

II. DESAIN STRUKTUR

2.1. Deskripsi Umum Struktur

Pada bab ini disajikan secara lengkap proses desain struktur Gedung Majelis Rakyat Papua Barat. Struktur gedung terdiri dari 2 lantai yang didesain menggunakan sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK) sesuai dengan SNI 1726:2019. Elemen struktur berupa pelat lantai, balok, kolom, balok sloof dan fondasi di desain menggunakan material beton bertulang.

2.2. Spesifikasi Material Struktur

1. Baja Profil
 - a. Baja Profil yang digunakan BJ 37 dengan tegangan leleh, $f_y = 240$ MPa dan tegangan ultimit, $f_u = 370$ MPa
 - b. Modulus elastisitas baja, $E_s = 200.000$ MPa
2. Beton
 - a. Kuat tekan beton pada umur 28 hari, $f_c' = 25$ MPa (struktur bawah)
 - b. Modulus elastisitas beton, $E_c = 4700 \sqrt{f_c'} = 23025,20$ MPa
3. Baja Tulangan
 - a. Baja tulangan dengan $D > 12$ mm, digunakan baja tulangan ulir (deform) dengan tegangan leleh, $f_y = 420$ MPa
 - b. Baja tulangan dengan $D \leq 12$ mm, digunakan baja tulangan polos dengan tegangan leleh, $f_y = 280$ MPa
 - c. Modulus elastisitas baja, $E_s = 200.000$ MPa

2.3. Desain Atap Rangka Baja

2.3.1. Dasar Perhitungan

Pada dasarnya perhitungan rangka baja yaitu, perhitungan dimensi gording, perhitungan dimensi batang Tarik, perhitungan dimensi ikatan angin, perhitungan dimensi kuda-kuda, perhitungan konstruksi perletakan serta penggambaran.

2.3.2. Macam-Macam Pembebanan

Pembebanan yang digunakan pada konstruksi rangka baja (pembebanan pada kuda kuda), terdiri dari :

- a. Beban Mati
- b. Beban Hidup
- c. Beban Angin

2.3.3. Analisa Struktur

Analisa struktur pada perencanaan ini menggunakan program ETABS dan menggunakan Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural SNI (1727:2015)

2.4. Beban Rencana

2.4.1. Beban Gravitasi

Beban gravitasi ditetapkan berdasarkan SNI 1727:2013 Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain. Beban gravitasi dalam desain struktur rumah tinggal meliputi berat sendiri struktur/*dead load* (DL), beban mati tambahan/*additional dead load* (ADL), dan beban hidup/*live load* (LL). Beban-beban tersebut dijelaskan sebagai berikut :

2.4.1.1. Berat Sendiri Struktur (DL)

Berat sendiri struktur/*dead load* adalah berat dari masing-masing elemen struktur berupapelat lantai, balok, kolom, dll yang menjadi bagian dari struktur utama. Dalam pemodelan struktur dengan menggunakan *software*, berat sendiri struktur akan dihitung otomatis oleh *software* berdasarkan data berat jenis material dan dimensi elemen strukturyang diinputkan dalam software tersebut.

2.4.1.2. Beban Mati Tambahan (ADL)

Beban mati tambahan/*additional dead load* adalah beban tambahan akibat penggunaan komponen non-struktural (arsitektural dan MEP) yang melekat dan membebani struktur utama bangunan. Beban mati tambahan tersebut dijelaskan sebagai berikut:

a. Beban Mati Tambahan Pada Pelat Lantai

- Berat plafon, mekanikal, dll. $0,10 \text{ kN/m}^2$

b. Total Beban Mati Tambahan

- Dinding $= 9,6 \text{ kN/m}^2$

2.4.1.3. Beban Hidup (LL)

Beban hidup/*live load* adalah beban yang terjadi akibat penggunaan struktur bangunan. Beban hidup tersebut dapat berasal dari orang/barang yang dapat berpindah tempat. Gedung Panti Rehabilitasi termasuk dalam kategori ruang publik menurut 1727:2013 sehingga beban hidup ditetapkan sebagai berikut :

- Beban hidup $= 1 \text{ kN/m}^2$

2.4.2. Beban Gempa

Beban gempa ditetapkan berdasarkan SNI 1726:2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung. Langkah-langkah perhitungan beban gempa disajikan sebagai berikut :

2.4.2.1. Menentukan Kategori Resiko Bangunan(I-IV)

Kategori risiko bangunan ditentukan berdasarkan fungsi operasional/jenis pemanfaatan dari suatu bangunan. Dalam SNI 1726:2019, kategori risiko bangunan dibedakan menjadi 4 jenis yaitu kategori risiko I, II, III, dan IV Dalam pekerjaan ini, struktur gedung perkantoran termasuk dalam kategori bangunan umum sehingga ditetapkan sebagai kategori risiko bangunan III bisa dilihat dalam SNI 1726 : 2019 tentang Kategori risiko bangunan Gedung dan nongedung untuk beban gempa .

2.4.2.2 Menentukan Faktor Keutamaan Gempa (I_e)

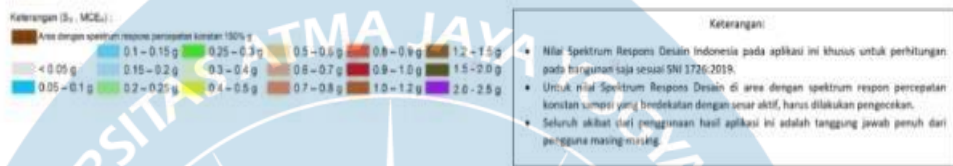
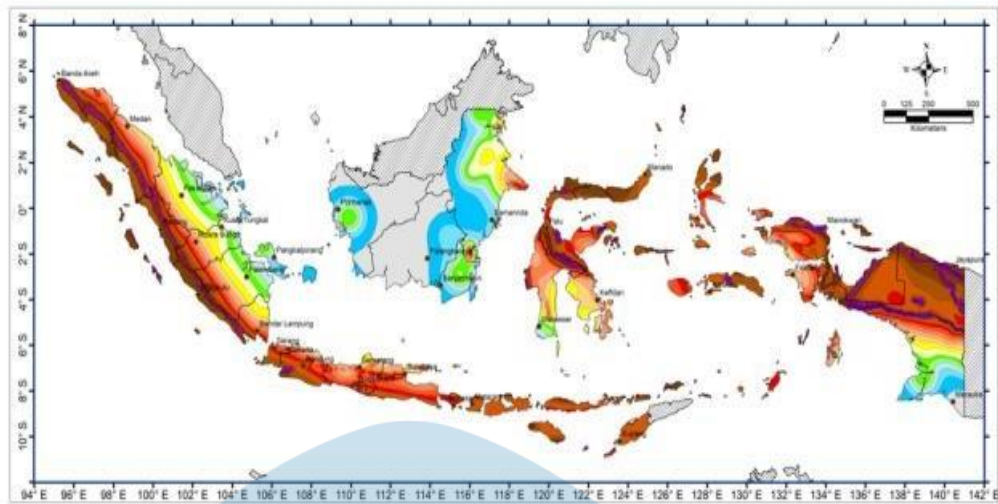
Faktor keutamaan gempa ditentukan berdasarkan kategori risiko bangunan. Dalam Tabel 2.1 disajikan faktor keutamaan gempa (I_e) sesuai dengan SNI 1726:2019. Dalam pekerjaan ini, struktur rumah tinggal termasuk dalam kategori risiko bangunan III sehingga faktor keutamaan gempa (I_e) ditetapkan sebesar 1,25.

Tabel 2. 1 Faktor keutamaan gempa (I_e)

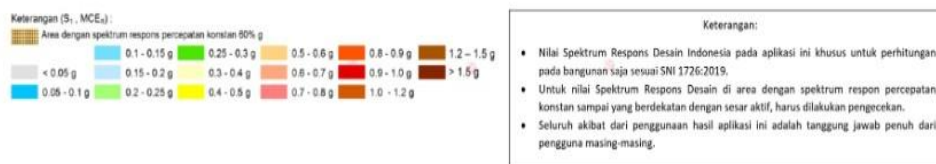
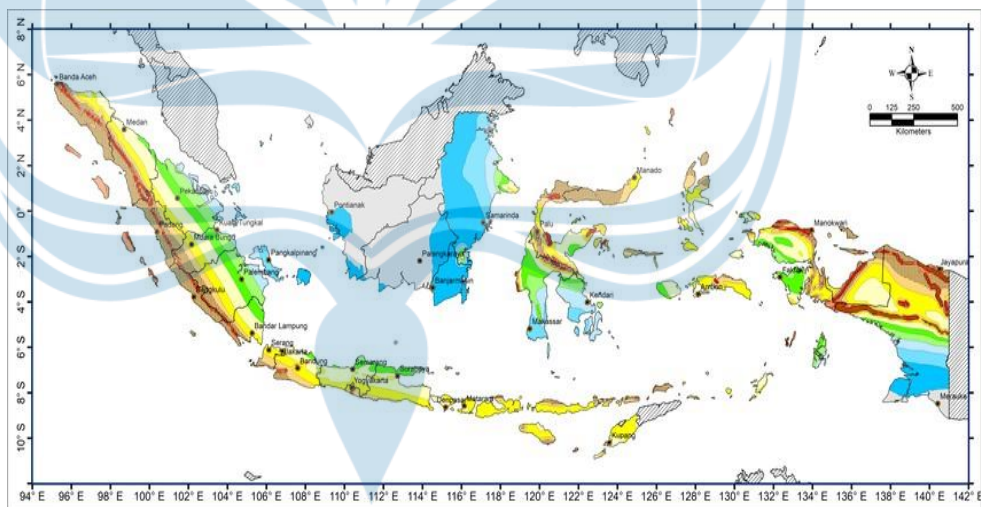
Kategori Risiko	Faktor Keutamaan Gempa, (I_e)
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

2.4.2.3 Menentukan Parameter Percepatan Tanah (S_s dan S_1)

Parameter percepatan tanah (S_s dan S_1) dipengaruhi oleh properti tanah pada lokasi proyek. Nilai S_s dan S_1 digunakan untuk menentukan respons spektral percepatan gempa MCER di permukaan tanah, dimana S_s dan S_1 berturut-turut merupakan parameter respons spektral percepatan gempa MCER terpetakan untuk periode pendek dan periode 1,0 detik. Pada gambar 2.1 dan 2.2 b disajikan nilai S_s dan S_1 untuk gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCER) pada batuan dasar. Dalam pekerjaan ini, lokasi bangunan berada di Kota Yogyakarta sehingga digunakan nilai $S_s = 0.78$ g dan $S_1 = 0.38$ g.



Gambar 2. 1 Ss, gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget(MCER) pada batuan dasar untuk periode pendek (0,2 detik)
(Sumber: SNI 1726:2019)



Gambar 2. 2 S1 gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko tertarget (MCER) pada batuan dasar untuk periode 1 detik
(Sumber: SNI 1726:2012)

2.4.2.4 Menentukan Klasifikasi Situs (SA - SF)

Karakteristik lokasi proyek khususnya yang berhubungan dengan aspek geoteknik harus diidentifikasi dengan baik dalam proses perencanaan melalui kegiatan penyelidikan lokasi proyek (*site investigation*). Kegiatan penyelidikan lokasi proyek ini dapat berupa penyelidikan tanah di lapangan dan di laboratorium. Selanjutnya hasil dari penyelidikan lokasi proyek tersebut akan digunakan sebagai dasar dalam penentuan klasifikasi situs. Dalam SNI 1726:2019 klasifikasi situs dibedakan menjadi 6 jenis yaitu SA (batuan keras), SB (batuan), SC (tanah keras), SD (tanah sedang), SE (tanah lunak), dan SF (tanah khusus) dari tabel kami menggunakan kelas situs SD (Tanah sedang) dengan nilai yang tertera pada tabel. (lihat Tabel 2.2).

Tabel 2. 2 Klasifikasi situs

Kelas situs	(m/detik)	$\bar{N}_{atau} \bar{N}_{ch}$	$\bar{S}u$ (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai i1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai i750	>50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai i350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	<175	<15	<50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut: 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w \geq 40\%$ 3. Kuat geser niralir, $Su < 25$ kPa		

<p>SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik- situs yang mengikuti 0 berdasarkan Pasal 6.10.1)</p>	<p>Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salahsatu ataulebih dari karakteristik berikut:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat bebangempa seperti mudah likuifaksi,lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah 2. Lempung sangat organik dan/atau gambut(ketebalan $H > 3$ m) 3. Lempung berplastisitas sangat tinggi(ketebalan $H > 7,5$ m dengan indeks plasitisitas, $PI > 75$)
	<p>Lapisan lempung lunak/setengah teguh denganketebalan $H > 35$ m dengan $S_u < 50$ kPa</p>

Catatan: N/A = tidak dapat dipakai

Berdasarkan hasil uji N-SPT yang dilakukan di lapangan, site proyek pekerjaan ini termasuk dalam klasifikasi situs SD (tanah sedang). Data N-SPT selengkapnya dapat dilihat dalam laporan penyelidikan tanah.

2.4.2.5 Menentukan Koefisien Situs (F_a dan F_v)

Faktor amplifikasi pada periode 0,2 detik (F_a) dan 1 detik (F_v) bertujuan untuk mengetahui respons spektral percepatan gempa MCER terpetakan di permukaan tanah. Faktor amplifikasi tersebut ditentukan sesuai kelas situs dan parameter percepatan tanah. Faktor amplifikasi pada periode 0,2 detik (F_a) ditentukan oleh kelas situs dan parameter respons spektral percepatan gempa MCER terpetakan untuk periode 0,2 detik (S_s). Sedangkan faktor amplifikasi pada periode 1 detik (F_v) ditentukan oleh kelas situs dan parameter respons spectral percepatan gempa MCER

terpetakan untuk periode 1 detik (S_1). Penentuan koefisien situs (F_a dan F_v) didasarkan pada Tabel 2.3 dan 2.4.

Tabel 2. 3 Koefisien Situs, F_a

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCER) terpetakan pada periode pendek, $T = 0,2$ detik, S_s					
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s = 1,25$	$S_s \geq 1,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
SC	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0
SE	2,4	1,7	1,3	1,1	0,9	0,8
SF	S_s^a					

Tabel 2. 4 Koefisien Situs, F_v

Kelas Situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCER) terpetakan pada periode 1 detik, S_1					
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 = 0,5$	$S_1 \geq 0,6$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SC	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4
SD	2,4	2,3	2,0	1,9	1,8	1,7
SE	4,2	3,3	2,8	2,4	2,2	2,0
SF	S_1^a					

Catatan:

- (a) Untuk nilai-nilai antara S_1 , dapat dilakukan interpolasi linier
- (b) $S_s =$ situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs- spesifik, lihat Pasal 6.10.1

Berdasarkan Tabel 2.3 dan Tabel 2.4, untuk kelas situs SD (tanah sedang) didapatkan nilai F_a dan F_v berturut-turut 1 dan 1,9. Selanjutnya nilai F_a dan F_v tersebut digunakan untuk menentukan parameter spektrum respons percepatan pada periode pendek (S_{MS}) dan periode 1 detik (S_{M1}) yang dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$S_{MS} = F_a \times S_s = 0,93 \text{ g} \quad (2.1)$$

$$S_{M1} = F_v \times S1 = 0,74 \text{ g} \quad (2.2)$$

2.4.2.6 Menghitung Parameter Percepatan Desain (SDS dan SD1)

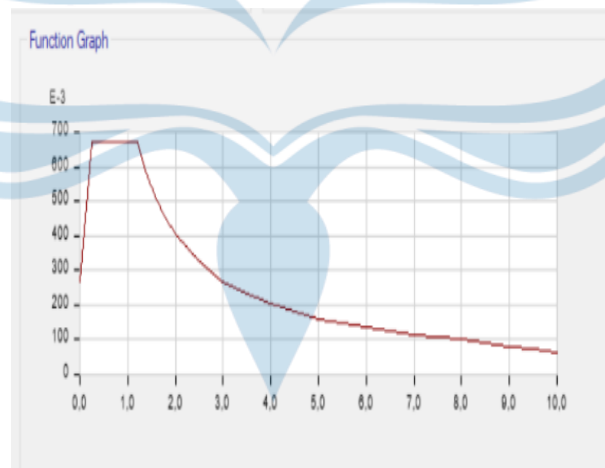
Pada langkah sebelumnya sudah didapatkan nilai SMS dan SM1. Selanjutnya berdasarkan nilai SMS dan SM1 tersebut, parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek 0,2 detik (SDS) dan periode 1 detik (SD1) perlu ditetapkan untuk menyusun kurva respons spektra. Nilai SDS dan SD1 dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$SDS = 2/3 \times SMS = 0,62 \text{ g} \quad (2.3)$$

$$SD1 = 2/3 \times SM1 = 0,49 \text{ g} \quad (2.4)$$

2.4.2.7 Menyusun Kurva Respons Spektra Desain

Berdasarkan parameter respons spektra yang dihitung pada tahap sebelumnya, kurva respons spektra desain dapat disusun sebagai berikut (lihat Tabel 2.5 dan Gambar 2.3):



Gambar 2. 3 Kurva respon spectra
(Sumber : Etabs 2018)

Tabel 2. 5 Parameter Respon Spektrum

T	Sa
0,000	0,2490
0,050	0,3664
0,100	0,4837
0,150	0,6011
0,159	0,6225
0,200	0,6225
0,250	0,6225
0,300	0,6225
0,350	0,6225
0,400	0,6225
0,450	0,6225
0,500	0,6225
0,550	0,6225
0,600	0,6225
0,650	0,6225
0,700	0,6225
0,750	0,6225
0,796	0,6225

2.4.2.8 Menentukan Kategori Desain Seismik (KDS: A - F)

Struktur yang didesain harus ditetapkan termasuk dalam kategori desain seismik (KDS) sesuai dengan Pasal 6.5 SNI 1726:2019. Dalam menentukan KDS disajikan kategori desain seismik yang didasarkan pada hubungan S_{DS} dan S_{D1} dengan KDS pada tabel SNI 1726 :2019 mengenai kategori desai seismic berdasarkan parameter respons percepatan pada kategori pendek dan pada kategori 1 detik sehingga dari tabel bisa ditentukan kategori yang dipakai adalah kategori D, dengan $0,50 \leq S_{DS}$ dan pada periode 1 detik $0,20 \leq S_{D1}$

2.4.2.9 Menentukan Sistem dan Parameter Struktur (R, Cd, Ω_0)

Sistem pemikul gaya seismik yang berbeda diizinkan untuk digunakan menahan gaya seismik di masing-masing arah kedua sumbu ortogonal struktur. Bila sistem yang berbeda digunakan, masing-masing nilai R, Cd, dan Ω_0 harus diterapkan pada setiap sistem, termasuk batasan sistem struktur yang termuat dalam tabel 12 di SNI

1726 : 2019 tentang factor R , C_D , Ω_0 untuk sistem penahan gaya gempa , maka sistem struktur penahan gaya gempa yang digunakan pada struktur rumah tinggal adalah SRPMK sehingga diperoleh parameter struktur sebagai berikut: $R = 8$, $\Omega_0 = 3$, dan $C_d = 5,5$.

2.4.2.10 Menentukan Fleksibilitas Diafragma

Untuk struktur yang mempunyai ketidakberaturan struktur horizontal, diafragma harus dimodelkan sebagai semi-rigid. Dalam pekerjaan ini, struktur rumah tinggal tidak memiliki ketidakberaturan struktur horizontal sehinggadiafragma dimodelkan sebagai diafragma rigid.

2.4.2.11 Menentukan Faktor Redundansi (ρ)

Faktor redundansi (ρ) harus dikenakan pada sistem struktur penahan gaya gempa pada masing-masing kedua arah ortogonal untuk semua struktur sesuai dengan Pasal 7.3.4 SNI 1726:2019.

Nilai ρ dapat diambil sama dengan 1,0 jika masing-masing tingkat yang menahan lebih dari 35% gaya geser dasar pada arah yang ditinjau harus memenuhi persyaratan Tabel 2.6.

Tabel 2. 6 Elemen Penahan

Elemen Penahan	Persyaratan
Gaya Lateral	
Rangka dengan bresing	Penghilangan suatu bresing individu, atau sambungan yang terhubung, tidak akan mengakibatkan reduksi kekuatan tingkat lebihdari 33 %, dan tidak akan menghasilkan sistem dengan ketidakberaturan torsi yang berlebihan (ketidakberaturan struktur horizontal Tipe 1b).
Rangka pemikul momen	Kehilangan tahanan momen di sambungan balok-kolom di keduaujung suatu balok tunggal tidak akan mengakibatkan reduksi kekuatan tingkat lebih dari 33%, dan tidak akan menghasilkan sistem dengan ketidakberaturan torsi yang berlebihan (ketidakberaturan struktur horizontal Tipe 1b).

Dinding geser atau pilar dinding dengan rasio tinggi terhadap panjang lebih besar dari 1,0	Penghilangan suatu dinding geser atau pilar dinding dengan rasio tinggi terhadap panjang lebih besar dari 1,0 di sebarang tingkat, atau sambungan kolektor yang terhubung, tidak akan mengakibatkan reduksi kekuatan tingkat lebih dari 33 %, dan tidak akan menghasilkan sistem dengan ketidakberaturan torsi yang berlebihan (ketidakberaturan struktur horizontal Tipe 1b).
Kolom kantilever	Kehilangan tahanan momen di sambungan dasar pada sebarang kolom kantilever tunggal tidak akan mengakibatkan reduksi kekuatan tingkat lebih dari 33 %, dan tidak akan menghasilkan sistem dengan ketidakberaturan torsi yang berlebihan (ketidakberaturan struktur horizontal Tipe 1b).
Lainnya	Tidak ada persyaratan

Ketentuan lain yang mengizinkan ρ dapat diambil sama dengan 1,0 adalah jika struktur dengan denah teratur di semua tingkat asalkan sistem penahan gaya gempa terdiri dari paling sedikit dua bentang perimeter penahan gaya gempa yang merangka pada masing-masing sisi struktur dalam masing-masing arah ortogonal di setiap tingkat yang menahan lebih dari 35% gaya geser dasar. Jumlah bentang untuk dinding geser harus dihitung sebagai panjang dinding geser dibagi dengan tinggi tingkat atau dua kali panjang dinding geser dibagi dengan tinggi tingkat untuk konstruksi rangka ringan. Jika kondisi tersebut tidak dipenuhi maka, ρ harus diambil sama dengan 1,3, pekerjaan ini pakai 1,3.

2.4.2.12 Memilih Prosedur Analisis Gaya Lateral/Gempa (ELF, RS, TH)

Beban gempa yang diatur dalam SNI 1726:2019 dapat dikerjakan melalui 3 jenis prosedur analisis yaitu analisis gaya lateral ekuivalen (equivalent lateral forces), analisis spektrum respons raga (respons spectra), dan prosedur riwayat respons seismik (time history). Prosedur analisis beban gempa yang diizinkan untuk digunakan dipengaruhi oleh kategori desain seismik dan karakteristik struktur seperti yang disajikan dalam Tabel 2.7. Berdasarkan Tabel 2.7, dalam pekerjaan ini diizinkan untuk menggunakan analisis spektrum respons ragam sebagai prosedur analisis beban gempa.

Tabel 2. 7 Kategori Desain Seismik

Kategori Desain Seismik	Karakteristik Struktur	Analisis Gaya Lateral Ekivalen (pasal 7.8)	Analisis Spektrum Respons Ragam (Pasal 7.9)	Prosedur Riwayat Respons Seismik (Pasal 11)
B,C	Semua struktur lainnya	I	I	I
D, E, F	Bangunan lainnya dengan kategori risiko I atau II dengan ketinggian tidak melebihi 2 tingkat	I	I	I
	Struktur tanpa ketidakberaturan struktural dan ketinggiannya tidak melebihi 48,8 m	I	I	I
	Struktur tanpa ketidakberaturan struktural dan ketinggian melebihi 48,8 m dan $T < 3,5 T_S$	I	I	I
	Struktur dengan ketinggian tidak melebihi 48,8 m dan hanya memiliki ketidakberaturan horizontal tipe 2,3,4 atau 5 atau ketidakberaturan vertikal tipe 4, 5a atau 5b	I	I	I
	Semua struktur lainnya	TI	I	I

CATATAN

I: Diizinkan, TI: Tidak Diizinkan

2.4.2.13 Menghitung Beban Gempa dengan Prosedur Gaya Lateral Ekuivalen (ELF)

Prosedur analisis gaya lateral ekuivalen (ELF) didasarkan pada respons ragam pertama (first modes). Prosedur analisis ini berlaku hanya untuk struktur reguler dengan $T < 3,5 T_s$ (dimana $T_s = S_{D1}/S_{DS}$). Jika hal tersebut tidak dipenuhi maka harus digunakan prosedur analisis dinamik yaitu analisis spektrum respons ragam atau prosedur riwayat waktu. Secara umum besar gayagempa yang dihasilkan oleh prosedur analisis ELF adalah fungsi dari berat seismik efektif (W_t) dan koefisien respons seismik (C_s). Selanjutnya gayagempa tersebut didistribusikan ke setiap tingkat dari struktur gedung yang akan didesain. Gaya gempa hasil dari prosedur analisis ELF perlu dihitung karena jika digunakan prosedur analisis dinamik, gaya gempa yang dihasilkan perlu dibandingkan dengan gaya gempa hasil dari prosedur analisis ELF. Langkah perhitungan gaya gempa dengan prosedur analisis ELF disajikan sebagai berikut:

1. Menentukan Periode Fundamental Alami Struktur (T)

Periode fundamental alami struktur akan menentukan nilai koefisien respons seismik (C_s) yang juga akan menentukan nilai gaya geser dasar seismik (V_{ELF}). Jika periode struktur yang lebih akurat (T_c) tidak dimiliki maka periode struktur yang digunakan dapat diambil sebesar T_a .

Periode fundamental pendekatan (T_a) ditentukan dengan berdasarkan persamaan: $T_a = C_t \cdot h_n^x$. Dimana h_n adalah ketinggian struktur (dalam m), sedangkan koefisien C_t dan x ditentukan berdasarkan Tabel 2.8

Tabel 2. 8 Nilai parameter periode pendekatan C_t dan x .

Tipe Struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka memikul 100 % gaya seismik yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya seismik: <ul style="list-style-type: none"> Rangka baja pemikul momen 	0,072	0,8

• Rangka beton pemikul momen	0,046 6	4 0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,073 1	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,073 1	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,048 8	0,75

Nilai koefisien untuk batas atas periode struktur yang dihitung (C_u) ditetapkan berdasarkan Tabel 2.9.

Tabel 2. 9 Koefisien untuk batas atas pada 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

Pada pekerjaan ini, tipe struktur yang digunakan adalah rangka beton pemikul momen sehingga didapatkan nilai $C_t = 0,0466$ dan $x = 0,9$. Selanjutnya berdasarkan nilai $SD1 = 0,49$ g didapatkan koefisien $C_u = 1,4$. Sehingga didapatkan nilai $T_a = 0,512$ detik dan $C_u \cdot T_a = 0,716$ detik. Sehingga, periode struktur yang digunakan dalam analisis beban gempa dengan prosedur ELF adalah 0,716 detik.

2. Menentukan Koefisien Respons Seismik (C_s)

Koefisien respons seismic (C_s) ditentukan berdasarkan persamaan berikut: $C_s = S_{DS} / (R/I_e)$

$$(2.5)$$

Nilai C_s yang dihitung sesuai dengan persamaan di atas tidak perlu melebihi nilai C_s yang dihitung dengan persamaan berikut :

Untuk $T \leq T_L$

$$C_s = S_{D1} / (T \times (R/I_e)) \quad (2.6)$$

Untuk $T > T_L$

$$C_s = (S_{D1} \times T_L) / (T^2 \times (R/I_e)) \quad (2.7)$$

Namun nilai C_s harus tidak kurang dari :

$$C_s = 0,44 \times S_{DS} \times I_e \geq 0,01 \quad (2.8)$$

Sebagai tambaha, untuk struktur yang berlokasi di daerah di mana S_1 samadengan atau lebih besar dari 0,6g, maka C_s harus tidak kurang dari :

$$C_s = (0,5 \times S_1) / (R/I_e) \quad (2.9)$$

Pada pekerjaan ini, hasil perhitungan koefisien respons seismic (C_s) adalah sebagai berikut :

$$C_s = S_{DS} / (R / I_e) = 0.125$$

$$C_s = S_{D1} (T \times (R / I_e)) = 0.120$$

$$C_s = 0,044 S_{DS} \cdot I_e \leq 0.044$$

3. Menentukan Berat Seismik Efektif (W)

Berat seismik efektif struktur (W) harus menyertakan seluruh beban mati dan beban lainnya yang termasuk dalam daftar berikut ini:

- Dalam daerah yang digunakan untuk penyimpanan: minimum sebesar 25% beban hidup lantai (beban hidup lantai di garasi publik dan struktur parkir terbuka, serta beban penyimpanan yang tidak melebihi 5% dari berat seismik efektif pada suatu lantai, tidak perlu disertakan)
- Jika ketentuan desain beban lantai untuk partisi disyaratkan SNI 1727 pasal 4.3.2, sebesar beban terbesar antara berat partisi aktual atau berat daerah lantai minimum sebesar 0,48 kN/m²
- Berat operasional total dari peralatan yang permanen
- Berat lansekap dan beban lainnya pada taman atap dan luasan sejenis lainnya

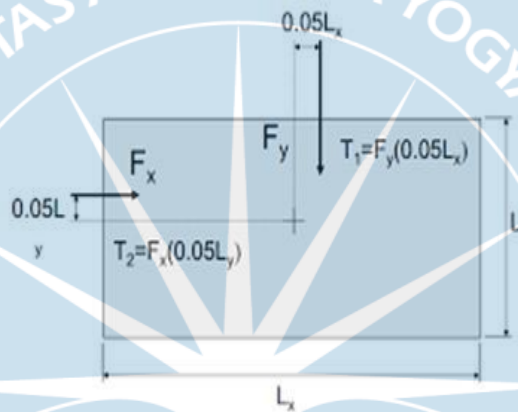
Dalam pekerjaan ini, berdasarkan hasil perhitungan didapatkan berat seismik efektif (W) = 141436 kN.

4. Menghitung Gaya Geser Dasar Seismik (VELF)

Gaya geser dasar seismik (VELF) dapat dihitung dengan operasi perkalian antara koefisien respon seismik (C_s) dengan berat seismik efektif struktur (W). $V = 17.679,50$ Kn

2.4.2.14 Menghitung dan Menambahkan Beban Torsi

Struktur Gedung untuk semua kategori desain seismik (KDS) harus mempertimbangkan torsi rencana dan torsi tak terduga. Torsi tak terduga dikerjakan pada model struktur dengan memberikan eksentrisitas sebesar 5% masing-masing pada arah sumbu X dan Y (lihat Gambar 2.4).



Gambar 2. 4 Torsi Tak Terduga

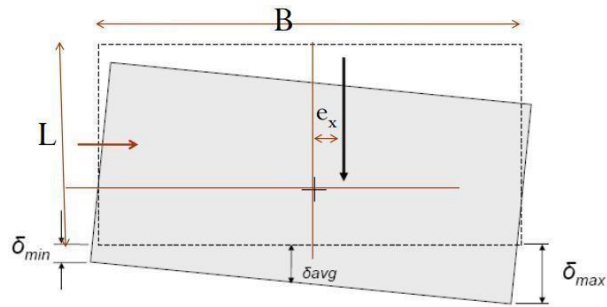
Apabila struktur gedung termasuk dalam kategori desain seismik C, D, E, dan F serta memiliki ketidakberaturan torsi 1a dan 1b maka harus mempertimbangkan adanya pembesaran torsi tak terduga (lihat Gambar 2.5).

Pembesaran torsi tak terduga dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$e_x = e_{ox} + (0,05 B A_x)$$

$$e_y = e_{oy} + (0,05 L A_y)$$

dimana, e_{ox} dan e_{oy} adalah eksentrisitas bawaan, sedangkan $0,05 B A_x$ dan $0,05 L A_y$ adalah eksentrisitas tak terduga



Gambar 2. 5 Pembesaran Torsi Tak Terduga

Pada pekerjaan ini, struktur gedung termasuk dalam kategori desain seismik (KDS) D namun tidak terjadi ketidakberaturan torsi 1a dan 1b sehingga tidak perlu mempertimbangkan pembesaran torsi tak terduga (cukup mempertimbangkan torsi tak terduga dengan memberikan eksentrisitas sebesar 5% masing-masing pada arah sumbu X dan Y).

2.5. Kombinasi Beban Rencana

Kombinasi beban ultimit ditetapkan berdasarkan Pasal 5.3.1 SNI 2847:2019 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan, yaitu sebagai berikut :

1. 1,4DL
2. 1,2DL + 1,6LL + 0,5 (Lr atau R)
3. 1,2DL + 1,6 (Lr atau R) + (1,0L atau 0,5W)
4. 1,2DL + 1,0W + 1,0LL + 0,5 (Lr atau R)
5. 1,2DL + 1,0E + 1,0LL
6. 0,9DL + 1,0W
7. 0,9DL + 1,0E

Untuk kombinasi beban nomor 5 dan 7 yang merupakan kombinasi beban gempa, diatur secara khusus dalam pasal 7.4 SNI 1726:2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan NonGedung

Untuk kombinasi beban layan ditetapkan berdasarkan berdasarkan Pasal 4.2.3 SNI 2847:2019 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan, yaitu sebagai berikut:

1. DL
2. DL + LL
3. DL + (Lr atau R)
4. DL + 0,75LL + 0,75(Lr atau R)
5. DL + (0,6W)
6. DL + 0,75(0,6W) + 0,75LL + 0,75(Lr atau R)
7. 0,6DL + 0,6W

dimana,

DL = Beban mati (berat sendiri struktur dan beban mati

tambahan) LL = Beban hidup

Lr = Beban hidup pada struktur atap R = Beban hujan W = Beban angin

Ex = Beban gempa arah x Ey = Beban gempa arah y

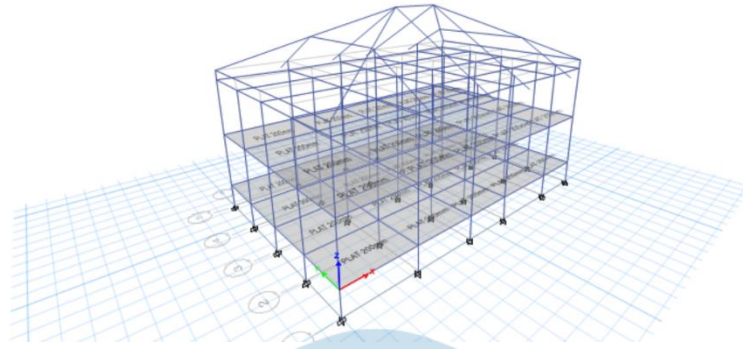
ρ = Faktor redundansi

S_{DS} = Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek 0,2 detik

2.6. Pemodelan Struktur

Pemodelan struktur dilakukan untuk mengetahui gaya-gaya dalam yang terjadi pada elemen struktur serta perilaku struktur akibat beban yang bekerja. Hasil dari pemodelan struktur digunakan sebagai dasar untuk mendesain dimensi penampang elemen struktur yang diperlukan. Model struktur dikerjakan dengan beberapa idealisasi. Sebagai contoh, pelat lantai diidealisasikan sebagai elemen shell, sedangkan balok dan kolom diidealisasikan sebagai elemen frame. Pemodelan struktur yang dilakukan mampu mengakomodasi pengaruh kerusakan baja ketika terjadi gempa yaitu melalui reduksi momen inersia penampang elemen struktur.

Struktur gedung ini didesain dengan menggunakan sistem struktur berupa struktur rangka pemikul momen khusus (SRPMK). Struktur tersebut dimodelkan dalam model 3 dimensi (3D Models) menggunakan bantuan software (lihat Gambar 2.6).



Gambar 2. 6 Model struktur Gedung

a. Definisi Material

Material yang digunakan dalam Analisa struktur adalah sebagai

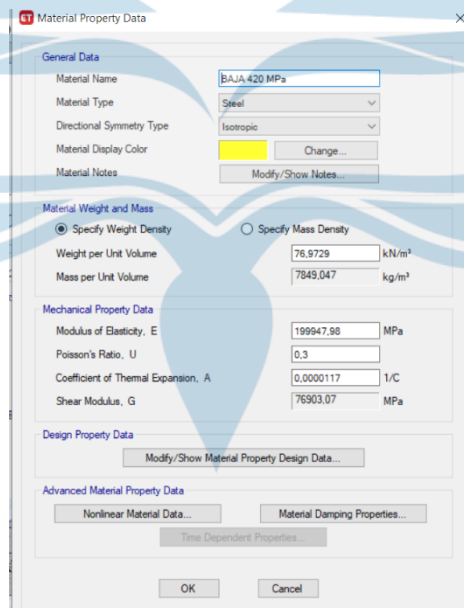
berikut: Baja : f_y 240 MPa, f_u 370 MPa

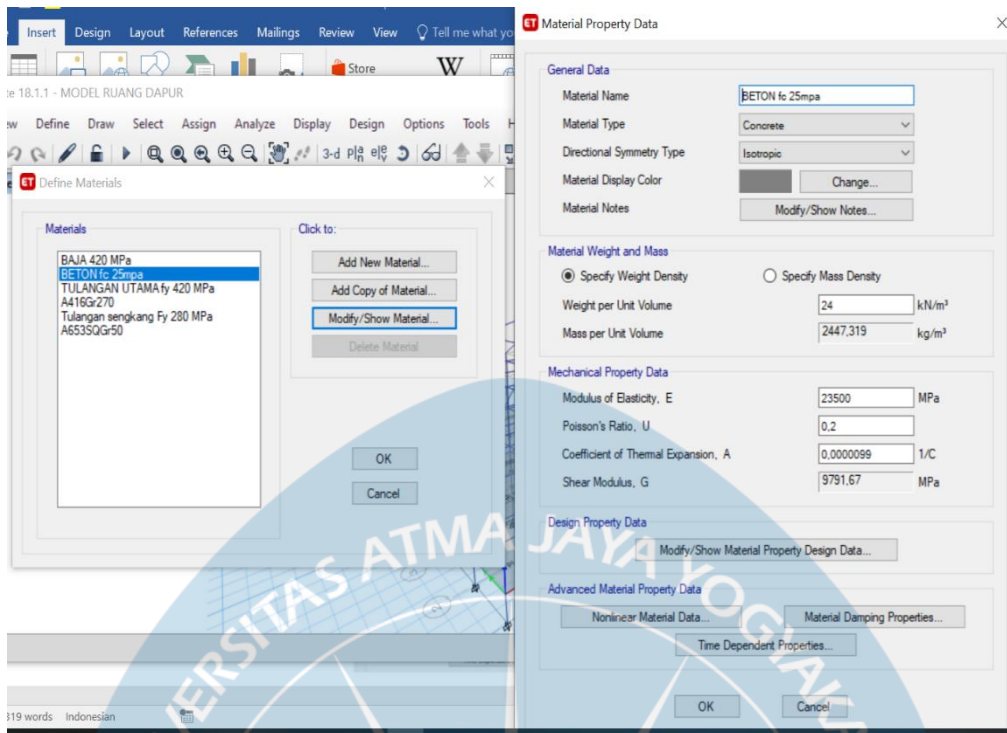
Beton : f_c' 24. MPa

Baja Tulangan Ulir : f_y 280

MPa Baja Tulangan Polos : f_y 280

MPa

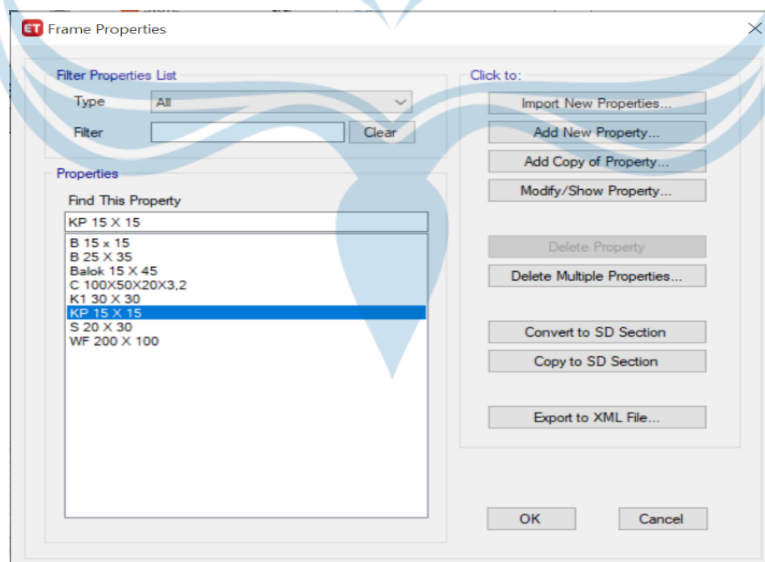




Gambar 2. 7. Material Properties

b. Definisi Profil Balok dan Kolom

Penampang balok dan kolom di definisikan sebagai berikut :



Gambar 2. 8 Section Properties

Beberapa Section Propertie

The image displays two software dialog boxes for defining frame section properties and reinforcement data. A large watermark for Universitas Satma Jaya Yogyakarta is overlaid on the center of the image.

Frame Section Property Data

General Data

- Property Name: K1 30 X 30
- Material: BETON f_c 25mpa
- Notional Size Data: Modify/Show Notional Size...
- Display Color: [Yellow] Change...
- Notes: Modify/Show Notes...

Shape

- Section Shape: Concrete Rectangular

Section Property Source

- Source: User Defined

Section Dimensions

- Depth: 300 mm
- Width: 300 mm

Property Modifiers

- Modify/Show Modifiers... (Currently User Specified)

Reinforcement

- Modify/Show Rebar...

Buttons: OK, Cancel

Include Automatic Rigid Zone Area Over Column

Frame Section Property Reinforcement Data

General Data

- Property Name: [Empty]
- Material: [Empty]
- Notional Size Data: [Empty]
- Display Color: [Empty]
- Notes: [Empty]

Design Type

- P-M2-M3 Design (Column)
- M3 Design Only (Beam)

Rebar Material

- Longitudinal Bars: TULANGAN UTAMA f_y 420 MP
- Confinement Bars (Ties): Tulangan sengkang Fy 280 MP

Reinforcement Configuration

- Rectangular
- Circular

Confinement Bars

- Ties
- Spirals

Check/Design

- Reinforcement to be Checked
- Reinforcement to be Designed

Longitudinal Bars

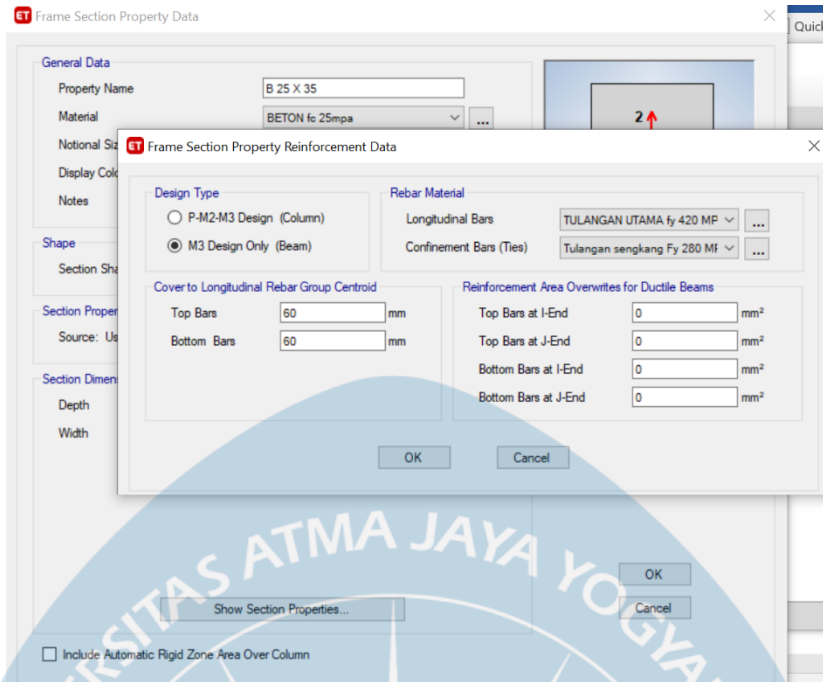
- Clear Cover for Confinement Bars: 40 mm
- Number of Longitudinal Bars Along 3-dir Face: 3
- Number of Longitudinal Bars Along 2-dir Face: 4
- Longitudinal Bar Size and Area: 20 mm, 314 mm²
- Comer Bar Size and Area: 20 mm, 314 mm²

Confinement Bars

- Confinement Bar Size and Area: 10 mm, 79 mm²
- Longitudinal Spacing of Confinement Bars (Along 1-Axis): 150 mm
- Number of Confinement Bars in 3-dir: 3
- Number of Confinement Bars in 2-dir: 3

Buttons: OK, Cancel

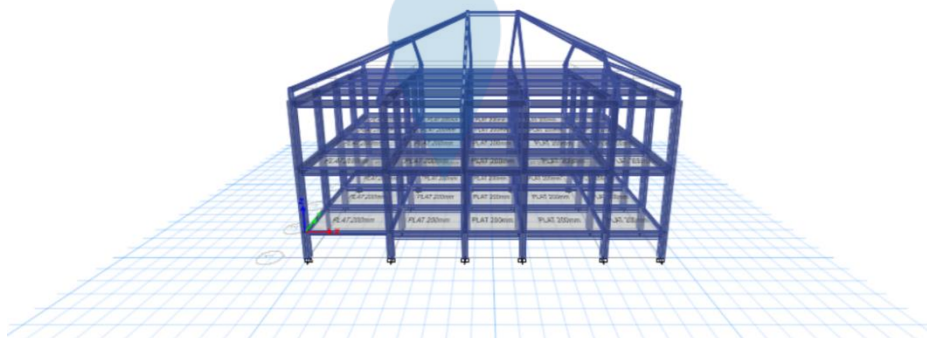
Include Automatic Rigid Zone Area Over Column



Gambar 2. 9 Section Propertion Balok dan Kolom

c. Pemodelan 3D Struktur

Setelah material dan section properties sudah lengkap, langkah selanjutnya adalah membuat model 3D. Model mengakomodasi semua ukuran balok dan kolom, beserta tulangan yang direncanakan untuk terpasang ditunjukkan pada Gambar 2.10 berikut ini.

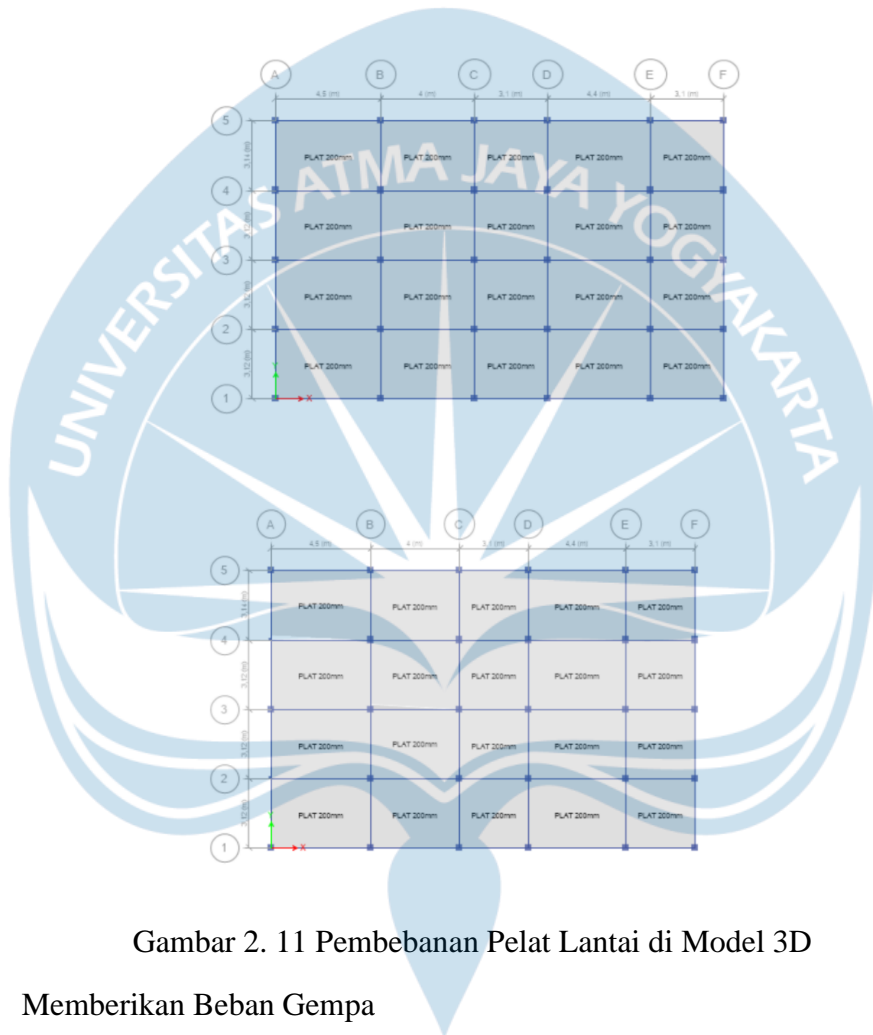


Gambar 2. 10 Model 3D gedung

d. Memberikan Beban yang Bekerja

Secara garis besar, beban yang bekerja pada struktur ini dibedakan menjadi:

- beban mati (berat sendiri baja, beban dinding),
- beban mati tambahan (plafond, mekanikal,dll)
- beban hidup (beban yang bekerja), dan
- beban gempa. (respons spektrum)



Gambar 2. 11 Pembebanan Pelat Lantai di Model 3D

e. Memberikan Beban Gempa

Beban gempa dimodelkan dalam Program dengan fungsi respon spectrum. Perhitungandan besaran dapat dilihat pada bagian Input data – respon spektrum. Setelah didapat grafik respon spektrum, grafik kemudian di input ke dalam program, seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2.12 berikut.



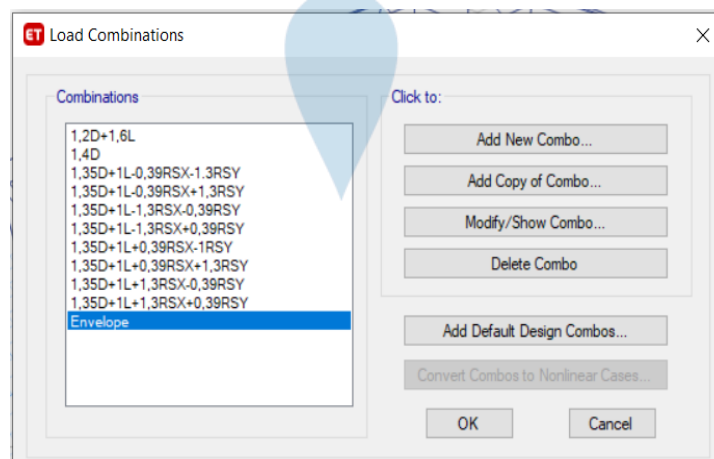
Gambar 2. 12 Input Beban Gempa

Setelah beban gempa berhasil masuk, dilakukan kombinasi pembebanan yang memungkinkan beberapa beban ekstrim bekerja bersamaan.

f. Memberikan Kombinasi dan Faktor Pembebanan

Kombinasi pembebanan yang digunakan mengacu pada SNI 1726:2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan NonGedung, dalam laporan ini pembahasan kombinasi pembebanan dilakukan pada bagian Input Data

- Kombinasi Pembebana

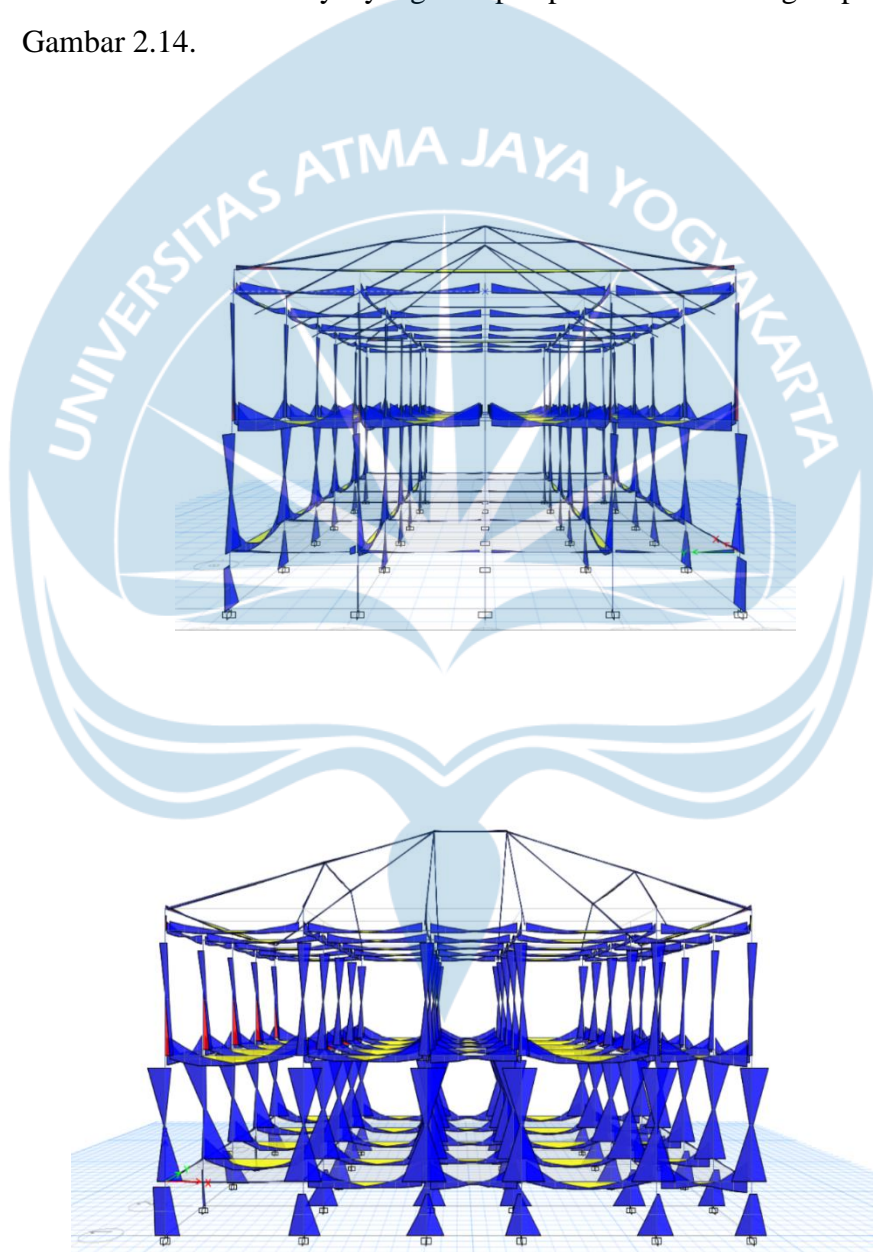


Gambar 2. 13 Input Kombinasi Beban

g. Running Program

Setelah semua gaya terpasang, beberapa perlakuan terhadap struktur dilakukan seperti pemberian *mass source* dan diafragma, setelah itu dilakukan running program.

Hasil dari running program adalah berupa gaya gaya dalam yang bekerja pada balok dan kolom struktur. Gaya ini adalah kunci dalam menganalisa kekuatan struktur itu sendiri. Gaya yang didapat pada hasil running dapat dilihat pada Gambar 2.14.



Gambar 2. 14 Gaya yang bekerja, Hasil Running

h. Hasil Gaya Dalam

Gaya yang sudah di dapat kemudian diexport ke dalam excel, dan dilakukan analisa. Setiap elemen struktur dicek nilai keamanannya. Hasil pengecekan juga ditampilkan dalam excel seperti pada lampiran.

2.7. Pengecekan Perilaku Stuktur

2.7.1. Pengecekan Periode Fundamental Struktur

Pada pekerjaan ini, tipe struktur yang digunakan adalah rangka baja pemikul momen sehingga didapatkan nilai $C_t = 0,0466$ dan $x = 0,9$. Selanjutnya berdasarkan nilai $SD1 = 0,49$ g didapatkan koefisien $C_u = 1,4$. Sehingga didapatkan nilai $T_a = 0.512$ detik dan $C_u.T_a = 0.989$ detik. Sehingga, periode struktur yang digunakan adalah $T = 0,716$ detik.

2.7.2. Pengecekan Modal Participation Mass Ratio

Berdasarkan hasil pemodelan struktur, rasio partisipasi modal massa (modal participation mass ratio) disajikan dalam Tabel 2.10. Jumlah ragam (modes) yang disyaratkan untuk menentukan ragam getar alami bagi struktur harus cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar paling sedikit 100% dari massa aktual masing-masing arah horizontal ortogonal dari respons yang ditinjau oleh model, sesuai dengan Pasal 7.9.1 SNI 1726:2019.

Berdasarkan hasil pemodelan struktur, diperoleh bahwa pada kedua arah dengan melibatkan 40 ragam getar (modes), cukup untuk menghasilkan 100% dari massa aktual di kedua arah X dan Y (lihat Tabel 2.10).

Tabel 2. 10 Modal Participation Mass Ratio

Modal Participating Mass Ratios (Part 1 of 2)

Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	SumU X	SumU Y	SumU Z	RX	RY	RZ	SumR X
Modal	1	0,471	0,000 3	0,628 3	0	0,000 3	0,628 3	0	0,279 9	0,000 1	0,060 8	0,279 9
Modal	2	0,454	0,668	0,000 7	0	0,668 3	0,629	0	0,000 3	0,329 1	0,000 6	0,280 2
Modal	3	0,428	0,000 9	0,056 6	0	0,669 1	0,685 5	0	0,029 5	0,000 5	0,633 3	0,309 7
Modal	4	0,195	0,002 8	0	0	0,671 9	0,685 5	0	8,714 E-07	0,009 7	0	0,309 7
Modal	5	0,158	0,000 2	0,033 2	0	0,672 1	0,718 7	0	0,246 3	0,001	0,000 2	0,556

Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	SumU X	SumU Y	SumU Z	RX	RY	RZ	SumR X
Modal	6	0,157	0,036 6	0,000 2	0	0,708 7	0,718 9	0	0,001 2	0,227 4	1,59E- 05	0,557 2
Modal	7	0,12	3,311 E-05	0,007	0	0,708 7	0,725 9	0	0,023 9	0,000 2	0,022	0,581 2
Modal	8	0,084	0,000 2	0,272 9	0	0,708 8	0,998 8	0	0,409 2	0,000 2	0,000 1	0,990 4
Modal	9	0,082	0,291	0,000 1	0	0,999 9	0,998 9	0	0,000 2	0,425 4	1,729 E-05	0,990 6

- Modal Participating Mass Ratios (Part 2 of 2)

	SumRZ
0,0001	0,0608
0,3293	0,0614
0,3298	0,6947
0,3395	0,6947
0,3405	0,6949
0,5679	0,6949
0,5681	0,7169
0,5683	0,717
0,9938	0,717

2.7.3. Pengecekan Gaya Geser Dasar (Base Shear)

Pada prosedur analisis beban gempa spektrum respons ragam (RS), gaya geser dasar (base shear) yang diperoleh harus dibandingkan dengan gaya geser dasar (base shear) hasil prosedur analisis beban gempa gaya lateral ekuivalen (ELF). Base shear spektrum respons ragam (RS) harus tidak kurang dari 80% base shear gaya lateral ekuivalen (ELF). Jika hal ini tidak dipenuhi maka faktor skala gaya pada spektrum respons ragam (RS) harus dihitung ulang. Berikut ini disajikan hasil perhitungan dan pengecekan base shear untuk menentukan perlu tidaknya perhitungan ulang faktor skala gaya spektrum respons ragam (RS). Berikut ini adalah base shear dari ETABS (lihat tabel 2.11).

Tabel 2. 11 Base Shear (ETABS)

Arah Gaya	Vs	Vs 100%	Vd	Kontrol Vd ≥ Vs100%	Skala Baru
X	16405,122 4	16405,122	8856,7781	OK	-

Y	13670,935 4	13670,935	10083,8076	OK	-
---	----------------	-----------	------------	----	---

Arah Gaya	Vs	Vs 100%	Vd	Kontrol $Vd \geq Vs100\%$
X	16405,122	16405,122	8856,7781	OK
Y	13670,935	13670,935	10083,808	OK

Hasil base shear dinamik untuk Gedung maintenance dari etabs sudah memenuhi syarat tidak kurang dari 80% base shear statik, sehingga factor skala dapat digunakan.

2.7.4. Pengecekan Eksentrisitas

Struktur gedung untuk semua kategori desain seismik (KDS) harus mempertimbangkan torsi rencana dan torsi tak terduga. Torsi tak terduga dikerjakan pada model struktur dengan memberikan eksentrisitas sebesar 5% masing-masing pada arah sumbu X dan Y. Pada pekerjaan ini, struktur gedung termasuk dalam kategori desain seismik D sehingga harus mempertimbangkan torsi rencana dan torsi tak terduga.

2.8. Desain Elemen Struktur

2.8.1. Perencanaan Atap

Atap Massa 1 (Gedung Maintenance)

Atap Massa 1 menggunakan Baja 37 dengan spesifikasi, F_u : 370 MPa

F_y : 240 MPa

E : 200.000 MPa

dan menggunakan Gording Kanal C dimensi 200 x 85 x 20 (t : 2,5 mm) dengan spesifikasi, perencanaan sebagai berikut:

Jarak antar Gording : 1m

Sudut : 30°

Sin a : 0,5

Cos a : 0,866025404

Jarak antar Kuda-Kuda : 4,4 m

Massa atap : 4 kg/m² (Genteng Bitumen Onduvilla)
 : 0,04 kN/m²

Dead Load Gording : Berat sendiri + Berat atap + Berat plafond
 : 0,05 + 0,04 + 0,10
 : 0.196 kN/m²

Live Load Gording : 0,96 kN/m²

Jumlah gording (n) : 16 m

Menggunakan Sag Rod dengan rencan pembebanan,

Ft,Dead load : $n \times \left(\frac{\text{Jarak antar kuda kuda}}{2} \right) \times \text{dead load gording} \times \sin \alpha$
 : $16 \times \left(\frac{4,4}{2} \right) \times 0,196 \times \sin 30$
 : 3,4529 kN

Ft,Live load : $\frac{n}{2} \times \text{live load gording} \times \sin \alpha$
 : $\frac{16}{2} \times 0,96 \times \sin 30$
 : 3,8400 kN

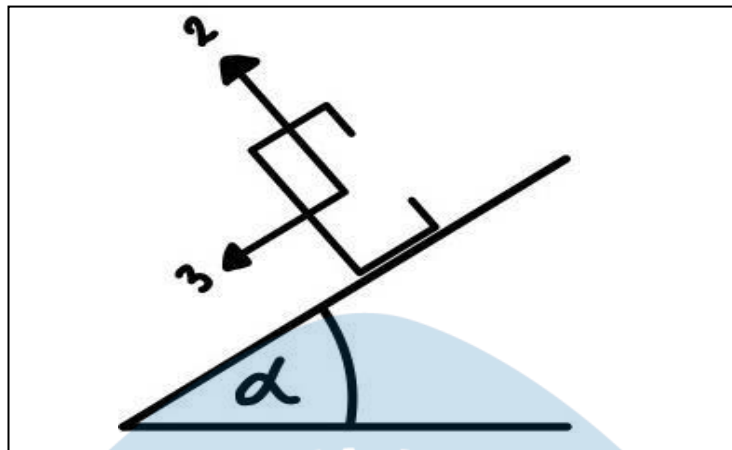
Kombinasi beban untuk Sag Rod,

1,4 DL : 4,8341 kN
 1,2 DL + 1,6 LL : 10.2875 kN

A Sag rod : $\frac{10,2875 \times 10^3}{240} = 42,9$

Diameter Sag Rod : 10 mm

Perhitungan Momen pada Gording direncanakan sesuai sketsa gambar 2.15.



Gambar 2. 15 Sketsa Momen pada Gording

Rencana Momen dengan Beban Gording yang ditinjau dari arah Sumbu 2

$$M_{3,D} : 1/8 q \cos \alpha L^2$$

$$: 0,4112 \text{ kNm}$$

$$M_{3,L} : 1/4 P \cos \alpha L$$

$$: 0,9145 \text{ kNm}$$

$$1,4 M_{3,D} : 0,5756 \text{ kNm}$$

$$1,2 M_{3,D} + 1,6 M_{3,L} : 1,9566 \text{ kNm}$$

Rencana Momen dengan Beban Gording yang ditinjau dari arah Sumbu 3

$$M_{3,D} : 1/8 q \sin \alpha (L/2)^2$$

$$: 0,0593 \text{ kNm}$$

$$M_{3,L} : 1/4 P \sin \alpha L/2$$

$$: 0,2640 \text{ kNm}$$

$$1,4 M_{2,D} : 0,0831 \text{ kNm}$$

$$1,2 M_{2,D} + 1,6 M_{2,L} : 0,4936 \text{ kNm}$$

a. Cek Tegangan pada Gording

$$W_3 = Z_x : 21.300 \text{ mm}^3$$

$$W_w = Z_y : 7.800 \text{ mm}^3$$

$$fb = \frac{M_{3,U}}{\theta x W_3} + \frac{M_{2,U}}{\theta x W_w} \leq F_y$$

$$fb = \frac{1,9566}{0,9 \times 21.300} + \frac{0,4936}{0,9 \times 7.800} \leq F_y$$

0,6 < 240 Mpa (Aman)

b. Cek Defleksi Gording

$$I_3 = I_x : 1.060.000 \text{ mm}^4$$

$$I_2 = I_y : 240.000 \text{ mm}^4$$

$$\delta_2 = \frac{5}{384} \times \frac{q \cos \alpha L^4}{EI} + \frac{1}{48} \times \frac{P \sin \alpha L^3}{EI} = 4,32$$

$$\delta_2 = \frac{5}{384} \times \frac{q \cos \alpha \left(\frac{L}{2}\right)^4}{EI} + \frac{1}{48} \times \frac{P \sin \alpha \left(\frac{L}{2}\right)^3}{EI} = 0,69005$$

$$\delta = \sqrt{\delta_3^2 + \delta_2^2} = 4,38 \text{ mm}$$

$$\delta \leq \frac{1}{240} \times \text{jarak antar kuda kuda} \times 1000$$

$$4,32 \leq 18,33 \text{ mm (aman)}$$

2.8.2. Perencanaan Kuda kuda

Kuda kuda menggunakan frame baja dengan perencanaan dan pembebanan menggunakan dimensi ketebalan C 100 x 50 x 20 x 3,2 (lihat tabel 2.12).

Tabel 2. 12 Penggunaan nomor Gording

No	Dimensi & Ketebalan	Luas Area	Berat/unit	Moment Inersia		Modulus		Radius		Pusat Gravitasi	Pusat Geseran	Konstanta Torsi	Konstanta Melengkung
	H x B x C x t mm	A cm ²	kg/m	I _x cm ⁴	I _y cm ⁴	Z _x cm ³	Z _y cm ³	r _x cm	r _y cm	C _y cm	X _o cm	J cm ⁴	C w cm ⁶
1	100x50x20x2,0	4,54	3,56	71	17	14,3	5,40	3,97	1,93	1,87	4,48	605	44
2	100x50x20x2,3	5,17	4,06	81	19	16,1	6,00	3,95	1,92	1,86	4,46	912	496
3	100x50x20x2,5	5,59	4,39	87	20	17,3	6,50	3,94	1,90	1,86	4,45	1164	528
4	100x50x20x2,8	6,20	3,87	95	22	19,1	7,10	3,92	1,89	1,86	4,42	1621	574
5	100x50x20x3,0	6,61	5,19	101	23	20,2	7,40	3,91	1,88	1,86	4,41	1982	603

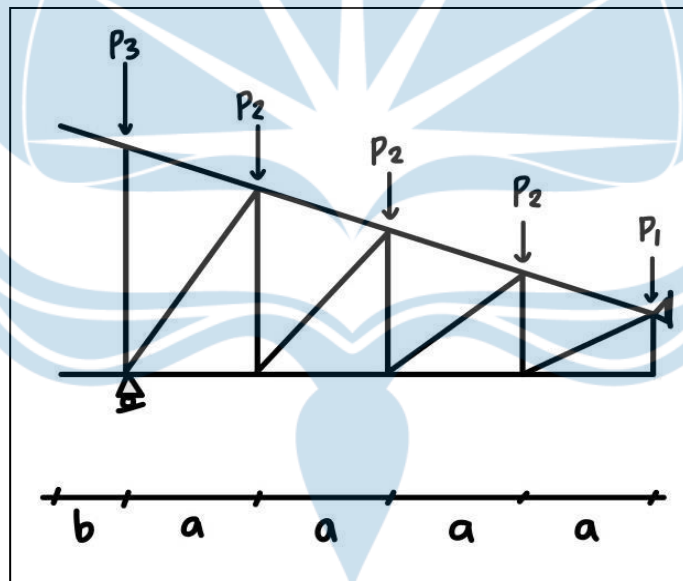
6	100×50×2 0×3,2	7,0 1	5,5 0	10 6	24	21, 3	7,8 0	3,9 0	1,8 7	1,86	4,4 0	239 2	63 0
---	-------------------	----------	----------	---------	----	----------	----------	----------	----------	------	----------	----------	---------

Jarak antar Kuda-Kuda : 4,4 m

Massa Plafond : 10 kg/m²
: 0,10 kN/m²

Berat Gording : 5,5 kg/m
: 0,05 kN/m

Berat Kuda-Kuda : 21,3 kg/m
: 0,21 kN/m



Gambar 2. 16 Sketsa Pembebanan Kuda-Kuda

Beban P1

Berat sendiri kuda-kuda : $a/2 \times \text{berat kuda-kuda}$: $1/2 \times 0,21$
: 0,104 kN

Berat gording : jarak antar kuda-kuda x berat gording/m
: $4,8 \times 0,05$: 0,220 kN

Berat atap : $(a/2)/\text{Cos } a \times \text{jarak antar kuda-kuda} \times \text{berat atap}$
: $(1/2)/\text{Cos } 30^\circ \times 4,4 \times 0,04$: 0,102 kN

Berat plafond : $(a/2 + b) \times \text{jarak antar kuda-kuda} \times \text{berat plafond}$
: $(1/2+1) \times 4,4 \times 0,10$: 0,66 kN

Beban P1 : $0,104 + 0,220 + 0,102 + 0,66$
: 1,086 kN

Beban P2

Berat sendiri kuda-kuda : $a \times \text{berat kuda-kuda}$
: $1 \times 0,21$
: 0,209 kN

Berat gording : $\text{jarak antar kuda-kuda} \times \text{berat gording per m}^2$
: $4,4 \times 0,05$
: 0,220 kN

Berat atap : $a/\text{Cos } a \times \text{jarak antar kuda-kuda} \times \text{berat atap}$
: $1/\text{Cos } 30^\circ \times 4,4 \times 0,04$
: 0,203 kN

Berat plafond : $a \times \text{jarak antar kuda-kuda} \times \text{berat plafond}$
: $1 \times 4,4 \times 0,10$
: 0,44 kN

Beban P2 : $0,209 + 0,220 + 0,203 + 0,44$
: 1,072 kN

Beban P3

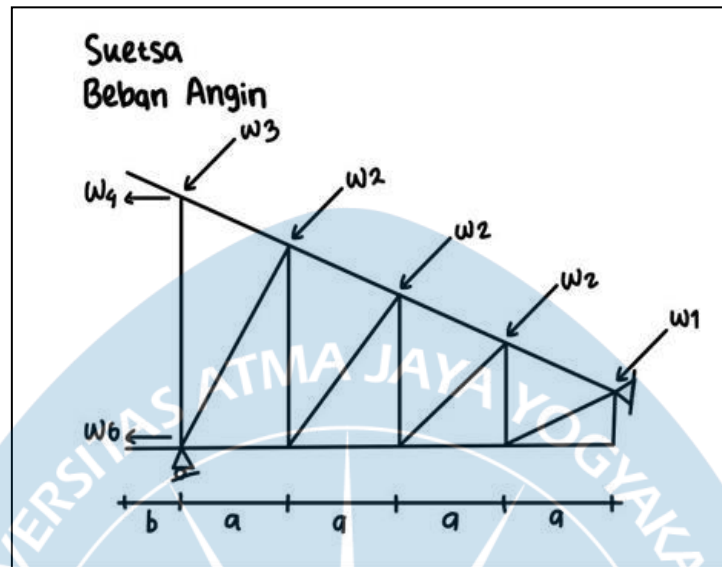
Berat sendiri kuda-kuda : $a \times \text{berat kuda-kuda}$
: $1 \times 0,21$
: 0,209 kN

Berat gording : $2 \times \text{jarak antar kuda-kuda} \times \text{berat gording per m}^2$
: $2 \times 4,4 \times 0,05$
: 0,440 kN

Berat atap : $(a+b)/\text{Cos } a \times \text{jarak antar kuda-kuda} \times \text{berat atap}$
: $(1+2) / \text{Cos } 30^\circ \times 4,4 \times 0,04$
: 0,406 kN

Berat plafond : $(a+b) \times \text{jarak antar kuda-kuda} \times \text{berat plafond}$
: $(1+2) \times 4,4 \times 0,10$
: 0,88 kN

Beban P3 : $0,209 + 0,440 + 0,406 + 0,88$
: $1,935 \text{ kN}$



Gambar 2. 17 Gambar sketsa beban angin kuda-kuda

Perencanaan beban angin pada kuda-kuda direncanakan dengan menggunakan koefisien tekanan atap yang di dapat dari tabel koefisien tekanan atap pada SNI 1727: 2013 untuk menentukan nilai Cti dan Cis setelah dilakukan interpolasi.

Dari data yang diketahui :

h : $3,6 \text{ m}$

L : $12,3 \text{ m}$

h/L : $0,29$

Maka, dari tabel didapatkan Cti : $(-0,20)$ dan Cis $(-0,60)$

Beban angin ditinjau dari arah kanan

Beban W1 : $(\text{jarak antar gording}/2) \times \text{Cos } a \times \text{Cti} \times \text{jarak antar kuda-kuda} \times h/L$

: $(1/2) \times \text{Cos } 30^\circ \times (-0,20) \times 4,4 \times 0,29$

: $-0,112 \text{ kN}$

Beban W2 : $\text{jarak antar gording}/\text{Cos } a \times \text{Cti} \times \text{jarak antar kuda-kuda} \times h/L$

: $1/\text{Cos } 30^\circ \times (-0,20) \times 4,4 \times 0,29$

: $-0,297 \text{ kN}$

Beban W3 : $1/2 \times \text{jarak antar gording} / \cos a \times C_{ti} \times \text{jarak antar kuda-kuda} \times h/L$

$$: 1/2 \times 1 / \cos 30^\circ \times (-0,20) \times 4,4 \times 0,29$$

$$: -0,149 \text{ kN}$$

Beban W4 : $1/2 \times (\text{jarak antar gording} + b) / \cos a \times C_{is} \times \text{jarak antar kuda-kuda} \times h/L$

$$: 1/2 \times (1 + 1) / \cos 30^\circ \times (-0,60) \times 4,4 \times 0,29$$

$$: -0,892 \text{ kN}$$

Beban W6 : $(\text{jarak antar gording} / 2 + 0) / \cos a \times C_{is} \times \text{jarak antar kuda-kuda} \times h/L$

$$: (1/2 + 0) / \cos 30^\circ \times (-0,60) \times 4,4 \times 0,29$$

$$: -0,446 \text{ kN}$$

2.8.3. Perencanaan Kapasitas Kuda - Kuda Atap

Untuk Kuda kuda digunakan Baja Wide Flange 37 dengan dimensi sebagai berikut :

$$H : 200 \text{ mm}$$

$$B : 100 \text{ mm}$$

$$b : 25 \text{ mm}$$

$$t_1 : 5,5 \text{ mm}$$

$$t_2 : 8 \text{ mm}$$

$$I_x : 1,840 \text{ cm}^4$$

$$I_y : 134 \text{ cm}^4$$

$$Z_x : 184 \text{ cm}^3$$

$$Z_y : 26,8 \text{ cm}^3$$

Berdasarkan SNI 1729:2015 harus dilakukan pengecekan Kontrol Kelangsingan Penampang

$$\lambda_{\text{sayap}} = \frac{B}{t_2} = \frac{100}{8} = 12,5$$

$$\lambda \text{ sayap} = \frac{H}{t1} = \frac{200}{5,5} = 36,4$$

$$\lambda_p \text{ sayap} = 1,12 \times \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 32,33 ; \lambda_r \text{ sayap} = 1,40 \times \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 40,41$$

$$\lambda_p \text{ badan} = 2,42 \times \sqrt{\frac{E}{F_v}} = 69,86 ; \lambda_r \text{ sayap} = 1,40 \times \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 164,54$$

sayap : $\lambda \leq \lambda_p$, maka “ Penampang Kompak”

Badan : $\lambda \leq \lambda_p$, maka “ Penampang Kompak”

a. Kontrol terhadap lendutan

Akibat Beban Mati

$$S_x : \frac{5 \times q_x \text{ beban mati} \times 10^{-2} \times L^4}{384 \times E \times I_y}$$

$$: \frac{5 \times (\text{beban mati} \times \sin 30^\circ) \times 10^{-2} \times L^4}{384 \times E \times I_y}$$

$$: \frac{5 \times q_x \times 0,27 \times 10^{-2} \times 4,4^4}{384 \times 2.000.000 \times 134}$$

$$: 0,005 \text{ cm}$$

$$S_y : \frac{5 \times q_y \text{ beban mati} \times 10^{-2} \times L^4}{384 \times E \times I_x}$$

$$: \frac{5 \times (\text{beban mati} \times \cos 30^\circ) \times 10^{-2} \times L^4}{384 \times E \times I_x}$$

$$: \frac{5 \times q_x \times 0,46 \times 10^{-2} \times 4,4^4}{384 \times 2.000.000 \times 1,840}$$

$$: 0,609 \text{ cm}$$

Akibat Beban Hidup

$$S_x : \frac{P_x \text{ total} \times 10^{-2} \times L^3}{48 \times E \times I_y}$$

$$: \frac{(P_x \text{ beban hidup pekerja} + P_x \text{ beban air hujan}) \times 10^{-2} \times L^3}{48 \times E \times I_y}$$

$$: \frac{0,58 \times 10^{-2} \times 4,4^3}{48 \times 2.000.000 \times 134}$$

$$: 0,00004 \text{ cm}$$

$$S_y : \frac{P_x \text{ total} \times 10^{-2} \times L^3}{48 \times E \times I_x}$$

$$\begin{aligned}
 &: \frac{(P_y \text{ beban hidup pekerja} + P_y \text{ beban air hujan}) \times 10^{-2} \times L^3}{48 \times 2.000.000 \times I_x} \\
 &: \frac{1 \times 10^{-2} \times 4,4^3}{48 \times 2.000.000 \times 1,840} \\
 &: 0,005 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Akibat Beban Angin

$$\begin{aligned}
 S_x &: \frac{5 \times W_x \times 10^{-2} \times L^4}{384 \times E \times I_y} \\
 &: \frac{5 \times (-0,19) \times 10^{-2} \times L^4}{384 \times 2.000.000 \times 134} \\
 &: -0,003 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_y &: \frac{5 \times W_y \times 10^{-2} \times L^4}{384 \times E \times I_x} \\
 &: \frac{5 \times (-0,67) \times 10^{-2} \times L^4}{384 \times 2.000.000 \times 1,840} \\
 &: -0,887 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Kombinasi Lendutan

$$\begin{aligned}
 S_x \text{ total} &: S_x \text{ Beban Mati} + S_x \text{ Beban Hidup} + S_x \text{ Beban Angin} \\
 &: 0,005 + 0,00004 + (-0,003) \\
 &: 0,001 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 S_y \text{ total} &: S_y \text{ Beban Mati} + S_y \text{ Beban Hidup} + S_y \text{ Beban Angin} \\
 &: 0,609 + 0,005 + (-0,887) \\
 &: -0,273 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Syarat Lendutan

$$\begin{aligned}
 S \text{ timbul} &: \sqrt{S_x \text{ total}^2 + S_y \text{ total}^2} \\
 &: \sqrt{(0,001)^2 + (-0,273)^2} \\
 &: 0,273 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$S \text{ timbul} < S \text{ syarat}$$

0,273 < 1,833, maka profil aman terhadap lendutan

Pembebanan yang digunakan untuk menghitung kapasitas,

Beban P1 : Berat gording + Berat atap

$$: 0,220 + 0,102 = 0,322 \text{ kN}$$

Beban P2 : Berat gording + Berat atap

$$: 0,220 + 0,203 = 0,423 \text{ kN}$$

Beban P3 : Berat gording + Berat atap

$$: 0,440 + 0,406 = 0,846 \text{ kN}$$

Dead Load : $\frac{\text{Beban P1} + \text{Beban P2} + \text{Beban P3}}{3}$

$$: 2,803 \text{ kN/m}^2$$

Live Load : $0,96 \text{ kN/m}^2$

Air Hujan : $0,2 \text{ kN/m}^2$

Angin Tekan : $-0,1859 \text{ kN/m}^2$

Angin Hisap : $-0,6692 \text{ kN/m}^2$

b. Kombinasi Pembebanan yang digunakan

1,4D

Sumbu 3 : $1,4 \times M3,D$

$$: 0,5576 \text{ kN}$$

Sumbu 2 : $1,4 \times M2,D$

$$: 0,0831 \text{ kN1}$$

1,2D + 1,6L + 0,5W

Sumbu 3 : $1,2 \times M3,D + 1,6 \times (1/4 \times 0,03 \times 4,4) + 0,5 \times (1/8 \times (-0,37) \times 4,4^2)$

$$: 0,4445 \text{ kN}$$

Sumbu 2 : $1,2 \times M2,D + 1,6 \times (1/4 \times 0,20 \times 4,4) + 0,5 \times (1/8 \times (-0,66) \times 4,4^2)$

$$: (-0,4336) \text{ kN}$$

0,9D + 1W

$$\begin{aligned} \text{Sumbu 3} & : 0,9 \times M_{3,D} + 1 \times (1/8 \times (-0,37) \times 4,4^2) \\ & : (-0,0798) \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sumbu 2} & : 0,9 \times M_{2,D} + 1 \times (1/8 \times (-0,66) \times 4,4^2) \\ & : (-1,5660) \text{ kN} \\ & 1,2D + 1,6L + 0,5R \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sumbu 3} & : 1,2 \times M_{3,D} + 1,6 \times M_{3,L} + 0,5 \times (1/4 \times 0,003 \times 4,4) \\ & : 2,1766 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sumbu 2} & : 1,2 \times M_{2,D} + 1,6 \times M_{2,L} + 0,5 \times (1/4 \times 0,20 \times 4,4) \\ & : 0,8447 \text{ kN} \end{aligned}$$

c. Menghitung momen nominal yang bekerja pada profil

Pasal 8-2.3, SNI 03-1729-2002, hal 36

karena dari hasil analisis kelangsingan penampang diketahui bahwa profil yang digunakan merupakan penampang kompak, maka berlaku :

$$M_n = M_p$$

$$M_p = Z_x \times$$

$$F_y$$

$$M_{nx} : Z_x \times F_y$$

$$: 184 \times 10^3 \times 240$$

$$: 44.160.000 \text{ Nmm}$$

$$M_{ny} : Z_y \times F_y$$

$$: 26,8 \times 10^3 \times 240$$

$$: 6.432.000 \text{ Nmm}$$

d. Mengecek Kontrol Profil terhadap Tegangan Lentur

$$\frac{Mux \max}{\theta b \times Mnx} + \frac{Muy \max}{\theta b \times Mny} \leq 1,0$$

$$\frac{2.176637188}{\theta b \times 44.160.000} + \frac{1.565962377}{\theta b \times 6.432.00} \leq 1,0$$

0,00000033 ≤ 1,0 , maka profil aman terhadap tegangan lentur

2.8.4. Perencanaan Sambungan Baut

Pada *frame*, digunakan juga sambungan dengan dimensi

t : 10 mm

b : 100 mm

Lubang baut, Baut A325

Db : 16 mm

Bj 37

Fy : 240 MPa

Fu : 370 MPa

Tata letak baut dalam 2 baris

Menghitung Leleh

$$\emptyset Pn : (0,9 \times (b \times t)) \times Fy / 1000$$

$$: (0,9 \times (100 \times 10)) \times 240 / 1000$$

$$: 216 \text{ kN}$$

Menghitung Fraktur

$$\emptyset Pn : 0,75 \times (t \times b - (2 \times (db + 2))) \times t \times Fu / 1000$$

$$: 0,75 \times (10 \times 100 - (2 \times (16 + 2))) \times 10 \times 370 / 1000$$

$$: 177,6 \text{ kN}$$

Batang Tarik mampu memikul :

$$\emptyset Pn : 177,6 \text{ kN}$$

Hitungan Sambungan

$$Fav = 372$$

$$Ab = (1/4 \times \pi \times db^2) / 1000 \times 2$$
$$= (1/4 \times \pi \times 16^2) / 1000 \times 2$$
$$= 0,40212386$$

Baut Putus

$$\emptyset Rn = (0,75 \times Fav \times Ab)$$
$$= (0,75 \times 372 \times 0,40212386)$$
$$= 112,2 \text{ kN}$$

$$\text{Spasi (s)} = 3 \times \text{diameter baut}$$
$$= 3 \times 16$$
$$= 48 \text{ mm (dibulatkan menjadi 50)}$$

$$Lc = \text{spasi} / 2$$
$$= 50 / 2$$
$$= 25 \text{ mm}$$

Pelat Sobek

$$\emptyset Rn \text{ min} = 1,2 \times ((Lc - 1/2 \times (db + 2)) \times t \times Fu) / 1000$$
$$= 1,2 \times (25 - 1/2 \times (16 + 2)) \times 10 \times 370 / 1000$$
$$= 71,04 \times 0,75$$
$$= 53,28 \text{ kN (lubang baut)}$$

$$\emptyset Rn \text{ min} = (2,4 \times db \times t \times Fu) / 1000$$
$$= (2,4 \times 16 \times 10 \times 370) / 1000$$
$$= 142,08 \times 0,75$$
$$= 106,65 \text{ kN (lubang baut)}$$

Peletakkan Baut

$\emptyset P_n$: 177,6 kN (dari fraktur)

$\emptyset R_n$: 53,28 kN (dari pelat tumpu)

n : 177,6 / 53,28

: 3,33 (dibulatkan menjadi 4 buah baut)

2.8.5. Desain Pelat Lantai

Desain pelat lantai dilakukan berdasarkan SNI 2847:2013 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung. Pada bab ini disajikan prosedur perhitungan/desain pelat lantai tipe II (tebal 120 mm). Selanjutnya desain pelat lantai tipe lainnya dilakukan dengan prosedur perhitungan yang sama. Perhitungan Tebal Plat dan Tulangan Negatif.

a. Data Pelat Lantai

b. Data Perhitungan Pelat Lantai

Data Pelat dan Tulangan :

Perhitungan Balok dan Kolom :

Balok Induk

Horizontal :

Dimensi Balok = 0,250 x 0,350 m

Balok Induk Vertical :

Dimensi Balok = 0,250 x 0,350 m

Tebal Minimum Pelat :

Mutu beton kolom dan balok (f_{cb}')	=	25,000	Mpa
Mutu beton pelat (f_{cs}')	=	25,000	Mpa
Mutu baja tulangan (F_y)	=	420,000	Mpa

Modulus Elastisitas Beton (E_{cb}) = 23500,00 Mpa

Modulus Elastisitas Pelat (E_{cs}) = 23500,00 Mpa

Koefesien F_y = 0,85

Tebal Pelat = 120 mm

Tebal Selimut (t_s) = 30 mm

Diameter tulangan lentur = 10 mm

Diameter tulangan susut = 8 mm

Pada perhitungan penulangan pelat lantai untuk menentukan nilai Mu digunakan dengan persamaan berikut sebagai contoh menghitung nilai Mu (Ly) pada lantai S1, dengan rumus persamaan berikut.

$$\begin{aligned} \text{Mu} &= 0,001 \times \text{beban pelat} \times \left(\frac{Lx}{1000}\right)^2 \times \text{koefisien} & (2.10) \\ &= 0,001 \times 13,962 \times \left(\frac{3120}{1000}\right)^2 \times 36 = 4,7982026 \frac{kN}{m} \text{ (lihat tabel 2.13).} \end{aligned}$$

Tabel 2. 13 Perhitungan penulangan pelat lantai

Tipe Pelat		Kondisi Tumpuan		Arah	Koefisien	Beban	Mu	
Lantai	S1	Ly	4500	Mlx	36	13,692	4.7982026	kN/m
		Lx	3120	Mtx	36		-4.798203	kN/m
		ht	120	Mly	36		9.981468	kN/m
		ly/lx	1.442	Mty	36		-9.981468	kN/m
Lantai	S2	Ly	4000	Mlx	58,67	13,692	7.9203117	kN/m
		Lx	3140	Mtx	58,67		-7.920312	kN/m
		ht	120	Mly	36		7.886592	kN/m
		ly/lx	1.274	Mty	36		-7.886592	kN/m
Lantai	S3	Ly	3120	Mlx	36	13,692	4.7368843	kN/m
		Lx	3100	Mtx	36		-4.736884	kN/m

		ht	120	Mly	36		4.7982026	kN/m
		ly/lx	1,006	Mty	36		-4.798203	kN/m
Lantai	S4	Ly	4400	Mlx	50,99	13,692	6.8835298	kN/m
		Lx	3140	Mtx	50,99		-6.88353	kN/m
		ht	120	Mly	38		10.072931	kN/m
		ly/lx	1.401	Mty	38		-10.07293	kN/m
Lantai	S5	Ly	3140	Mlx	63	13,692	8.2895476	kN/m
		Lx	3100	Mtx	63		-8.289548	kN/m
		ht	120	Mly	34		4.5899199	kN/m
		ly/lx	1.013	Mty	34		-4.58992	kN/m

Tulangan Lentur

Pelat	Tulangan Arah X												Dipasang tulangan				CEK
	dx	Mnx	Rn	m	ρ	ρ min	ρ yg digunakan	As perlu	s	s	As terpasang						
	mm	N.mm						mm	mm	mm	mm	mm					
S1	85	5331336.192	0.74	19.76	0.0017885	0,0014	0,002	170	360	150	523.6	D	10	-	150	OK	
S2	85	8800346.363	1.22	19.76	0.0029883	0,0014	0,002	170	360	150	523.6	D	10	-	150	OK	
S3	85	5263204.800	0.73	19.76	0.0017652	0,0014	0,002	170	360	150	523.6	D	10	-	150	OK	
S4	85	7648366.474	1.06	19.76	0.002587	0,0014	0,002	170	360	150	523.6	D	10	-	150	OK	
S5	85	9210608.400	1.27	19.76	0.0031323	0,0014	0,002	170	360	150	523.6	D	10	-	150	OK	

Pelat	Tulangan Arah Y												Kesimpulan				CEK
	dy	Mny	Rn	m	ρ	ρ min	ρ yg digunakan	As perlu	s	s	As terpasang						
	mm	N.mm						mm	mm	mm	mm						
S1	75	8762880,00	1.97	19.76	0.0049351	0,0014	0,002	150	360	150	523.6	D	10	-	150	OK	
S2	75	13692000,00	1.56	19.76	0.0038561	0,0014	0,002	150	360	150	523.6	D	10	-	150	OK	

S3	75	5331336.192	0.95	19.76	0.002309	0.0014	0,002	150	360	150	523.6	D	10	-	150	OK
S4	75	11192145.06 7	1.99	19.76	0.004982	0.0014	0,002	150	360	150	523.6	D	10	-	150	OK
S5	75	5099910.965	0.91	19.76	0.002206	0.0014	0,002	150	360	150	523.6	D	10	-	150	OK

Tulangan Susut

Pelat	Tulangan Arah X															
	dx	Mnx	Rn	m	ρ	ρ min	ρ yg digunakan	As perlu	s	s	As terpasang	Dipasang tulangan			CEK	
	mm	N.mm						mm	mm	mm	mm					
S1	86	5331336.192	0.72	19.76	0.0017464	0.0014	0,002	172	600	300	261.8	D	8	-	300	OK
S2	86	8800346.363	1.19	19.76	0.0029171	0.0014	0,002	172	600	300	261.8	D	8	-	300	OK
S3	86	5263204.800	0.71	19.76	0.0017237	0.0014	0,002	172	600	300	261.8	D	8	-	300	OK
S4	86	7648366.474	1.03	19.76	0.002525	0.0014	0,002	172	600	300	261.8	D	8	-	300	OK
S5	86	9210608.400	1.25	19.76	0.0030575	0.0014	0,002	172	600	300	261.8	D	8	-	300	OK

Pelat	Tulangan Arah Y															
	dy	Mny	Rn	m	ρ	ρ min	ρ yg digunakan	As perlu	s	s	As terpasang	Kesimpulan			CEK	
	mm	N.mm						mm	mm	mm	mm					
S1	78	11090520.00 0	1.82	19.76	0.0045443	0.0014	0,002	156	600	200	392.7	D	8	-	200	OK
S2	78	8762880.000	1.44	19.76	0.0035542	0.0014	0,002	156	600	200	392.7	D	8	-	200	OK
S3	78	5331336.192	0.88	19.76	0.0021313	0.0014	0,002	156	600	200	392.7	D	8	-	200	OK

S4	78	9249706,67	1.84	19.76	0.004588	0,0014	0,002	156	600	200	392.7	D	8	-	200	OK
S5	78	12931333,33	0.84	19.76	0.002036 8	0,0014	0,002	156	600	200	392.7	D	8	-	200	OK

2.8.6. Desain Balok

2.8.6.1 Balok (250x350)

Pada perhitungan desain balok dipakai SNI 2847 : 2019 tentang persyaratan Beton Struktural untuk bangunan Gedung

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2019			
Properti Material dan Penampang				
Panjang Balok, L		Input	mm	3100
Lebar Balok, b		Input	mm	250
Tinggi Balok, h		Input	mm	350
Panjang Tumpuan	18.6.4.1	$2 * h$	mm	700
Diameter Tulangan Longitudinal, d_b		Input	mm	32
Diameter Tulangan Pinggang, d_{bt}		Input	mm	10
Diameter Tulangan Sengkang, d_s		Input	mm	10
Selimut Bersih, c_c		Input	mm	40
Tinggi Efektif Balok, D		$h - c_c - d_s - d_b/2$	mm	293.5
Kuat Tekan Beton, f_c'		Input	MPa	25
Kuat Leleh Tul. Longitudinal, f_y		Input	MPa	420
Kuat Leleh Tul. Transversal, f_y		Input	MPa	280
β_1	Tabel 22.2.2.4.3	$0.65 \leq 0.85 - 0.05 * (f_c' - 28) / 7 \leq 0.85$		0.8500

Panjang Kolom, c_1		Input (Sisi tegak lurus lebar balok)	mm	300
Lebar Kolom, c_2		Input (Sisi yang ditempel balok/sejajar lebar balok)	mm	300
L_n		$L - c_1$	mm	2800
Λ		Asumsi tidak menggunakan beton ringan		1

a. Desain Geser

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2019			
Properti Material dan Penampang				
Panjang Balok, L		Input	mm	3100
Lebar Balok, b		Input	mm	250
Tinggi Balok, h		Input	mm	350
Panjang Tumpuan	18.6.4.1	$2 * h$	mm	700
Diameter Tulangan Longitudinal, d_b		Input	mm	32
Diameter Tulangan Pinggang, d_{bt}		Input	mm	10
Diameter Tulangan Sengkang, d_s		Input	mm	10
Selimut Bersih, c_c		Input	mm	40
Tinggi Efektif Balok, D		$h - c_c - d_s - d_b/2$	mm	293.5
Kuat Tekan Beton, f_c'		Input	MPa	25
Kuat Leleh Tul. Longitudinal, f_y		Input	MPa	420
Kuat Leleh Tul. Transversal, f_y		Input	MPa	280
β_1	Tabel 22.2.2.4.3	$0.65 \leq 0.85 - 0.05 * (f_c' - 28) / 7 \leq 0.85$		0.8500
Panjang Kolom, c_1		Input (Sisi tegak lurus lebar balok)	mm	300

Lebar Kolom, c_2		Input (Sisi yang ditempel balok/sejajar lebar balok)	mm	300
L_n		$L - c_1$	mm	2800
Λ		Asumsi tidak menggunakan beton ringan		1
Gaya Dalam				
$M_{u,tumpuan (-)}$		Input	kN-m	-14.7955
$M_{u,tumpuan (+)}$		Input	kN-m	7.3977
$M_{u,lapangan (-)}$		Input	kN-m	4.0609
$M_{u,lapangan (+)}$		Input	kN-m	5.5698
P_u		Input	kN	1.7276
Syarat Gaya dan Geometri				
Syarat Gaya Aksial	Tidak dipersyaratkan. Baca R18.6.1 dan 18.6.4.7	$P_u \leq 0.1 A_g f_c' ?$		OK
Syarat Tinggi Efektif	18.6.2.1	$L_n \geq 4d ?$		OK
Syarat Lebar 1	18.6.2.1	$b \geq \min(0.3h, 250 \text{ mm}) ?$		OK
Syarat Lebar 2	18.6.2.1	$b \leq c_2 + 2 * \min(c_2, 0.75 c_1) ?$		OK
Penulangan Lentur				
Tumpuan Negatif				
Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan, n		Input		4
d_b			mm	13
Jarak Bersih Antar Tulangan		$(b - 2 c_c - 2 d_s - n * d_b) / (n - 1)$	mm	32.667
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		IYA
Jumlah Lapis				1
As Pasang		$n * \pi / 4 * d_b^2$	mm ²	530.929
$AS_{min,1}$	9.6.1.2	$(f_c')^{0.5} / (4 * f_y) * b * d$	mm ²	218.378
$AS_{min,2}$	9.6.1.2	$1.4 / (4 * f_y) * b * d$	mm ²	244.583
Cek As min		As Pasang \geq As min ?		OK
ρ		$AS / (b * d)$		0.72%
$\rho_{max,1}$	Tidak ada	$0.75 \rho_b = 0.75 * 0.85 * \beta_1 * f_c' / f_y * (600 / (600 + f_y))$		1.90%

$\rho_{\max,2}$	18.6.3.1	2,5%		2.50%
Cek As max		$\rho \leq \rho_{\max} ?$		OK
a	22.2.2.4.1	$As * f_y / (0.85 * f_c' * b)$	mm	41.975
M_n	22.2.2.4.1	$As * f_y * (d - a/2)$	kN-m	60.768
c	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	49.382
ϵ_s	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c * 0.003$		0.015
ϕ	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0.900
ϕM_n		$\phi * M_n$	kN-m	54.691
$M_{u,tumpuan} (-)$			kN-m	14.796
Cek Kapasitas		$\phi M_n > M_u ?$		OK
As Perlu		$M_u / [f_y * (d - a/2)]$	mm ²	129.269
Tumpuan Positif				
n		Input		2
d_b			mm	13
Jarak Bersih Antar Tulangan		$(b - 2 c_c - 2 d_s - n * d_b) / (n - 1)$	mm	124.000
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		IYA
Jumlah Lapis				1
As Pasang		$n * \pi / 4 * d_b^2$	mm ²	265.465
$AS_{\min,1}$	9.6.1.2	$(f_c')^{0.5} / (4 * f_y) * b * d$	mm ²	218.378
$AS_{\min,2}$	9.6.1.2	$1.4 / (4 * f_y) * b * d$	mm ²	244.583
$AS_{\min,4}$	18.6.3.2	0.5 * As Tumpuan Negatif	mm ²	265.465
Cek As min		$As \text{ Pasang} \geq As_{\min} ?$		OK
ρ		$As / (b * d)$		0.36%
$\rho_{\max,1}$		$0.75 \rho_b = 0.75 * 0.85 * \beta_1 * f_c' / f_y * (600 / (600 + f_y))$		1.90%
$\rho_{\max,2}$	18.6.3.1	2,5%		2.50%
Cek As max		$\rho \leq \rho_{\max} ?$		OK
a	22.2.2.4.1	$As * f_y / (0.85 * f_c' * b)$	mm	20.987
M_n	22.2.2.4.1	$As * f_y * (d - a/2)$	kN-m	31.554
c	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	24.691
ϵ_s	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c * 0.003$		0.033

ϕ	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0.900
ϕM_n		$\phi * M_n$	kN-m	28.398
M_u			kN-m	7.398
Cek $\phi M_n > M_u$		$\phi M_n > M_u ?$		OK
As Perlu		$M_u / [f_y * (d - a/2)]$	mm ²	62.237
Lapangan Negatif				
n		Input		2
d_b			mm	13
Jarak Bersih Antar Tulangan		$(b - 2 c_c - 2 d_s - n * d_b) / (n - 1)$	mm	124.000
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		IYA
Jumlah Lapis				1
As Pasang		$n * \pi/4 * d_b^2$	mm ²	265.465
$AS_{min,1}$	9.6.1.2	$(f_c')^{0.5} / (4 * f_y) * b * d$	mm ²	218.378
$AS_{min,2}$	9.6.1.2	$1.4 / (4 * f_y) * b * d$	mm ²	244.583
$AS_{min,4}$	18.6.3.2	0.25 * As Tumpuan Negatif	mm ²	132.732
Cek As min		As Pasang \geq As min ?		OK
ρ		$As / (b * d)$		0.36%
$\rho_{max,1}$		$0.75 \rho_b = 0.75 * 0.85 * \beta_1 * f_c' / f_y * (600 / (600 + f_y))$		1.90%
$\rho_{max,2}$	18.6.3.1	2,5%		2.50%
Cek As max		$\rho \leq \rho_{max} ?$		OK
a	22.2.2.4.1	$As * f_y / (0.85 * f_c' * b)$	mm	20.987
M_n	22.2.2.4.1	$As * f_y * (d - a/2)$	kN-m	31.554
c	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	24.691
ϵ_s	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c * 0.003$		0.033
ϕ	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0.900
ϕM_n		$\phi * M_n$	kN-m	28.398
M_u			kN-m	4.061
Cek $\phi M_n > M_u$		$\phi M_n > M_u ?$		OK
As Perlu		$M_u / [f_y * (d - a/2)]$	mm ²	34.165
Lapangan Positif				

n		Input		2
d _b			mm	13
Jarak Bersih Antar Tulangan		$(b - 2 c_c - 2 d_s - n * d_b) / (n - 1)$	mm	124.000
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih \geq d _b dan 25 mm?		IYA
Jumlah Lapis				1
As Pasang		$n * \pi / 4 * d_b^2$	mm ²	265.465
AS _{min,1}	9.6.1.2	$(f_c')^{0.5} / (4 * f_y) * b * d$	mm ²	218.378
AS _{min,2}	9.6.1.2	$1.4 / (4 * f_y) * b * d$	mm ²	244.583
AS _{min,4}	18.6.3.2	0.25 * As Tumpuan Negatif	mm ²	132.732
Cek As min		As Pasang \geq As min ?		OK
ρ		$As / (b * d)$		0.36%
$\rho_{max,1}$		$0.75 \rho_b = 0.75 * 0.85 * \beta_1 * f_c' / f_y * (600 / (600 + f_y))$		1.90%
$\rho_{max,2}$	18.6.3.1	2,5%		2.50%
Cek As max		$\rho \leq \rho_{max} ?$		OK
a	22.2.2.4.1	$As * f_y / (0.85 * f_c' * b)$	mm	20.987
M _n	22.2.2.4.1	$As * f_y * (d - a/2)$	kN-m	31.554
c	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	24.691
ϵ_s	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c * 0.003$		0.033
ϕ	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0.900
ϕM_n		$\phi * M_n$	kN-m	28.398
M _u			kN-m	5.570
Cek $\phi M_n > M_u$		$\phi M_n > M_u ?$		OK
As Perlu		$M_u / [f_y * (d - a/2)]$	mm ²	46.859

b. Desain Lentur

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2019			
Properti Material dan Penampang				
Panjang Balok, L		Input	mm	3100

Lebar Balok, b		Input	mm	250
Tinggi Balok, h		Input	mm	350
Panjang Tumpuan	18.6.4.1	$2 * h$	mm	700
Diameter Tulangan Longitudinal, d_b		Input	mm	32
Diameter Tulangan Pinggang, d_{bt}		Input	mm	10
Diameter Tulangan Sengkang, d_s		Input	mm	10
Selimit Bersih, c_c		Input	mm	40
Tinggi Efektif Balok, d		$h - c_c - d_s - d_b/2$	mm	293.5
Kuat Tekan Beton, f_c'		Input	MPa	25
Kuat Leleh Tul. Longitudinal, f_y		Input	MPa	420
Kuat Leleh Tul. Transversal, f_y		Input	MPa	280
β_1	Tabel 22.2.2.4.3	$0.65 \leq 0.85 - 0.05 * (f_c' - 28) / 7 \leq 0.85$		0.8500
Panjang Kolom, c_1		Input (Sisi tegak lurus lebar balok)	mm	300
Lebar Kolom, c_2		Input (Sisi yang ditempel balok/sejajar lebar balok)	mm	300
L_n		$L - c_1$	mm	2800
λ		Asumsi tidak menggunakan beton ringan		1
Gaya Dalam				
$M_{u,tumpuan (-)}$		Input	kN-m	-14.7955 39
$M_{u,tumpuan (+)}$		Input	kN-m	7.3977
$M_{u,lapangan (-)}$		Input	kN-m	4.0609
$M_{u,lapangan (+)}$		Input	kN-m	5.5698
P_u		Input	kN	1.7276
Syarat Gaya dan Geometri				

Syarat Gaya Aksial	Tidak dipersyaratkan. Baca R18.6.1 dan 18.6.4.7	$P_u \leq 0.1 A_g f'_c ?$		OK
Syarat Tinggi Efektif	18.6.2.1	$L_n \geq 4d ?$		OK
Syarat Lebar 1	18.6.2.1	$b \geq \min(0.3h, 250 \text{ mm}) ?$		OK
Syarat Lebar 2	18.6.2.1	$b \leq c_2 + 2 * \min(c_2, 0.75 c_1) ?$		OK
Penulangan Lentur				
Tumpuan Negatif				
Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan, n		Input		4
d_b			mm	13
Jarak Bersih Antar Tulangan		$(b - 2 c_c - 2 d_s - n * d_b) / (n - 1)$	mm	32.667
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		IYA
Jumlah Lapis				1
As Pasang		$n * \pi / 4 * d_b^2$	mm ²	530.929
$A_{s \text{ min},1}$	9.6.1.2	$(f'_c)^{0.5} / (4 * f_y) * b * d$	mm ²	218.378
$A_{s \text{ min},2}$	9.6.1.2	$1.4 / (4 * f_y) * b * d$	mm ²	244.583
Cek As min		As Pasang $\geq A_{s \text{ min}} ?$		OK
ρ		$A_s / (b * d)$		0.72%
$\rho_{\text{ max},1}$	Tidak ada	$0.75 \rho_b = 0.75 * 0.85 * \beta_1 * f'_c / f_y * (600 / (600 + f_y))$		1.90%
$\rho_{\text{ max},2}$	18.6.3.1	2,5%		2.50%
Cek As max		$\rho \leq \rho_{\text{ max}} ?$		OK
a	22.2.2.4.1	$A_s * f_y / (0.85 * f'_c * b)$	mm	41.975
M_n	22.2.2.4.1	$A_s * f_y * (d - a/2)$	kN-m	60.768
c	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	49.382
ϵ_s	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c * 0.003$		0.015
ϕ	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0.900
ϕM_n		$\phi * M_n$	kN-m	54.691
$M_{u,tumpuan (-)}$			kN-m	14.796
Cek Kapasitas		$\phi M_n > M_u ?$		OK

As Perlu		$M_u / [f_y * (d - a/2)]$	mm ²	129.269
Tumpuan Positif				
n		Input		2
d _b			mm	13
Jarak Bersih Antar Tulangan		$(b - 2 c_c - 2 d_s - n * d_b) / (n - 1)$	mm	124.000
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih >= d _b dan 25 mm?		IYA
Jumlah Lapis				1
As Pasang		$n * \pi / 4 * d_b^2$	mm ²	265.465
AS _{min,1}	9.6.1.2	$(f_c')^{0.5} / (4 * f_y) * b * d$	mm ²	218.378
AS _{min,2}	9.6.1.2	$1.4 / (4 * f_y) * b * d$	mm ²	244.583
AS _{min,4}	18.6.3.2	0.5 * As Tumpuan Negatif	mm ²	265.465
Cek As min		As Pasang >= As min ?		OK
ρ		$As / (b * d)$		0.36%
ρ _{max,1}		$0.75 \rho_b = 0.75 * 0.85 * \beta_1 * f_c' / f_y * (600 / (600 + f_y))$		1.90%
ρ _{max,2}	18.6.3.1	2,5%		2.50%
Cek As max		$\rho \leq \rho_{max} ?$		OK
a	22.2.2.4.1	$As * f_y / (0.85 * f_c' * b)$	mm	20.987
M _n	22.2.2.4.1	$As * f_y * (d - a/2)$	kN-m	31.554
c	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	24.691
ε _s	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c * 0.003$		0.033
φ	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0.900
φM _n		$\phi * M_n$	kN-m	28.398
M _u			kN-m	7.398
Cek φM _n > M _u		$\phi M_n > M_u ?$		OK
As Perlu		$M_u / [f_y * (d - a/2)]$	mm ²	62.237
Lapangan Negatif				
n		Input		2
d _b			mm	13
Jarak Bersih Antar Tulangan		$(b - 2 c_c - 2 d_s - n * d_b) / (n - 1)$	mm	124.000
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih >= d _b dan 25 mm?		IYA

Jumlah Lapis				1
As Pasang		$n * \pi / 4 * d_b^2$	mm ²	265.465
AS _{min,1}	9.6.1.2	$(f_c')^{0.5} / (4 * f_y) * b * d$	mm ²	218.378
AS _{min,2}	9.6.1.2	$1.4 / (4 * f_y) * b * d$	mm ²	244.583
AS _{min,4}	18.6.3.2	0.25 * As Tumpuan Negatif	mm ²	132.732
Cek As min		As Pasang >= As min ?		OK
ρ		As / (b * d)		0.36%
ρ _{max,1}		$0.75 \rho_b = 0.75 * 0.85 * \beta_1 * f_c' / f_y * (600 / (600 + f_y))$		1.90%
ρ _{max,2}	18.6.3.1	2,5%		2.50%
Cek As max		ρ <= ρ max ?		OK
a	22.2.2.4.1	$As * f_y / (0.85 * f_c' * b)$	mm	20.987
M _n	22.2.2.4.1	$As * f_y * (d - a/2)$	kN-m	31.554
c	22.2.2.4.1	a / β ₁	mm	24.691
ε _s	22.2.1.2, 22.2.2.1	(d - c) / c * 0.003		0.033
φ	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0.900
φM _n		φ * M _n	kN-m	28.398
M _u			kN-m	4.061
Cek φM _n > M _u		φM _n > M _u ?		OK
As Perlu		M _u / [f _y * (d - a/2)]	mm ²	34.165
Lapangan Positif				
n		Input		2
d _b			mm	13
Jarak Bersih Antar Tulangan		$(b - 2 c_c - 2 d_s - n * d_b) / (n - 1)$	mm	124.000
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih >= d _b dan 25 mm?		IYA
Jumlah Lapis				1
As Pasang		$n * \pi / 4 * d_b^2$	mm ²	265.465
AS _{min,1}	9.6.1.2	$(f_c')^{0.5} / (4 * f_y) * b * d$	mm ²	218.378
AS _{min,2}	9.6.1.2	$1.4 / (4 * f_y) * b * d$	mm ²	244.583
AS _{min,4}	18.6.3.2	0.25 * As Tumpuan Negatif	mm ²	132.732
Cek As min		As Pasang >= As min ?		OK
ρ		As / (b * d)		0.36%

$\rho_{max,1}$		$0.75 \rho_b = 0.75 * 0.85 * \beta_1 * f_c' / f_y * (600 / (600 + f_y))$		1.90%
$\rho_{max,2}$	18.6.3.1	2,5%		2.50%
Cek As max		$\rho \leq \rho_{max} ?$		OK
a	22.2.2.4.1	$As * f_y / (0.85 * f_c' * b)$	mm	20.987
M_n	22.2.2.4.1	$As * f_y * (d - a/2)$	kN-m	31.554
c	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	24.691
ϵ_s	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c * 0.003$		0.033
ϕ	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0.900
ϕM_n		$\phi * M_n$	kN-m	28.398
M_u			kN-m	5.570
Cek $\phi M_n > M_u$		$\phi M_n > M_u ?$		OK
As Perlu		$M_u / [f_y * (d - a/2)]$	mm ²	46.859

c. Desain Torsi

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2019			
Properti Material dan Penampang				
Panjang Balok, L		Input	mm	3100
Lebar Balok, b		Input	mm	250
Tinggi Balok, h		Input	mm	350
Panjang Tumpuan	18.6.4.1	$2 * h$	mm	700
Diameter Tulangan Longitudinal, d_b		Input	mm	13
Diameter Tulangan Pinggang, d_{bt}		Input	mm	10
Diameter Tulangan Sengkang, d_s		Input	mm	10
Selimut Bersih, c_c		Input	mm	40
Tinggi Efektif Balok, d		$h - c_c - d_s - d_b/2$	mm	293.5
Kuat Tekan Beton, f_c'		Input	MPa	25

Kuat Leleh Baja Tulangan, f_y		Input	MPa	420
Kuat Leleh Tul. Transversal, f_y		Input	MPa	280
β_1	Tabel 22.2.2.4.3	$0.65 \leq 0.85 - 0.05 * (f_c' - 28) / 7 \leq 0.85$		0.8500
Panjang Kolom, c_1		Input (Sisi tegak lurus lebar balok)	mm	300
Lebar Kolom, c_2		Input (Sisi yang ditempel balok/sejajar lebar balok)	mm	300
L_n		$L - c_1$	mm	2800
Parameter Geometri Penampang untuk Perhitungan Torsi				
A_{cp}		$b * h$	mm ²	87500
P_{cp}		$2 * (b + h)$	mm	1200
x_o		$b - 2c_c - d_s$	mm	160
y_o		$h - 2c_c - d_s$	mm	260
A_{oh}	R22.7.6.1.1	$x_o * y_o$	mm ²	41600
A_o	22.7.6.1.1	$0.85 A_{oh}$	mm ²	35360
P_h	22.7.6.1	$2 * (x_o + y_o)$	mm	840
Gaya Dalam				
T_u		Input	kN m	4.4927
Pengecekan Kebutuhan Tulangan Torsi				
T_{cr}		$0.33 * (f_c')^{0.5} * A_{cp} / P_{cp}$	N mm	10527344
ϕ	Tabel 21.2.1			0.75
$\phi T_{cr} / 4$			N mm	1973877
Perlu Tulangan Torsi?	Tabel 22.7.4.1	$T_u > \phi T_{cr} / 4 ?$		Iya
Perhitungan di bawah ini harus diperiksa				
Pengecekan Kecukupan Dimensi Penampang				
Jenis Torsi		Statis Tertentu = Kesetimbangan, Statis Tak Tentu = Kompatibilitas		Kompatibilitas
T_u Pakai	22.7.3.2, 22.7.5	ϕT_{cr} atau T_u	N mm	4492700

V_u		Dari Sheet Desain Geser	N	53292
V_c	22.5.5.1	$0.17 * (f_c')^{0.5} * b * d$	N	62369
Tegangan Ultimate Geser+Torsi	22.7.7.1	$\{ [V_u / b*d]^2 + [T_u P_h / (1.7 A_{oh}^2)]^2 \}^{0.5}$	MPa	1.474
Kapasitas Tegangan Beton	22.7.7.1	$\phi * \{ [V_c / (b * d)] + 0.66 * (f_c')^{0.5} \}$	MPa	3.113
Cek Dimensi Penampang	22.7.7.1	Ruas Kiri <= Ruas Kanan ?		OK

Parameter Umum Lainnya				
f_y / f_{yt}		Kuat Leleh Baja Tulangan Torsi = Kuat Leleh Baja Tulangan Lentur dan Geser		1
θ	22.7.6.1.2	θ diambil untuk balok komponen struktur non prategang	°	45
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	50
s Lapangan		Dari Sheet Desain Geser	mm	100
s max 1	9.7.6.3.3	$P_h / 8$	mm	105
s max 2	9.7.6.3.3	300 mm	mm	300
Cek Spasi Tumpuan		s Tumpuan >= s max ?		OK
Cek Spasi Lapangan		s Lapangan >= s max ?		OK
A_{v+tt} / s Tumpuan Pasang		$n * \pi / 4 * d_s^2 / s$	mm ² /mm	3.142
A_{v+tt} / s Tumpuan Pasang		$n * \pi / 4 * d_s^2 / s$	mm ² /mm	1.571
A_t / s	22.7.6.1	$T_u / (2 * \phi * A_o * f_y)$	mm ² /mm	0.202
A_v / s Tumpuan Perlu		$(V_u \text{ Tumpuan} / \phi - V_c) / (f_y * d)$	mm ² /mm	0.865

A_v / s Lapangan Perlu		$(V_u \text{ Lapangan} / \phi - V_c) / (f_y * d)$	mm ² /mm	-0.691
A_{v+T} / s Tumpuan Perlu	R9.5.4.3	$2 * A_t / s + A_v / s$		1.268
A_{v+T} / s Lapangan Perlu	R9.5.4.3	$2 * A_t / s + A_v / s$		-0.287
A_{v+T} / s min 1	9.6.4.2	$0.062 * (f_c')^{0.5} * b / f_y$		0.185
A_{v+T} / s min 2	9.6.4.2	$0.35 * b / f_y$		0.208
Cek Geser + Torsi Tumpuan		$A_{v+T} / s \text{ Pasang} \geq A_{v+T} / s$ Perlu dan min ?		OK
Cek Geser + Torsi Lapangan		$A_{v+T} / s \text{ Pasang} \geq A_{v+T} / s$ Perlu dan min ?		OK
Penulangan Longitudinal Torsi				
d_b atau d_{bt}			mm	10
d_b , min	9.7.5.2	$0.042 s$	mm	4.2
Cek d_b		$d_b \geq d_b \text{ min} ?$		OK
As Perlu Tumpuan Atas		Dari Sheet Desain Geser	mm ²	129.269
As Perlu Tumpuan Bawah		Dari Sheet Desain Geser	mm ²	62.237
As Perlu Lapangan Atas		Dari Sheet Desain Geser	mm ²	34.165
As Perlu Lapangan Bawah		Dari Sheet Desain Geser	mm ²	46.859
A_1	22.7.6.1	$A_t / s * P_h$	mm ²	169.408
A_1 min	9.6.4.3	$0.42 * (f_c')^{0.5} * A_{cp} / f_y - (A_t/s) * P_h$	mm ²	268.092
$A_s + A_1$ Perlu Tumpuan			mm ²	459.598
$A_s + A_1$ Perlu Lapangan			mm ²	349.116
n Tumpuan Atas		Dari Sheet Desain Lentur		4
n Tumpuan Tengah		Input (Disarankan Kelipatan 2)		2
n Tumpuan Bawah		Dari Sheet Desain Lentur		2
n Tumpuan Vertikal		$2 + n \text{ Tengah} / 2$		3

n Lapangan Atas		Dari Sheet Desain Lentur		2
n Lapangan Tengah		Input (Disarankan Kelipatan 2)		2
n Lapangan Atas		Dari Sheet Desain Lentur		2
n Tumpuan Vertikal		$2 + n \text{ Tengah} / 2$		3
Spasi Horizontal Tumpuan		$(b - 2c_c - 2d_s - d_b) / [\min(n \text{ atas}, n \text{ bawah}) - 1]$	mm	137
Spasi Vertikal Tumpuan		$(h - 2c_c - 2d_s - d_b) / (n \text{ Vertikal} - 1)$	mm	119
Spasi Horizontal Lapangan		$(b - 2c_c - 2d_s - d_b) / [\min(n \text{ atas}, n \text{ bawah}) - 1]$	mm	137
Spasi Vertikal Lapangan		$(h - 2c_c - 2d_s - d_b) / (n \text{ Vertikal} - 1)$	mm	119
Cek Spasi Tulangan Longitudinal Tumpuan		Spasi $\geq 300 \text{ mm} ?$		OK
Cek Spasi Tulangan Longitudinal Lapangan		Spasi $\geq 300 \text{ mm} ?$		OK
$A_s + A_1$ Pasang Tumpuan			mm ²	953.473
$A_s + A_1$ Pasang Lapangan			mm ²	688.009
Cek Lentur + Torsi Tumpuan		$A_s + A_1 \text{ Pasang} \geq A_s + A_1$ Perlu ?		OK
Cek Lentur + Torsi Lapangan		$A_s + A_1 \text{ Pasang} \geq A_s + A_1$ Perlu ?		OK

d. Kesimpulan

Kesimpulan	
Syarat Gaya dan Geometri	OK
Kapasitas Lentur	OK
Kapasitas Geser	OK
Kapasitas Torsi	OK

Tulangan Longitudinal	
Longitudinal Tumpuan Atas	4 D13
Longitudinal Tumpuan Tengah	2D10
Longitudinal Tumpuan Bawah	2 D13
Longitudinal Lapangan Atas	2 D13
Longitudinal Lapangan Tengah	2D10
Longitudinal Lapangan Bawah	2 D13
Tulangan Transversal/Sengkang	
Sengkang Tumpuan	2D10-50
Sengkang Lapangan	2D10-100

2.8.7. Desain Kolom

2.8.7.1 Kolom (30 x 30)

Pada perhitungan Kolom dipakai SNI 2847 : 2019 tentang persyaratan beton structural untuk bangunan Gedung, pada perhitungan desain kolom dibagi 2 desain yaitu transversal dan longitudinal.

Parameter yang dipakai pada perancangan kolom 30 x 30 pada Panti Rehabilitasi adalah sebagai berikut:

Panjang kolom	(L)	= 3500 mm
Sisi Pendek Kolom	(b)	= 300 mm
Sisi Panjang kolom	(h)	= 300 mm
Diameter Tulangan Longitudinal	(d _b)	= 10 mm
Diameter Tulangan Sengkang	(d _s)	= 40 mm
Selimit Bersih	(cc)	= 40 mm
Kuat Tekan Beton	(f _{c'})	= 25 MPa
Kuat Leleh Baja Tulangan	(f _y)	= 420 Mpa
Tinggi Balok	(hb)	= 350 mm
L _n	(L – hb)	= 3125 mm

Kemudian setelah menentukan parameter perancangan kolom, selanjutnya menentukan syarat gaya dan geometri geometri.

$$\text{Syarat Sisi Terpendek (} b \geq 300 \text{ mm)} = OK$$

$$\text{Syarat Rasio Dimensi Penampang (} b/h \geq 0.40 \text{)} = OK$$

Kemudian adalah Pengecekan Terhadap Gaya Dalam Aksial-Lentur (Menggunakan PCA Column, atau SP Column, atau CSI Column, dll.)

Jumlah Tulangan = 12

Luas Tulangan Longitudinal (As)

$$n * \frac{\pi}{4} * db^2$$

$$12 * \frac{3,14}{4} * 13^2 = 1592,8 \text{ mm}^2$$

Rasio Tulangan (ρ)

$$As / (b * h)$$

$$\frac{1592,8}{300 * 300} = 1,77 \%$$

Cek ρ_{min} dan ρ_{max}

$$1\% \leq \rho \leq 6\% = OK$$

Setelah pengecekan terhadap gaya dalam aksial dan lentur maka selanjutnya adalah pengecekan SCWB atau Strong Column Weak Beam.

Momen Nominal Kolom, M_{nc}

- Input (nilai terkecil) = 162.000 kN m

M_{pr}^- Tumpuan Balok

- Input = 72,387 kN m

M_{pr}^+ Tumpuan Balok

- Input = 37.575 kN m

Cek SCWB

$$2 * M_{nc} \geq 1,2 * (M_{pr}^- + M_{pr}^+)$$

$$2 * 162.000 \geq 1,2 * (72,387 + 37.575)$$

$$2 * 162.000 \geq 131.954 = OK$$

Setelah menghitung Desain longitudinal maka selanjutnya adalah menghitung Desain Transversal, pada desain ini yang pertama kami menghitung Panjang Zona Sendi Plastis/Tumpuan.

$l_{o1} (h) = 300 \text{ mm}$

$l_{o2} \left(\frac{Ln}{6}\right)$

- $3125 / 6 = 520,8 \text{ mm}$

$$l_{o3} \text{ 450 mm} = 450 \text{ mm}$$

$$l_o \text{ Nilai terbesar dari } l_{o1} - l_{o3} = 520,8 \text{ mm}$$

Setelah kami menghitung Panjang Zona Sendi Plastis/Tumpuan, selanjutnya adalah menghitung Tulangan Transversal Zona Sendi Plastis/Tumpuan.

Jumlah Kaki Sisi Pendek (n1)

$$\text{- Input} = 4 \text{ mm}$$

Jumlah Kaki Sisi Panjang (n2)

$$\text{- Input} = 4 \text{ mm}$$

Spasi (s)

$$\text{- Input} = 100 \text{ mm}$$

Spasi Kaki Terbesar, xi max

$$\text{- Input} = 300 \text{ mm}$$

Ash 1

$$\text{- } n * \pi/4 * ds^2$$

$$4 * 3,14/4 * 10^2 = 314.159 \text{ mm}^2$$

Ash 2

$$\text{- } n * \pi/4 * ds^2$$

$$4 * 3,14/4 * 10^2 = 314.159 \text{ mm}^2$$

Ash / s, 1

$$\text{- Ash 1 / s}$$

$$314.159 / 50 = 6.283 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Ash / s, 2

$$\text{- Ash 1 / s}$$

$$314.159 / 50 = 6.283 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Setelah menghitung tulangan transversal zona sendi plastis maka selanjutnya adalah dengan menghitung Confinemnet/ kekekangan Zona sendi plastis.

Lebar Penampang Inti Beton (bc)

$$\text{- } b - 2Cc$$

$$300 - 2 * 40 = 220 \text{ mm}$$

Panjang Penampang Inti Beton (c)

$$\begin{aligned} & - b - 2c_c \\ & 300 - 2 * 40 & = 220 \text{ mm} \end{aligned}$$

Luas Penampang Kolom (Ag)

$$\begin{aligned} & - b * h \\ & 300 * 300 & = 90000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luas Penampang Inti Beton (Ach)

$$\begin{aligned} & - b_c * h_c \\ & 220 * 220 & = 48400 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Pada sisi pendek/ Sumbu Lemah :

$A_{sh/s \text{ min}, 1}$

$$\begin{aligned} & - 0.3 (bc * fc' / fy) * (Ag / Ach - 1) \\ & 0.3 (220 * 25 / 420) \left(\frac{90000}{48400} - 1 \right) & = 3.377 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$A_{sh/s \text{ min}, 2}$

$$\begin{aligned} & - 0.09 * hc * fc' / fy \\ & 0.09 * 220 * 25 / 420 & = 1.179 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek $A_{sh/s \text{ 1}}$

$$\begin{aligned} & - A_{sh/s \text{ 2}} \geq A_{sh/s \text{ min}} & = OK \end{aligned}$$

Pada sisi pendek/ Sumbu Kuat :

$A_{sh/s \text{ min}, 1}$

$$\begin{aligned} & - 0.3 (bc * fc' / fy) * (Ag / Ach - 1) \\ & 0.3 (220 * 25 / 420) \left(\frac{90000}{48400} - 1 \right) & = 3.377 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$A_{sh/s \text{ min}, 2}$

$$\begin{aligned} & - 0.09 * hc * fc' / fy \\ & 0.09 * 220 * 25 / 420 & = 1.179 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek $A_{sh/s \text{ 1}}$

$$\begin{aligned} & - A_{sh/s \text{ 2}} \geq A_{sh/s \text{ min}} & = OK \end{aligned}$$

Perhitungan Cek Spasi :

$S_{\text{max},1}$

$$\begin{aligned} & - b / 4 \\ & 300 / 4 & = 75 \text{ mm} \end{aligned}$$

$S_{max,2}$

$$\begin{aligned} & - 6 * db \\ & 6 * 13 = 78 \text{ mm} \end{aligned}$$

h_x

$$- X_{i \text{ max}} = 300 \text{ mm}$$

$S_{max,3} = S_o$

$$- 100 \leq 100 + (350 - h_x) / 3 \leq 150 = 116.667 \text{ mm}$$

S_{max}

$$- \text{Nilai terkecil dari } S_{max \ 1} - S_{max \ 3} = 75 \text{ mm}$$

Cek Spasi

$$- \text{Apabila } s \leq S_{max} = OK$$

Setelah melakukan perhitungan kekekangazona sendi plastis, selanjutnya adalah menghitung kuat geser zona sendi plastis.

M_{pr} Kolom

$$- \text{Input dari desain} = 131.954 \text{ Kn M}$$

$V_u \ 1$

$$\begin{aligned} & - 2 * M_{pr \ Kolom} / L_n \\ & 2 * 131.954 * 10^6 / 3125 = 84451 \text{ N} \end{aligned}$$

$V_u \ 2$ (Sumbu Lemah)

$$- \text{Input gaya dalam etabs} * 10^3 = 9092 \text{ N}$$

$V_u \ 2$ (Sumbu Kuat)

$$- \text{Input gaya dalam etabs} * 10^3 = 1311 \text{ N}$$

Perhitungan Geser Beton sumbu lemah lemah :

V_u

$$- \text{Nilai terbesar } V_u = 84451 \text{ N}$$

ϕ

$$= 0.75$$

V_c

$$\begin{aligned} & - 0.17 \left(1 + \frac{Nu}{(14 Ag)} \right) (f'c)^{0.5} b d; d = h - c_c - ds - \frac{db}{2} \\ & 0.17 \left(1 + \frac{Nu}{(14 90000)} \right) (25)^{0.5} b d; d = 300 - 40 - 10 - \frac{13}{2} \\ & = 62161 \text{ N} \end{aligned}$$

Vs Perlu

$$\begin{aligned} & - Vu / \varphi - Vc \\ & \frac{Vu}{0.75} - 62161 = 50440 \text{ N} \end{aligned}$$

As/s Perlu

$$\begin{aligned} & - \frac{Vs}{(fy * d)}; d = h - c_c - ds - \frac{db}{2} \\ & \frac{50440}{(420 * d)}; d = 300 - 40 - 10 - \frac{13}{2} = 0.4932 \text{ mm}^2 / \text{mm} \end{aligned}$$

As/s Min 1

$$\begin{aligned} & - 0.062 (fc')^{0.5} b / fy \\ & 0.062 (25)^{0.5} * 300 / 420 = 0.2214 \text{ mm}^2 / \text{mm} \end{aligned}$$

As/s Min 2

$$\begin{aligned} & - 0.35 h / fy \\ & 0.35 * 300 / 420 = 0.2500 \text{ mm}^2 / \text{mm} \end{aligned}$$

Cek As/s

$$- Ash / s 2 \geq \text{Max} (As/s \text{ Perlu}, As/s \text{ Min}) = OK$$

Perhitungan Geser Beton sumbu lemah Kuat :

Vu

$$- \text{Nilai terbesar Vu} = 84451 \text{ N}$$

φ

$$= 0.75$$

Vc

$$\begin{aligned} & - 0.17 \left(1 + \frac{Nu}{(14 Ag)} \right) (fc')^{0.5} b d; d = h - c_c - ds - \frac{db}{2} \\ & 0.17 \left(1 + \frac{Nu}{(14 90000)} \right) (25)^{0.5} b d; d = 300 - 40 - 10 - \frac{13}{2} \\ & = 62161 \text{ N} \end{aligned}$$

Vs Perlu

$$\begin{aligned} & - Vu / \varphi - Vc \\ & \frac{Vu}{0.75} - 62161 = 50440 \text{ N} \end{aligned}$$

As/s Perlu

$$\begin{aligned} & - \frac{Vs}{(fy * d)}; d = h - c_c - ds - \frac{db}{2} \\ & \frac{50440}{(420 * d)}; d = 300 - 40 - 10 - \frac{13}{2} = 0.4932 \text{ mm}^2 / \text{mm} \end{aligned}$$

A_s/s Min 1

$$\begin{aligned} & - 0.062 (f_c')^{0.5} b / f_y \\ & 0.062 (25)^{0.5} * 300 / 420 = 0.2214 \text{ mm}^2/\text{mm} \end{aligned}$$

A_s/s Min 2

$$\begin{aligned} & - 0.35 h / f_y \\ & 0.35 * 300 / 420 = 0.2500 \text{ mm}^2/\text{mm} \end{aligned}$$

Cek A_s/s

$$- A_s h / s^2 \geq \text{Max} (A_s/s \text{ Perlu}, A_s/s \text{ Min}) = OK$$

Setelah melakukan perhitungan kuat geser sendi plastis selanjutnya adalah melakukan perhitungan tulangan transversal luar zona sendi plastis/ Tumpuan.

Jumlah Kaki Sisi Pendek, n_1

$$- \text{Input} = 2$$

Jumlah Kaki Sisi Panjang, n_2

$$- \text{Input} = 2$$

Spasi (s)

$$- \text{Input} = 150 \text{ mm}$$

A_v Sumbu Lemah

$$\begin{aligned} & - n * \pi/4 * d_s^2 \\ & 2 * 3,14/4 * 10^2 = 157.080 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

A_v Sumbu Kuat

$$\begin{aligned} & - n * \pi/4 * d_s^2 \\ & 2 * 3,14/4 * 10^2 = 157.080 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Setelah menghitung tulangan transversal luar zona sendi plastis maka selanjutnya adalah dengan menghitung Confinemnet/ kekekangan Luar Zona sendi plastis.

Spasi max 1

$$\begin{aligned} & - 6 * db \\ & 6 * 13 = 78 \text{ mm} \end{aligned}$$

Spasi max 2

$$- 150 \text{ mm} = 150 \text{ mm}$$

Cek spasi

$$- \text{Spasi} \leq \text{Spasi Max} = OK$$

Perhitungan Geser Beton sumbu lemah lemah :

Vu

- Nilai terbesar Vu = 9092 N

φ

= 0.75

Vc

- $0.17 \left(1 + \frac{Nu}{(14 Ag)} \right) (fc')^{0.5} b d; d = h - c_c - ds - \frac{db}{2}$

$0.17 \left(1 + \frac{Nu}{(14 * 90000)} \right) (25)^{0.5} b d; d = 300 - 40 - 10 - \frac{13}{2}$

= 62161 N

Vs Perlu

- $Max (Vu / \phi - Vc; 0)$

$Max \left(\frac{9092}{0.75} - 62161; 0 \right) = 0.000 \text{ N}$

As/s Perlu

- $\frac{Vs}{(fy * d)}; d = h - c_c - ds - \frac{db}{2}$

$\frac{0}{(420 * d)}; d = 300 - 40 - 10 - \frac{13}{2} = 0.000 \text{ mm}^2 / \text{mm}$

As/s Min 1

- apabila $0 > 0,062 (fc')^{0.5} b / fy$

$0.062 (25)^{0.5} * 300 / 420,0 = 0.000 \text{ mm}^2 / \text{mm}$

As/s Min 2

- apabila $0 > 0,35 h / fy$

$0.35 * 300 / 420,0 = 0.000 \text{ mm}^2 / \text{mm}$

Cek As/s

- $Av/s \geq Av/s \text{ Perlu} = OK$

Perhitungan Geser Beton sumbu lemah Kuat :

Vu

- Nilai terbesar Vu = 1311 N

φ

= 0.75

Vc

- $0.17 \left(1 + \frac{Nu}{(14 Ag)} \right) (fc')^{0.5} b d; d = h - c_c - ds - \frac{db}{2}$

$0.17 \left(1 + \frac{Nu}{(14 * 90000)} \right) (25)^{0.5} b d; d = 300 - 40 - 10 - \frac{13}{2}$

$$= 62161 \text{ N}$$

Vs Perlu

$$- \text{Max} (Vu / \phi - Vc; 0)$$

$$\text{Max} \left(\frac{1311}{0.75} - 62161; 0 \right) = 0.000 \text{ N}$$

As/s Perlu

$$- \frac{Vs}{(fy * d)}; d = h - cc - ds - \frac{db}{2}$$

$$\frac{0}{(420 * d)}; d = 300 - 40 - 10 - \frac{13}{2} = 0.000 \text{ mm}^2 / \text{ mm}$$

As/s Min 1

$$- \text{apabila } 0 > 0,062 (fc')^{0.5} b / fy$$

$$0,062 (25)^{0.5} * 300 / 420,0 = 0.000 \text{ mm}^2 / \text{ mm}$$

As/s Min 2

$$- \text{apabila } 0 > 0,35 h / fy$$

$$0,35 * 300 / 420,0 = 0.000 \text{ mm}^2 / \text{ mm}$$

Cek As/s

$$- Av/s \geq Av/s \text{ Perlu} = \text{OK}$$

Berikut ini merupakan tabel rekapitulasi perhitungan kolom dimensi 300 x 300 mm yaitu desain longitudinal dan transversal menggunakan SNI 2847:2019, pada tabel kesimpulan terdapat rekapitulasi penggunaan tulangan.

a. Desain Longitudinal

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2019			
Properti Material dan Penampang				
Panjang/Tinggi Kolom, L		Input	mm	3500
Sisi Pendek Kolom, b		Input	mm	300
Sisi Panjang Kolom, h		Input	mm	300
Diameter Tulangan Longitudinal, db		Input	mm	13
Diameter Tulangan Sengkang, ds		Input	mm	10

Selimit Bersih, c_c		Input	mm	40
Kuat Tekan Beton, f_c'		Input	MPa	25
Kuat Leleh Baja Tulangan, f_y		Input	MPa	420
Tinggi Balok, h_b		Input	mm	350
L_n		$L - h_b$	mm	3125

Syarat Gaya dan Geometri				
Syarat Gaya Aksial	Tidak dipersyaratkan. Baca R18.7.1	$P_u > 0.1 A_g f_c' ?$		OK
Syarat Sisi Terpendek	18.7.2.1	$b \geq 300 \text{ mm} ?$		OK
Syarat Rasio Dimensi Penampang	18.7.2.1	$b/h \geq 0.4 ?$		OK
Pengecekan Terhadap Gaya Dalam Aksial-Lentur (Menggunakan PCA Column, atau SP Column, atau CSI Column, dll.)				
Jumlah Tulangan, n		Input		12
Luas Tulangan Longitudinal, A_s		$n * \pi/4 * d_b^2$	mm ²	1592.8
Rasio Tulangan, ρ		$A_s / (b * h)$		1.77%
Cek ρ_{min} dan ρ_{max}	18.7.4.1	$1\% \leq \rho \leq 6\%$		OK
Pengecekan Strong Column - Weak Beam (SCWB)				
Momen Nominal Kolom, M_{nc}		Input (nilai terkecil)	kN m	162.000
M_{pr}^- Tumpuan Balok		Input	kN m	72.387
M_{pr}^+ Tumpuan Balok		Input	kN m	37.575
Cek SCWB	18.7.3.2	$2 * M_{nc} \geq 1.2 * (M_{pr}^- + M_{pr}^+)$		OK

b. Desain Transversal

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2019			
Properti Material dan Penampang				
Panjang/Tinggi Kolom, L		Input	mm	3500
Sisi Pendek Kolom, b		Input	mm	300
Sisi Panjang Kolom, h		Input	mm	300

Diameter Tulangan Longitudinal, d_b		Input	mm	13
Diameter Tulangan Sengkang, d_s		Input	mm	10
Selimut Bersih, c_c		Input	mm	40
Kuat Tekan Beton, f_c'		Input	MPa	25
Kuat Leleh Baja Tulangan, f_y		Input	MPa	420
Tinggi Balok, h_b		Input	mm	375
L_n		$L - h_b$	mm	3125
Panjang Zona Sendi Plastis				
l_{o1}	18.7.5.1	h	mm	300.0
l_{o2}	18.7.5.1	$L_n / 6$	mm	520.8
l_{o3}	18.7.5.1	450 mm	mm	450
l_o	18.7.5.1	Max (l_{o1} ; l_{o2} ; l_{o3})	mm	520.8

Tulangan Transversal Zona Sendi Plastis/Tumpuan				
Jumlah Kaki Sisi Pendek, n_1		Input		4
Jumlah Kaki Sisi Panjang, n_2		Input		4
Spasi, s		Input	m m	50
Spasi Kaki Terbesar, $x_{i \max}$	R18.7.5.2	Input	m m	300
$A_{sh \ 1}$		$n * \pi / 4 * d_s^2$	m m ²	314.159
$A_{sh \ 2}$		$n * \pi / 4 * d_s^2$	m m ²	314.159
$A_{sh} / s, 1$			mm ² / mm	6.283
$A_{sh} / s, 2$			mm ² / mm	6.283
Confinement/Kekangan Zona Sendi Plastis				
Lebar Penampang Inti Beton, b_c	R18.7.5.2	$b - 2c_c$	mm	220
Panjang Penampang Inti Beton, h_c	R18.7.5.2	$h - 2c_c$	mm	220

Luas Penampang Kolom, A_g		$b * h$	mm^2	90000
Luas Penampang Inti Beton, A_{ch}		$b_c * h_c$	mm^2	48400
Sisi Pendek/Sumbu Lemah				
A_{sh}/s min, 1	18.7.5.4	$0.3 (b_c * f_c' / f_y) * (A_g / A_{ch} - 1)$	mm^2	3.377
A_{sh}/s min, 2	18.7.5.4	$0.09 * b_c * f_c' / f_y$	mm^2	1.179
Cek A_{sh}/s 1		$A_{sh}/s \geq A_{sh}/s$ min ?		OK
Sisi Panjang/Sumbu Kuat				
A_{sh}/s min, 1	18.7.5.4	$0.3 (h_c * f_c' / f_y) * (A_g / A_{ch} - 1)$	mm^2	3.377
A_{sh}/s min, 2	18.7.5.4	$0.09 * h_c * f_c' / f_y$	mm^2	1.179
Cek A_{sh}/s 2		$A_{sh}/s \geq A_{sh}/s$ min ?		OK
Cek Spasi				
$s_{max,1}$	18.7.5.3	$b / 4$	mm	75
$s_{max,2}$	18.7.5.3	$6 * d_b$	mm	78
h_x	18.7.5.3	$x_i \max$	mm	300
$s_{max,3} = s_o$	18.7.5.3	$100 \leq 100 + (350 - h_x) / 3 \leq 150$	mm	116.667
s_{max}	18.7.5.3	Min ($s_{max,1}, s_{max,2}, s_{max,3}$)	mm	75.000
Cek Spasi				OK
Kuat Geser Zona Sendi Plastis				

Gaya Geser Desain (Perlu input dari PCA Column, atau SP Column, atau CSI Column, dll. dengan $f_{pr} = 1.25 f_y$)				
M_{pr} Kolom		Input, (nilai terbesar)	kN m	131.95 4
V_{u1}	18.7.6.1	$2 * M_{pr}$ Kolom / Ln	N	84451
Gaya Geser Hasil Analisis Struktur				
V_{u2} , Sumbu Lemah		Dari Sheet Gaya Dalam	N	9092
V_{u2} , Sumbu Kuat		Dari Sheet Gaya Dalam	N	1311
Tahanan Geser Beton Sumbu Lemah				
V_u		Max (V_{u1} , V_{u2})	N	84451
ϕ	Tabel 21.2.1			0.75
V_c	22.5.6.1	$0.17 (1 + N_u / (14 A_g)) (f_c')^{0.5} h d$; $d = b - c_c - d_s - d_b / 2$	N	62161
V_s Perlu	22.5.10.1	$V_u / \phi - V_c$	N	50440
A_s/s Perlu	22.5.10.5.3	$V_s / (f_y * d)$; $d = b - c_c - d_s - d_b / 2$	mm ² / mm	0.4932
A_s/s Min 1	10.6.2.2	$0.062 (f_c')^{0.5} h / f_y$	mm ² / mm	0.2214
A_s/s Min 2	10.6.2.2	$0.35 h / f_y$	mm ² / mm	0.2500
Cek A_s/s		$A_{sh} / s \geq \text{Max} (A_s/s \text{ Perlu}, A_s/s \text{ Min})$?		OK
Tahanan Geser Beton Sumbu Kuat				
V_u		Max (V_{u1} , V_{u2})	N	84451
ϕ	Tabel 21.2.1			0.75
V_c	22.5.6.1	$0.17 (1 + N_u / (14 A_g)) (f_c')^{0.5} b d$; $d = h - c_c - d_s - d_b / 2$	N	62161
V_s Perlu	22.5.10.1	$V_u / \phi - V_c$	N	50440
A_s/s Perlu	22.5.10.5.3	$V_s / (f_y * d)$; $d = h - c_c - d_s - d_b / 2$	mm ² / mm	0.4932

A_s/s Min 1	10.6.2.2	$0.062 (f_c')^{0.5} b / f_y$	mm^2 / mm	0.2214
A_s/s Min 2	10.6.2.2	$0.35 b / f_y$	mm^2 / mm	0.2500
Cek A_s/s		$A_{sh} / s \geq \text{Max}$ (A_s/s Perlu, A_s/s Min) ?		OK

Tulangan Transversal Luar Zona Sendi Plastis/Tumpuan				
Jumlah Kaki Sisi Pendek, n1		Input		2
Jumlah Kaki Sisi Panjang, n2		Input		2
Spasi, s		Input	mm	50
A_v Sumbu Lemah		$n * \pi/4 * d_s^2$	mm^2	157.080
A_v Sumbu Kuat		$n * \pi/4 * d_s^2$	mm^2	157.080
Confinement/Kekangan Luar Zona Sendi Plastis				
Spasi max 1	18.7.5.5	$6 d_b$	mm	78.0
Spasi max 2	18.7.5.5	150 mm	mm	150.0
Cek Spasi		Spasi \leq Spasi Max ?		OK
Kuat Geser Luar Zona Sendi Plastis				
Tahanan Geser Beton Sumbu Lemah				
V_u		Dari Sheet Gaya Dalam	N	9092
ϕ	Tabel 21.2.1			0.75
V_c	22.5.6.1	$0.17 (1 + N_u / (14 A_g)) (f_c')^{0.5} h d$; $d = b - c_c - d_s - d_b / 2$	N	62161
V_s Perlu	22.5.10.1	$\text{Max} (V_u / \phi - V_c; 0)$		0
A_v/s Perlu	22.5.10.5.3	$V_s / (f_y * d)$; $d = b - c_c - d_s - d_b / 2$		0.0000
A_s/s Min 1	10.6.2.2	$0.062 (f_c')^{0.5} b / f_y$	mm^2 / mm	0.0000

A_s/s Min 2	10.6.2.2	$0.35 b / f_y$	mm^2 / mm	0.0000
Cek A_s/s		$A_v/s \geq A_v/s$ Perlu ?		OK
Tahanan Geser Beton Sumbu Kuat				
V_u		Dari Sheet Gaya Dalam	N	1311
ϕ	Tabel 21.2.1			0.75
V_c	22.5.6.1	$0.17 (1 + N_u / (14 A_g)) (f_c')^{0.5} b d$; $d = h - c_c - d_s - d_b / 2$	N	62161
V_s Perlu	22.5.10.1	$\text{Max} (V_u / \phi - V_c; 0)$		0
A_v/s Perlu	22.5.10.5.3	$V_s / (f_y * d)$; $d = h - c_c - d_s - d_b / 2$		0.0000
A_s/s Min 1	10.6.2.2	$0.062 (f_c')^{0.5} b / f_y$	mm^2 / mm	0.0000
A_s/s Min 2	10.6.2.2	$0.35 b / f_y$	mm^2 / mm	0.0000
Cek A_s/s		$A_v/s \geq A_v/s$ Perlu ?		OK

c. Kesimpulan

Kesimpulan	
Syarat Gaya dan Geometri	OK
Kapasitas Lentur	OK
Kapasitas Geser	OK
Tulangan Longitudinal	
Longitudinal	12 D13
Tulangan Transversal/Sengkang Tumpuan	
Sumbu Lemah	4D10-50
Sumbu Kuat	4D10-50
Tulangan Transversal/Sengkang Lapangan	
Sumbu Lemah	2D10-50
Sumbu Kuat	2D10-50