 2d_s - d_{s1}) / [\min(n \text{ atas, } n \text{ bawah}) - 1]$	mm	167
Spasi Vertikal Lapangan		$(h - 2c_s - 2d_s - d_{s1}) / (n \text{ Vertikal} - 1)$	mm	242
Cek Spasi Tulangan Longitudinal Tumpuan	11.5.6.2	Spasi $\geq 300 \text{ mm} ?$		OK
Cek Spasi Tulangan Longitudinal Lapangan	11.5.6.2	Spasi $\geq 300 \text{ mm} ?$		OK
$A_s + A_t$ Pasang Tumpuan			mm ²	3118.816
$A_s + A_t$ Pasang Lapangan			mm ²	2268.230
Cek Lentur + Torsi Tumpuan		$A_s + A_t \text{ Pasang} \geq A_s + A_t \text{ Perlu} ?$		OK
Cek Lentur + Torsi Lapangan		$A_s + A_t \text{ Pasang} \geq A_s + A_t \text{ Perlu} ?$		OK

4. Hasil Perhitungan Lentur, Geser dan Torsi Balok SRPMK

Dari perhitungan pada Tabel 4.20 ~ 22 didapatkan hasil sesuai Tabel 4.23 dan Gambar 4.15 sebagai berikut:

Tabel 4.24 Hasil Perhitungan Penulangan Balok Tipe G45.60.a

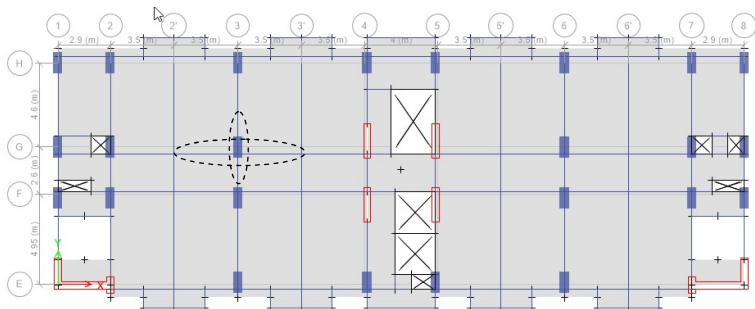
A	Hasil Perhitungan Penulangan Balok SRPMK	
	Syarat Gaya dan Geometri	OK
	Kapasitas Lentur	OK
	Kapasitas Geser	OK
	Kapasitas Torsi	OK
B	Tulangan Longitudinal	
	Longitudinal Tumpuan Atas	6 D19
	Longitudinal Tumpuan Pinggang	2 D10
	Longitudinal Tumpuan Bawah	3 D19
	Longitudinal Lapangan Atas	3 D19
	Longitudinal Lapangan Pinggang	2 D10
	Longitudinal Lapangan Bawah	3 D19
C	Tulangan Transversal/Sengkang	
	Sengkang Tumpuan	2D13-100
	Sengkang Lapangan	2D13-150

TIPE BALOK	G45.50.a	
POSISI	TUMPUAN	LAPANGAN
		
DIMENSI	450 x 600	450 x 600
TULANGAN ATAS	6 D19	3 D19
TULANGAN SAMPING	2 D10	2 D10
TULANGAN BAWAH	3 D19	3 D19
SENGKANG	2 D13-100	2 D13-150

Gambar 4.15 Penulangan Balok Tipe G45.60.a

4.5.3 Perencanaan Kolom

Perhitungan kebutuhan tulangan lentur dan geser untuk kolom menggunakan bantuan program ETABS serta perhitungan berdasarkan SNI 2847-2013. Sebagai contoh kolom K50.120.a lantai 3, dengan ukuran penampang 500×1200 mm dengan tinggi antar lantai 3.2 m. Lokasi kolom dapat dilihat pada Gambar 4.16 berikut:



Gambar 4.16 Lokasi Kolom K50.120.a Lantai 3

1. Perhitungan Tulangan Lentur Kolom

Dari perhitungan ETABS, didapatkan output gaya-gaya hasil kombinasi pembebanan, kemudian didapatkan beban aksial dan momen maksimum yang terjadi untuk dilakukan perhitungan pada Tabel 4.24 serta menggunakan program bantu *spColumn* sebagai berikut:

Tabel 4.25 Perhitungan Tulangan Lentur Kolom

Parameter	SNI 2847:2013	Persamaan	Satuan	Nilai
A Properti Material dan Penampang				
Panjang/Tinggi Kolom, L		Input	mm	3200
Sisi Pendek Kolom, b		Input	mm	500
Sisi Panjang Kolom, h		Input	mm	1200
Diameter Tulangan Longitudinal, d_s		Input	mm	25
Diameter Tulangan Sengkang, d_s		Input	mm	13
Selimit Bersih, c_c		Input	mm	40
Kuat Tekan Beton, f'_c		Input	MPa	50
Kuat Leleh Baja Tulangan, f_y		Input	MPa	420
Tinggi Balok, h_b		Input	mm	600
L_n		$L - h_b$	mm	2600
B Syarat Gaya dan Geometri				
Syarat Gaya Aksial	21.6.1	$P_u > 0.1 A_g f'_c ?$		OK
Syarat Sisi Terpendek	21.6.1.1	$b \geq 300 \text{ mm} ?$		OK
Syarat Rasio Dimensi Penampang	21.6.1.2	$b/h \geq 0.4 ?$		OK
C Pengecekan Terhadap Gaya Dalam Aksial-Lentur				
Jumlah Tulangan, n		Input		24
Luas Tulangan Longitudinal, A_s		$n * \pi/4 * d_s^2$	mm ²	11781.0
Rasio Tulangan, ρ		$A_s / (b * h)$		1.96%
Cek ρ_{min} dan ρ_{max}	21.6.3.1	$1\% \leq \rho \leq 6\%$		OK
D Pengecekan Strong Column - Weak Beam (SCWB)				
Momen Nominal Kolom, M_{nc}		Input (nilai terkecil)	kN m	1549.338
M_n Tumpuan Balok		Input	kN m	361.796
M_n Tumpuan Balok		Input	kN m	186.459
Cek SCWB	21.6.2.2	$2 * M_{nc} \geq 1.2 * (M_n + M_n)$		OK

2. Perhitungan Tulangan Geser Kolom

Dari perhitungan ETABS, didapatkan output gaya-gaya akibat kombinasi pembebanan pada kolom K50.120.a, kemudian dilakukan perhitungan pada Tabel 4.25 sebagai berikut:

Tabel 4.26 Perhitungan Tulangan Geser Kolom

Parameter	SNI 2847:2013	Persamaan	Satuan	Nilai
A Properti Material dan Penampang				
Panjang/Tinggi Kolom, L		Dari Sheet Desain Longitudinal	mm	3200
Sisi Pendek Kolom, b		Dari Sheet Desain Longitudinal	mm	500
Sisi Panjang Kolom, h		Dari Sheet Desain Longitudinal	mm	1200
Diameter Tulangan Longitudinal, d_s		Dari Sheet Desain Longitudinal	mm	25
Diameter Tulangan Sengkang, d		Dari Sheet Desain Longitudinal	mm	13
Selimit Bersih, c_c		Dari Sheet Desain Longitudinal	mm	40
Kuat Tekan Beton, f'_c		Dari Sheet Desain Longitudinal	MPa	50
Kuat Leleh Baja Tulangan, f_y		Dari Sheet Desain Longitudinal	MPa	420
Tinggi Balok, h_b		Dari Sheet Desain Longitudinal	mm	600
L_n		Dari Sheet Desain Longitudinal	mm	2600
B Panjang Zona Sendi Plastis				
l_{s1}	21.6.4.1	h	mm	1200
l_{s2}	21.6.4.1	$L_n / 6$	mm	433.3
l_{s3}	21.6.4.1	450 mm	mm	450
l_s	21.6.4.1	Max (l_{s1} ; l_{s2} ; l_{s3})	mm	1200
C Tulangan Transversal Zona Sendi Plastis/Tumpuan				
Jumlah Kaki Sisi Pendek, n_1		Input		5
Jumlah Kaki Sisi Panjang, n_2		Input		10
Spasi, s		Input	mm	100
Spasi Kaki Terbesar, $s_{i\max}$	S21.6.4.2	Input	mm	300
A_{sh1}		$n * \pi / 4 * d_s^2$	mm ²	663.661
A_{sh2}		$n * \pi / 4 * d_s^2$	mm ²	1327.323
A_{sh} / s_1			mm ² /mm	6.637
A_{sh} / s_2			mm ² /mm	13.273
D Confinement/Kekangan Zona Sendi Plastis				
Lebar Penampang Inti Beton, b_c	S21.6.4.2	$b - 2c_c$	mm	420
Panjang Penampang Inti Beton, h_c	S21.6.4.2	$h - 2c_c$	mm	1120
Luas Penampang Kolom, A_g		$b * h$	mm ²	600000
Luas Penampang Inti Beton, A_{ch}		$b_c * h_c$	mm ²	470400
D.1 Sisi Pendek/Sumbu Lemah				
A_{sh}/s min, 1	21.6.4.4	$0.3 (b_c * f'_c / f_y) * (A_g / A_{ch} - 1)$	mm ²	4.133
A_{sh}/s min, 2	21.6.4.4	$0.09 * b_c * f'_c / f_y$	mm ²	4.500
Cek A_{sh}/s 1		A_{sh}/s 1 \geq Ash/s min ?		OK
D.2 Sisi Panjang/Sumbu Kuat				
A_{sh}/s min, 1	21.6.4.4	$0.3 (h_c * f'_c / f_y) * (A_g / A_{ch} - 1)$	mm ²	11.020
A_{sh}/s min, 2	21.6.4.4	$0.09 * h_c * f'_c / f_y$	mm ²	12.000
Cek A_{sh}/s 2		A_{sh}/s 2 \geq Ash/s min ?		OK
D.3 Cek Spasi				
$s_{\max,1}$	21.6.4.3	$b / 4$	mm	125
$s_{\max,2}$	21.6.4.3	$6 * d_s$	mm	150
h_c	21.6.4.3	$x_{i\max}$	mm	300
$s_{\max,3} = s_c$	21.6.4.3	$100 \leq 100 + (350 - h_x) / 3 \leq 150$	mm	116.667
s_{\max}	21.6.4.3	Min ($s_{\max,1}$, $s_{\max,2}$, $s_{\max,3}$)	mm	116.667
Cek Spasi				OK
E Kuat Geser Zona Sendi Plastis				

E.1 Gaya Geser Desain (Perlu input dari PCA Column, atau SP Column, atau CSI Column, dll. dengan $f_{pr} = 1.25 f_c$)				
M_p Kolom		Input, (nilai terbesar)	kN m	2231.954
V_{u1}	S21.5.4	$2 * M_p$ Kolom / Ln	N	1716888
E.2 Gaya Geser Hasil Analisis Struktur				
V_{u2} Sumbu Lemah		Dari Sheet Gaya Dalam	N	140702
V_{u2} Sumbu Kuat		Dari Sheet Gaya Dalam	N	125938
E.3 Tahanan Geser Beton Sumbu Lemah				
V_u		Max (V_{u1} , V_{u2})	N	1716888
ϕ	9.3.2.3			0.75
V_c	11.2.1.2	$0.17 (1 + N_u / (14 A_g)) (f_c')^{0.5} h$; $d = b - c_c - d_c - d_b / 2$	N	1137441
V_f Perlu	11.1.1	$V_u / \phi - V_c$	N	1151742
A_s /s Perlu	11.4.7.2	$V_f / (f_y * d)$; $d = b - c_c - d_c - d_b / 2$	mm ² /mm	6.3113
A_s /s Min 1	-	$0.062 (f_c')^{0.5} h / f_y$	mm ² /mm	1.2526
A_s /s Min 2	-	$0.35 h / f_y$	mm ² /mm	1.0000
Cek A_s /s		$A_s / s \geq \text{Max} (A_s \text{ Perlu}, A_s \text{ Min})$?		OK
E.4 Tahanan Geser Beton Sumbu Kuat				
V_u		Max (V_{u1} , V_{u2})	N	1716888
ϕ	9.3.2.3			0.75
V_c	11.2.1.2	$0.17 (1 + N_u / (14 A_g)) (f_c')^{0.5} b d$; $d = h - c_c - d_c - d_b / 2$	N	1237464
V_f Perlu	11.1.1	$V_u / \phi - V_c$	N	1051720
A_s /s Perlu	11.4.7.2	$V_f / (f_y * d)$; $d = h - c_c - d_c - d_b / 2$	mm ² /mm	2.2072
A_s /s Min 1	-	$0.062 (f_c')^{0.5} b / f_y$	mm ² /mm	0.5219
A_s /s Min 2	-	$0.35 b / f_y$	mm ² /mm	0.4167
Cek A_s /s		$A_s / s \geq \text{Max} (A_s \text{ Perlu}, A_s \text{ Min})$?		OK
F Tulangan Transversal Luar Zona Sendi Plastik/Lapangan				
Jumlah Kaki Sisi Pendek, n1		Input		4
Jumlah Kaki Sisi Panjang, n2		Input		4
Spasi, s		Input	mm	150
A_s Sumbu Lemah		$n * \pi / 4 * d_s^2$	mm ²	530.929
A_s Sumbu Kuat		$n * \pi / 4 * d_s^2$	mm ²	530.929
G Confinement/Kekangan Luar Zona Sendi Plastik				
Spasi max 1	21.6.4.5	$6 d_b$	mm	150.0
Spasi max 2	21.6.4.5	150 mm	mm	150.0
Cek Spasi		Spasi \leq Spasi Max ?		OK
H Kuat Geser Luar Zona Sendi Plastik				
H.1 Tahanan Geser Beton Sumbu Lemah				
V_u		Dari Sheet Gaya Dalam	N	140702
ϕ	9.3.2.3			0.75
V_c	11.2.1.2	$0.17 (1 + N_u / (14 A_g)) (f_c')^{0.5} h$; $d = b - c_c - d_c - d_b / 2$	N	1137441
V_f Perlu	11.1.1	Max ($V_u / \phi - V_c$; 0)		0
A_s /s Perlu	11.4.7.2	$V_f / (f_y * d)$; $d = b - c_c - d_c - d_b / 2$		0.0000
A_s /s Min 1	-	$0.062 (f_c')^{0.5} b / f_y$	mm ² /mm	0.0000
A_s /s Min 2	-	$0.35 b / f_y$	mm ² /mm	0.0000
Cek A_s /s		$A_s / s \geq A_s \text{ Perlu}$?		OK
H.2 Tahanan Geser Beton Sumbu Kuat				
V_u		Dari Sheet Gaya Dalam	N	125938
ϕ	9.3.2.3			0.75
V_c	11.2.1.2	$0.17 (1 + N_u / (14 A_g)) (f_c')^{0.5} b d$; $d = h - c_c - d_c - d_b / 2$	N	1237464

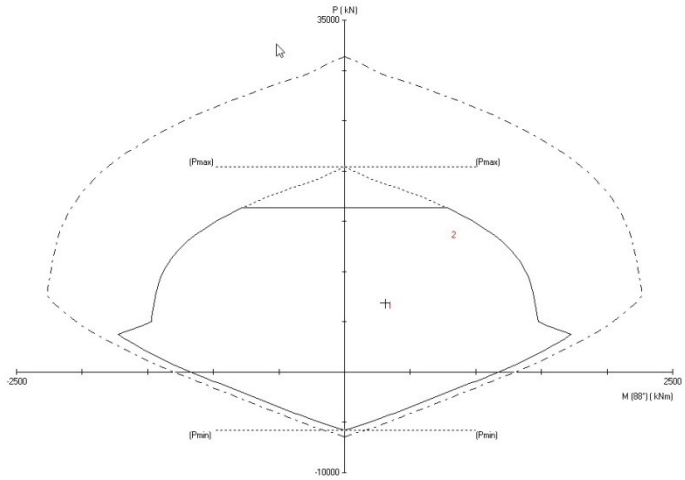
V_u Perlu	11.1.1	$\text{Max}(V_u/\phi - V_G; 0)$		0
A_s /s Perlu	11.4.7.2	$V_u / (f_y \cdot d); d = h - c_c - d_s - d_b / 2$		0.0000
A_s /s Min 1	-	$0.062 (E_c)^{0.5} b / f_y$	mm ² /mm	0.0000
A_s /s Min 2	-	$0.35 b / f_y$	mm ² /mm	0.0000
Cek A_s /s		$A_s/s \geq A_s/s$ Perlu ?		OK

3. Hasil Perhitungan Lentur dan Geser Kolom SRPMK

Dari perhitungan pada Tabel 4.24 ~ 25 dan dari program bantu *spColumn* didapatkan hasil sesuai Tabel 4.26 dan Gambar 4.17 ~ 18 sebagai berikut:

Tabel 4.27 Hasil Perhitungan Penulangan Kolom Tipe K50.120.a

A	Hasil Perhitungan Penulangan Kolom SRPMK	
	Syarat Gaya dan Geometri	OK
	Kapasitas Lentur	OK
	Kapasitas Geser	OK
B	Tulangan Longitudinal	
	Longitudinal	24 D25
C	Tulangan Transversal/Sengkan Tumpuan	
	Sumbu Lemah	5D13-100
	Sumbu Kuat	10D13-100
D	Tulangan Transversal/Sengkan Lapangan	
	Sumbu Lemah	4D13-150
	Sumbu Kuat	4D13-150



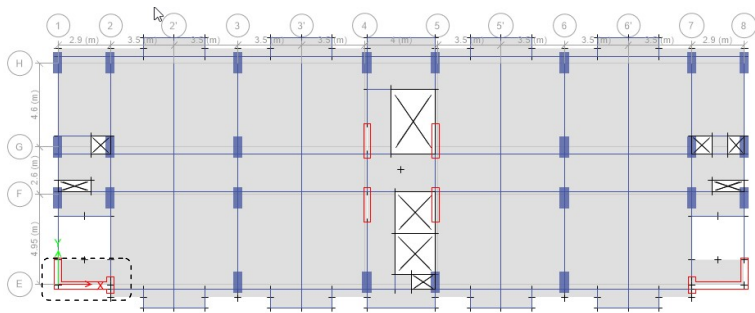
Gambar 4.17 Diagram Interaksi Kolom Tipe K50.120.a (*spColumn*)

KOLOM K50.120.a			
LANTAI 3 LANTAI 2	 1200 500 D13-100	LANTAI 3 LANTAI 2	 1200 500 D13-150
DIMENSI	500 x 1200	DIMENSI	500 x 1200
TULANGAN UTAMA	24 D25	TULANGAN UTAMA	24 D25
SENGKANG TUMPUAN	10D13-100	SENGKANG LAPANGAN	4D13-150
MUTU	$f_c' 50MPa$	MUTU	$f_c' 50MPa$

Gambar 4.18 Penulangan Kolom Tipe K50.120.a

4.5.4 Perencanaan Dinding Geser

Dinding geser direncanakan terhadap gaya-gaya yang bekerja di dalam penampang dinding geser. Perencanaan penampang dinding geser terhadap gaya aksial, momen, geser dan penentuan komponen batas dilakukan sesuai dengan SNI 2847- 2013 Pasal 21.9. Sebagai contoh dinding geser P1.a pada lantai 2. Lokasi dinding geser tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.19 dengan tinggi antar lantai adalah 5.3 m.



Gambar 4.19 Lokasi Dinding Geser P1.a Lantai 2

1. Perhitungan Lentur dan Geser Dinding

Dari perhitungan ETABS, didapatkan output gaya-gaya hasil kombinasi pembebanan, kemudian didapatkan beban aksial dan momen maksimum yang terjadi untuk dilakukan perhitungan pada Tabel 4.27 serta menggunakan program bantu *spColumn* sebagai berikut:

Tabel 4.28 Perhitungan Penulangan Dinding Geser

Parameter	SNI 2847:2013	Persamaan	Satuan	Nilai
A Properti Material dan Penampang				
Tebal Dinding Geser, t_w		Input	mm	400
Panjang (As ke As), L		Input	mm	4400
Panjang Kolom, h_c		Input	mm	900
Lebar Kolom, b_c		Input	mm	400
Tinggi Dinding Geser Total, h_w		Input	mm	5300
Diameter Tulangan Longitudinal Badan, d_l		Input	mm	22
Diameter Tulangan Transversal Badan, d_t		Input	mm	22
Diameter Tulangan Kolom, d_k		Input	mm	25
Kuat Tekan Beton, f'_c		Input	MPa	30

	Kuat Leleh Baja Tulangan, f_y		Input	MPa	420
B	Geometri				
	Panjang Total, L_w		$L + h_c$	mm	5300
	Panjang Bersih, L_c		$L - h_c$	mm	3500
	Luas Penampang Melintang, A_{cv}		$t_w * L_w$	mm ²	2120000
	Luas Total Dinding Geser, A_w		$t_w * L_c + 2 * (b_c * h_c)$	mm ²	2120000
C	Kebutuhan Tulangan Minimum				
	ϕ				1
	Gaya Geser, V_u / ϕ		V_u Dari Sheet Gaya Dalam	N	1906326
	Batas Zona 1	21.9.2.1	$0.083 A_{cv} f_c^{0.5}$	N	963773
	Batas Zona 2	21.9.2.2	$0.17 A_{cv} f_c^{0.5}$	N	1973992
	Kesimpulan Zona				Zona 2
	Rasio Tul. Longitudinal Minimum, ρ_{Lmin}	21.9.2.1	Fungsi Zona dan h_w/L_w		0.25%
	Rasio Tul. Transversal Minimum, ρ_{Tmin}	21.9.2.1	Fungsi Zona		0.25%
	Perlu 2 Lapis Tulangan?	21.9.2.2	Zona 3 atau $h_w/L_w \geq 2$?		Tidak
	Jumlah Lapis Tulangan Pakai, n_{lapis}		Input (Disarankan 2)		2
D	Pengecekan Terhadap Gaya Dalam Aksial-Lentur (Menggunakan PCA Column, atau SP Column, atau CSI Column, dll)				
D.1	Bagian Badan				
	Spasi Tulangan Longitudinal, s		Input	mm	150
	Cek Spasi Tulangan Maksimum	21.9.2.1	$s \leq 450$ mm?		OK
	Rasio Tulangan Longitudinal, ρ_l	S21.9.6.5	$n_{lapis} * (\pi/4 * d_l^2) / (t_w * s)$		1.2677%
	Cek Rasio Tulangan Minimum		$\rho_l \geq \rho_{Lmin}$?		OK
D.2	Bagian Kolom				
	Jumlah Tulangan per Kolom, n		Input		22
	Rasio Tulangan Kolom, ρ		$n * (\pi/4 * d_c^2) / (b_c * h_c)$		3.000%
	Cek Rasio Tulangan Kolom		$1\% \leq \rho \leq 6\%$?		OK
E	Pengecekan Kapasitas Geser				
	h_w / L_w				1.0000
	α_c	21.9.4.1	Fungsi h_w / L_w		0.25
	Spasi Tulangan Transversal, s		Input	mm	200
	Cek Spasi Tulangan Maksimum	21.9.2.1	$s \leq 450$ mm?		OK
	Rasio Tulangan Longitudinal, ρ_l	S21.9.6.5	$n_{lapis} * (\pi/4 * d_l^2) / (t_w * s)$		0.950%
	Cek Rasio Tulangan Minimum		$\rho_l \geq \rho_{Lmin}$?		OK
	Kuat Geser Dinding, V_u	21.9.4.1	$A_{cv} (\alpha_c * f_c^{0.5} + \rho * f_y)$	N	11364684
	Batas Kuat Geser, $V_{u,max}$	21.9.4.4	$0.66 A_{cv} f_c^{0.5}$	N	7663734
	Kuat Geser Pakai, $V_{u,pakai}$		$\min(V_u; V_{u,max})$	N	7663734
	Cek Kapasitas Geser		$V_{u,pakai} \geq V_u/\phi$?		OK
F	Pengecekan Kebutuhan Elemen Batas Khusus				
F.1	Displacement-Based Method				
	Panjang Zona Tekan, c	21.9.6.4	Input (nilai terbesar)	mm	1850
	δ_u		Input (boleh dikosongkan)	mm	
	δ_u / h_w	21.9.6.2 (0.007)	$\max(\delta_u / h_w; 0.005)$		0.005
	Perlu Elemen Batas Khusus?	21.9.6.2 (δ_u)	$c \geq L_w / [600 * (1.5 \delta_u / h_w)]$		Perlu
	$c - 0.1 L_w$	21.9.6.4		mm	1320
	$c/2$	21.9.6.4		mm	925
	$h_c + 300$	21.9.6.4		mm	1200

Panjang Elemen Batas Khusus, L_{BE}	21.9.6.4	$\max(c - 0.1 L_u; c/2; h_c + 300)$	mm	1320
$M_u / (4 V_u)$			mm	3572.547
Tinggi Elemen Batas Khusus, h_{BE}	21.9.6.2	$\max(L_u; M_u / 4V_u)$	mm	5300
F.2 Strength-Based Method				
Luas Penampang Total, A_g			mm ²	2120000
Inersia Penampang, I_g		$1/12 * I_w * L_u^3 + 2 * [1/12 * b_w * h_w^3 + b_w * h_w * (L/2)^2]$	mm ⁴	4.96E+12
Tegangan Kondisi 1		$P_u / A_g + (M_u / I_g * L / 2)$	MPa	5.162
Tegangan Kondisi 2		$P_u / A_g + (M_u / I_g * L / 2)$	MPa	15.982
Tegangan Kondisi 3		$P_u / A_g + (M_u / I_g * L / 2)$	MPa	8.145
Tegangan Kondisi 4		$P_u / A_g + (M_u / I_g * L / 2)$	MPa	19.635
Tegangan Kondisi 5		$P_u / A_g + (M_u / I_g * L / 2)$	MPa	11.238
Tegangan Kondisi 6		$P_u / A_g + (M_u / I_g * L / 2)$	MPa	19.635
Tegangan Maksimum		$\max(\text{Tegangan Kondisi 1-6})$	MPa	19.635
Batas Tegangan	21.9.6.3	$0.2 f'_c$	MPa	6.000
Perlu Elemen Batas Khusus?	21.9.6.3	Tegangan > 0.2 f'_c ?		Perlu
Tinggi Elemen Batas Khusus, h_{BE}	21.9.6.3	$h_w - (0.15 f'_c / \text{Tegangan}) * h_w$	mm	4085
G Pengecekan Terhadap Gaya Dalam Aksial-Lentur (Menggunakan PCA Column, atau SP Column, atau CSI Column, dll)				
G.1 Daerah Kolom				
Selimit Beton, c_c		Input	mm	50
Diameter Confinement, d_c		Input	mm	13
Jumlah Kaki Sejajar Lebar Kolom, n_1		Input		7
Jumlah Kaki Sejajar Panjang Kolom, n_2		Input		3
Spasi, s		Input	mm	100
$A_{ch} 1$		$n * \pi/4 * d_c^2$	mm ²	929.126
$A_{ch} 2$		$n * \pi/4 * d_c^2$	mm ²	398.197
$A_{ch} / s, 1$			mm ² /mm	9.291
$A_{ch} / s, 2$			mm ² /mm	3.982
Lebar Penampang Inti Beton, b_c	S21.6.4.2	$b_c - 2c_c$	mm	300
Panjang Penampang Inti Beton, h_c	S21.6.4.2	$h_c - 2c_c$	mm	800
Luas Penampang Kolom, A_g		$b_c * h_c$	mm ²	360000
Luas Penampang Inti Beton, A_{ch}		$b_c * h_c$	mm ²	240000
G.1.1 Sejajar Lebar Kolom				
$A_{ch}/s \text{ min}, 1$	21.6.4.4	$0.3 (h_c * f'_c / f'_c) * (A_g / A_{ch} - 1)$	mm ²	8.571
$A_{ch}/s \text{ min}, 2$	21.6.4.4	$0.09 * h_c * f'_c / f'_c$	mm ²	5.143
Cek $A_{ch}/s 2$		$A_{ch}/s 1 \geq A_{ch}/s \text{ min} ?$		OK
G.1.2 Sejajar Panjang Kolom				
$A_{ch}/s \text{ min}, 1$	21.6.4.4	$0.3 (b_c * f'_c / f'_c) * (A_g / A_{ch} - 1)$	mm ²	3.214
$A_{ch}/s \text{ min}, 2$	21.6.4.4	$0.09 * b_c * f'_c / f'_c$	mm ²	1.929
Cek $A_{ch}/s 1$		$A_{ch}/s 2 \geq A_{ch}/s \text{ min} ?$		OK
G.2 Daerah Badan				
Selimit Beton, c_c		Input	mm	50
Diameter Confinement, d_c		Input	mm	13
Jumlah Kaki Sejajar Dinding, n_1		Input		4
Jumlah Kaki Tegak Lurus Dinding, n_2		Input		4
Spasi, s		Input	mm	100
$A_{ch} 1$		$n * \pi/4 * d_c^2$	mm ²	530.929
$A_{ch} 2$		$n * \pi/4 * d_c^2$	mm ²	530.929
$A_{ch} / s, 1$			mm ² /mm	5.309

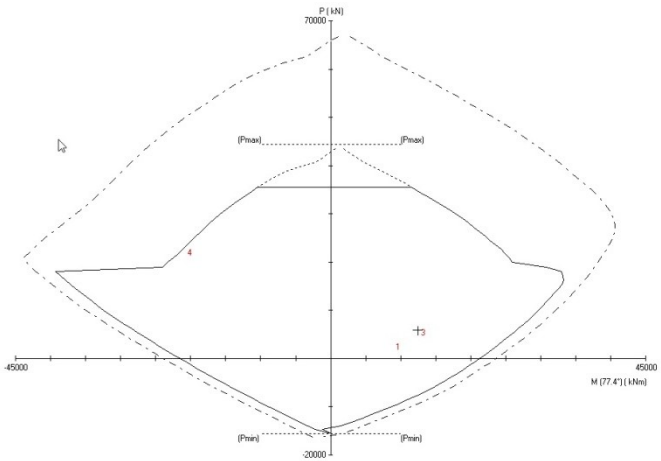
$A_{ab} / s, 2$			mm ² /mm	5.309
Panjang Daerah EBK Badan, b		LBE - h_k	mm	420
Lebar Daerah EBK (Tebal Dinding), h		tw	mm	400
Lebar Penampang Inti Beton, b_c	S21.6.4.2	$b > 2c_c$	mm	320
Panjang Penampang Inti Beton, h_c	S21.6.4.2	$h > 2c_c$	mm	300
Luas Penampang Kolom, A_g		$b * h$	mm ²	168000
Luas Penampang Inti Beton, A_{ab}		$b_c * h_c$	mm ²	96000
G.2.1 Sejajar Dinding				
A_{ab}/s min, 1	21.6.4.4	$0.3 (h_k * E' / f'_c) * (A_g / A_{ab} - 1)$	mm ²	4.821
A_{ab}/s min, 2	21.6.4.4	$0.09 * h_k * E' / f'_c$	mm ²	1.929
Cek A_{ab}/s 2		$A_{ab}/s \geq A_{ab}/s$ min ?		OK
G.2.2 Tegak Lurus Dinding				
A_{ab}/s min, 1	21.6.4.4	$0.3 (h_k * E' / f'_c) * (A_g / A_{ab} - 1)$	mm ²	5.143
A_{ab}/s min, 2	21.6.4.4	$0.09 * h_k * E' / f'_c$	mm ²	2.057
Cek A_{ab}/s 1		$A_{ab}/s \geq A_{ab}/s$ min ?		OK

2. Hasil Perhitungan Lentur dan Geser Dinding DGBK

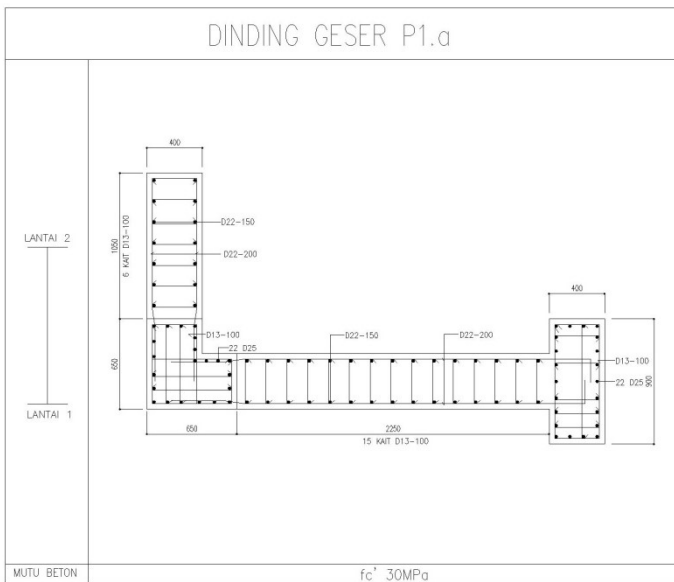
Dari perhitungan pada Tabel 4.27 dan dari program bantu *spColumn* didapatkan hasil sesuai Tabel 4.28 dan Gambar 4.20 ~ 21 sebagai berikut:

Tabel 4.29 Hasil Perhitungan Penulangan Dinding Geser Tipe P1.a

A	Hasil Perhitungan Penulangan Dinding Geser DGBK	
	Rasio Tulangan Kolom	OK
	Rasio Tulangan Longitudinal Badan	OK
	Rasio Tulangan Transversal Badan	OK
	Kapasitas Geser	OK
B	Elemen Batas Khusus (Displacement-Based)	
	Perlu Elemen Batas Khusus?	Perlu
	Panjang Elemen Batas Khusus (mm)	1320
	Tinggi Elemen Batas Khusus (mm)	5300
C	Elemen Batas Khusus (Strength-Based)	
	Perlu Elemen Batas Khusus?	Perlu
	Panjang Elemen Batas Khusus (mm)	1320
	Tinggi Elemen Batas Khusus (mm)	4085
D	Tulangan Kolom	
	Longitudinal	22 D25
	Transversal (Sejajar Lebar)	7 D13-100
	Transversal (Sejajar Panjang)	3 D13-100
E	Tulangan Badan	
	Longitudinal	2 D22-150
	Transversal	2 D22-200
	Confinement EBK (Sejajar Lebar)	4 D13-100
	Confinement EBK (Sejajar Panjang)	4 D13-100



Gambar 4.20 Diagram Interaksi Dinding Geser Tipe P1.a (*spColumn*)



Gambar 4.21 Penulangan Dinding Geser Tipe P1.a

Halaman ini sengaja dikosongkan