

BAB II

PERANCANGAN STRUKTUR

2.1 Data Umum

Data umum proyek pembangunan homestay UNIMUS secara umum, antara lain :

Nama Proyek : Homestay UNIMUS
Lokasi Proyek : Semarang, Jawa Tengah
Jumlah Lantai : 4 lantai dan 1 dak
Struktur Bangunan : Beton Bertulang

2.2 Pembebanan

Dalam perencanaan struktur bangunan, beban adalah faktor utama yang menentukan dimensi dan kekuatan elemen-elemen struktur. Pembebanan yang digunakan dalam proyek ini mengacu pada:

- SNI 1727:2020 – Beban minimum untuk perencanaan bangunan gedung dan struktur lainnya
- SNI 1726:2019 – Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung
- SNI 2847:2019 – Persyaratan beton struktural untuk bangunan Gedung

Jenis-jenis pembebanan yang diperhitungkan terdiri dari:

2.2.1 Beban Mati (*Dead Load*)

Beban mati adalah beban tetap yang bekerja terus-menerus sepanjang umur bangunan. Beban ini berasal dari berat sendiri elemen-elemen struktur dan komponen non-struktural permanen. Beban mati merupakan beban paling mudah dihitung karena sifatnya konstan dan diketahui sejak tahap perencanaan.

Komponen beban mati yang diperhitungkan meliputi:

1. Berat sendiri struktur
 - Dihitung berdasarkan volume dan berat jenis material struktur.
 - Beton bertulang umumnya memiliki berat jenis 2400 kg/m^3 .
 - Misalnya, pelat lantai dengan tebal 12 cm memiliki berat sekitar 288 kg/m^2 .

2. Penutup lantai

- Lantai keramik lengkap dengan spesi: $\pm 50 \text{ kg/m}^2$
- Digunakan di kamar, lorong, dan area umum.

3. Plafon dan rangka plafon

- Plafon gypsum beserta rangka hollow: $\pm 20\text{--}30 \text{ kg/m}^2$

4. Dinding pasangan bata

Dinding bata merah 1/2 bata + plesteran dua sisi

- Tebal total sekitar 15 cm
 - Berat jenis $\pm 1800\text{--}2000 \text{ kg/m}^3$
 - Perhitungan dilakukan dengan mengalikan volume per m^3 dinding dengan berat jenis.
5. Elemen tambahan permanen
- Railing, pintu, jendela, kusen kayu/aluminium, tangga permanen
 - Diestimasi berdasarkan data empiris atau referensi pembebanan standar.

Semua beban mati dimasukkan sebagai beban tetap (DL) dalam model analisis struktur. Ketelitian dalam perhitungan beban mati sangat penting karena berkontribusi besar terhadap beban total dan gaya gravitasi.

2.2.1.1 Perhitungan Beban Mati

Tabel 2.1 Perhitungan Beban Mati

	Beban Struktur			
	Element Balok		Element Kolom	
	Volume Balok	Berat total	Volume Kolom	Berat Kolom
Lantai 2	3.108	74.592	3.537	84.888
Lantai 3	3.108	74.592	2.1465	51.516
Lantai 4	3.108	74.592	1.4715	35.316
Total	9.324	223.776	7.155	171.72

Tabel 2.2 Perhitungan Beban Mati

Beban Struktur			
Element Pelat		Element Dinding	
Volume total	Berat	Total dinding	Berat dinding
4.14	99.36	35.37	848.88
4.14	99.36	21.465	515.16
4.14	99.36	14.715	353.16
12.42	298.08	71.55	1717.2

Tabel 2.3 Perhitungan Beban Mati

Beban Mati Tambahan			Total per lantai
Plasteran Keramik	M&E	Plafond	
10.35	6.9	3.45	1174.575
10.35	6.9	3.45	792.1875
10.35	6.9	3.45	606.5625
31.05	20.7	10.35	

2.2.2 Beban Hidup (*Live Load*)

Beban hidup adalah beban sementara yang berasal dari aktivitas penghuni, pergerakan manusia, serta perabot yang tidak melekat permanen pada struktur bangunan. Beban ini bersifat tidak tetap dan nilainya tergantung pada fungsi ruang yang digunakan.

Dalam proyek pembangunan Homestay UNIMUS yang dirancang sebagai hunian sementara bagi mahasiswa, dosen tamu, atau pengunjung, ruang-ruang yang ada sebagian besar bersifat fungsional dan terbatas, sehingga perhitungan beban hidup difokuskan pada tiga area utama, yaitu:

1. Kamar Tidur

Kamar tidur merupakan area utama dalam bangunan homestay. Beban hidup pada ruang ini mencakup:

- Aktivitas individu atau dua orang (penghuni)
- Perabot ringan: tempat tidur, meja belajar, lemari pakaian kecil
- Pergerakan rutin penghuni

Menurut SNI 1727:2020, beban hidup untuk kamar tidur dalam bangunan hunian ditetapkan sebesar 200 kg/m². Nilai ini mencerminkan kondisi maksimum yang mungkin terjadi pada ruang tersebut selama masa operasionalnya.

2. Koridor dan Lorong

Koridor dan lorong berfungsi sebagai jalur sirkulasi utama antarkamar. Area ini memiliki potensi pergerakan manusia secara berulang, misalnya saat penghuni keluar masuk kamar atau saat staf melakukan pembersihan.

- Aktivitas: lalu lintas penghuni dan tamu
- Tidak ada perabot tetap
- Dapat terjadi penumpukan sesaat dalam kondisi darurat

Beban hidup untuk koridor dan lorong berdasarkan SNI adalah 300 kg/m², karena area ini masuk kategori sirkulasi umum dengan potensi mobilitas tinggi, meskipun ukurannya sempit.

3. Tangga

Tangga adalah elemen vertikal utama dalam homestay bertingkat. Karena fungsi tangga sebagai jalur evakuasi dan sirkulasi utama antar lantai, maka beban hidupnya lebih tinggi dibanding ruang biasa.

- Potensi beban bergerak cepat (naik-turun)
- Digunakan dalam kondisi darurat (evakuasi gempa/kebakaran)
- Sering dipakai untuk membawa barang dari lantai ke lantai

Beban hidup untuk tangga menurut SNI adalah 400 kg/m². Nilai ini mempertimbangkan faktor keselamatan dan kekuatan struktur untuk menahan beban sesaat yang signifikan.

2.2.3 Beban Gempa (Earthquake Load)

Beban gempa adalah beban lateral dinamis yang bekerja pada struktur akibat getaran tanah saat terjadi gempa bumi. Karena Indonesia termasuk wilayah rawan gempa, beban ini menjadi sangat krusial dalam perencanaan struktur. Perhitungan beban gempa mengacu pada SNI 1726:2019, dengan parameter sebagai berikut:

- Zona gempa: berdasarkan peta mikrozonasi terbaru dari Pusat Gempa Nasional (PUSGEN)
- Jenis tanah: diasumsikan sebagai tanah sedang (kategori D) jika data tanah tidak tersedia
- Fungsi bangunan: bangunan hunian (importance factor, $I = 1.0$)
- Sistem struktur: sistem rangka pemikul momen menengah
- Metode analisis: statik ekuivalen (untuk bangunan < 40 m tinggi) atau respons spektrum (jika diperlukan)

Perhitungan gempa menghasilkan gaya lateral pada struktur dan digunakan untuk memverifikasi simpangan antar lantai (drift) dan stabilitas global bangunan.

Tabel 2.4 Data Awal Perhitungan Beban Gempa

Parameter	Nilai	Keterangan
Lokasi	Semarang, Jawa Tengah	Wilayah seismik sedang-tinggi
Jenis Struktur	Beton bertulang sistem Rangka Pemikul Momen (RPM)	Struktur tahan gempa konvensional
Tinggi Bangunan	12 Meter	Kurang dari 40 meter, masuk struktur rendah
SDS (Spektrum Desain)	0.7	Berdasarkan peta gempa SNI 1726:2019
Faktor Penting (I)	1.0	Untuk bangunan hunian
Faktor reduksi (R)	8.0	Sistem RPM Khusus
Berat total struktur (W)	Diambil dari hasil beban mati + hidup	Estimasi: ~ 1175 kN/lantai x 3 lantai = 3525 kN

Beban gempa dihitung dengan metode statik ekuivalen, metode ini mengasumsikan bahwa beban gempa horizontal bekerja secara statik dan didistribusikan secara vertikal ke setiap lantai berdasarkan massa dan ketinggian dari pusat massa struktur. Metode ini diatur dalam SNI 1726:2019

rumus dasar:

$$V = C_s \times W$$

Dimana:

V: Gaya geser dasar (kN)

Cs: Koefisien respons seismik

W: Berat total struktur (beban mati+sebagian beban hidup)

R: Faktor reduksi gempa

I: Faktor keutamaan gedung

Perhitungan Koefisien Respon Seismik (Cs)

Karena $T < T_L$ dan bangunan rendah, maka:

$$C_s = \frac{SDS}{R/I} = \frac{0.7}{8/1} = 0.0875$$

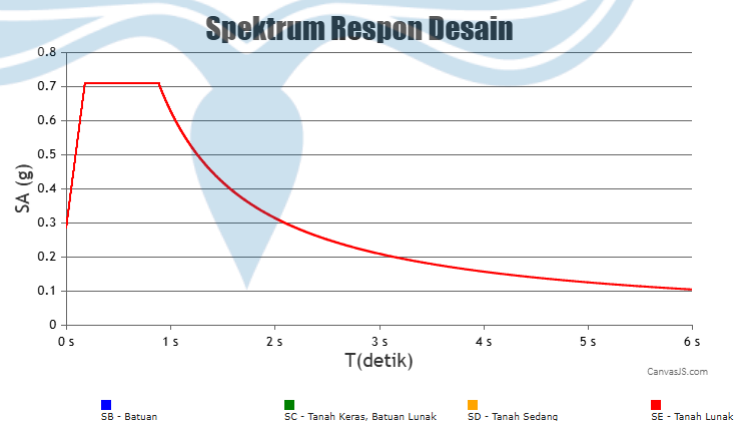
Estimasi berat total bangunan 3 Lantai:

$$W = 1175 \times 3 = 3525$$

Hitung Gaya Geser Dasar (V)

$$V = C_s \times W = 0.0875 \times 3525 = 308.44 \text{ kN}$$

2.2.3.1 Desain Respon Spektrum



Gambar 2.1 Desain Respon Spektrum

2.2.4 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi beban bertujuan untuk mensimulasikan kondisi terberat yang mungkin terjadi pada struktur. Kombinasi beban utama berdasarkan SNI 1727:2020 antara lain:

Kondisi ultimate (faktor keamanan)

- 1.4 D
- 1.2 D + 1.6 L
- 1.2 D + 1.0 L + 1.0 E
- 0.9 D ± 1.0 E (untuk kombinasi beban gempa)

2.3 Komponen Setruktur

2.3.1 Pelat Lantai

Pelat lantai merupakan elemen struktur datar dan horizontal yang berfungsi sebagai lantai bangunan serta pemikul beban mati dan beban hidup. Pelat menerima beban dari penghuni, perabot, maupun lapisan penutup lantai, dan meneruskannya ke sistem struktur utama seperti balok dan kolom. Dalam perencanaan struktur bangunan bertingkat, pelat memiliki peran penting dalam kestabilan dan distribusi beban secara keseluruhan. Pelat lantai dirancang menggunakan beton bertulang dengan mengacu pada standar SNI 2847:2019 mengenai persyaratan beton struktural dan SNI 1727:2020 tentang beban minimum untuk bangunan.

2.3.1.1 Ketentuan Umum Perencanaan Pelat (SNI 1727:2020)

Pelat beton bertulang harus memenuhi ketentuan teknis sebagai berikut:

- **Ketebalan minimum pelat** ditentukan untuk mencegah lendutan berlebih dan disesuaikan dengan panjang bentang dan jenis tumpuan.
- **Penulangan minimum** harus dipenuhi untuk menghindari retak yang berlebihan akibat susut dan temperatur, dengan luas minimum tulangan baja tarik utama tidak kurang dari 0,0018 kali luas penampang beton untuk baja mutu 400 MPa.
- **Jarak maksimum antar tulangan** utama tidak boleh melebihi tiga kali tebal pelat atau 450 mm, tergantung mana yang lebih kecil.

2.3.1.2 Beban yang bekerja pada pelat (SNI 1727:2020)

Pelat lantai harus dirancang untuk memikul kombinasi beban sebagai berikut:

- **Beban mati (*dead load*)**, meliputi berat pelat sendiri, lapisan penutup lantai, dan elemen non-struktural di atas pelat.
- **Beban hidup (*live load*)**, yang ditentukan berdasarkan fungsi ruang seperti kamar, koridor, atau tangga.
- Beban tambahan seperti dinding partisi juga dapat diperhitungkan apabila diletakkan langsung di atas pelat.

2.3.2 Tangga

Tangga merupakan elemen struktur yang berfungsi sebagai jalur sirkulasi vertikal antar lantai dalam bangunan bertingkat. Dalam proyek pembangunan Homestay UNIMUS, tangga dirancang menggunakan beton bertulang yang dicor di tempat (cast in situ), mengacu pada ketentuan teknis dari SNI 2847:2019 tentang beton struktural dan SNI 1727:2020 mengenai pembebanan minimum. Tangga pada bangunan ini dirancang sebagai sistem pelat miring yang ditopang pada kedua ujungnya (dua tumpuan), serta dilengkapi bordes di tengah sebagai tempat istirahat dan perubahan arah tangga. Dimensi anak tangga dirancang dengan mempertimbangkan kenyamanan dan keselamatan pengguna, umumnya dengan tinggi anak tangga 15–18 cm dan lebar injakan 25–30 cm, sehingga memenuhi rumus kenyamanan $2t+a=60-64$ cm.

Secara struktural, pelat tangga diperlakukan seperti pelat satu arah yang menerima beban kombinasi berupa beban mati dan beban hidup. Beban hidup tangga sesuai dengan SNI 1727:2020 adalah sebesar $4,00 \text{ kN/m}^2$. Ketebalan pelat tangga direncanakan antara 12–15 cm, tergantung panjang bentang dan sistem tumpuan. Tulangan utama dipasang sepanjang arah tangga untuk menahan momen lentur, sementara tulangan distribusi dipasang tegak lurus untuk mengatasi retak akibat susut dan temperatur.

Dalam pelaksanaannya, konstruksi tangga dilakukan secara monolit dengan bordes maupun pelat lantai agar diperoleh integrasi struktur yang baik dan stabilitas yang terjaga. Penempatan bekisting miring dan perancah yang kuat sangat penting agar pengecoran berjalan sesuai dengan rencana.

Dengan perencanaan yang tepat, tangga akan mampu memenuhi fungsi struktural dan arsitektural secara optimal dalam mendukung kenyamanan dan keselamatan pengguna bangunan Homestay UNIMUS.

2.3.3 Balok

Balok merupakan elemen struktur horizontal utama yang berfungsi menyalurkan beban dari pelat lantai ke kolom dan struktur pendukung lainnya. Dalam sistem struktur beton bertulang, balok memikul beban lentur dan geser, serta berperan penting dalam menjaga kekakuan dan kestabilan keseluruhan struktur bangunan. Pada proyek Homestay UNIMUS di Tembalang, Semarang, balok dirancang sebagai bagian integral dari sistem rangka beton bertulang

monolit, dengan berbagai ukuran dan posisi berdasarkan fungsi ruang dan konfigurasi arsitektural.

Perencanaan balok mengacu pada standar peraturan SNI 2847:2019 mengenai persyaratan perencanaan beton struktural. Balok harus mampu menahan gaya lentur (momen), gaya geser, serta torsi jika diperlukan. Penempatan dan dimensi balok ditentukan berdasarkan distribusi beban dari pelat lantai dan kebutuhan bentang antar kolom. Dalam bangunan ini, digunakan kombinasi antara balok induk (utama) dan balok anak, di mana balok anak menerima beban dari pelat lalu meneruskannya ke balok induk.

Dimensi balok ditentukan berdasarkan panjang bentang, besar beban yang ditahan, serta pertimbangan lendutan dan kepraktisan dalam konstruksi. Sebagai contoh, untuk bentang sedang hingga panjang (sekitar 3–6 meter), tinggi balok biasanya dipilih antara $\frac{1}{10}$ hingga $\frac{1}{12}$ dari panjang bentang, dengan lebar sekitar $\frac{1}{2}$ hingga $\frac{2}{3}$ dari tingginya. Rasio ini juga harus memenuhi ketentuan lendutan maksimum sesuai Pasal 24 dari SNI 2847:2019.

Penulangan balok dirancang untuk menahan momen lentur positif dan negatif. Tulangan tarik utama dipasang di bagian bawah balok (untuk momen positif di tengah bentang) dan di bagian atas (untuk momen negatif di tumpuan). Tulangan geser berupa stirrup (senggang) ditempatkan merata dan diperpadat di sekitar daerah tumpuan untuk mencegah keruntuhan geser. Spasi maksimum tulangan geser tidak boleh melebihi batas yang ditentukan dalam SNI.

Dalam pelaksanaan konstruksi, balok dicor bersamaan dengan pelat dan kolom sebagai satu kesatuan sistem rangka ruang. Bekisting harus dibuat kaku dan kokoh untuk menahan tekanan beton segar, dan sistem penulangan diperiksa sebelum pengecoran dilakukan. Penggunaan beton mutu tinggi dan perawatan yang tepat diperlukan untuk mencapai kuat tekan dan durabilitas yang diharapkan.

Dengan perencanaan dan pelaksanaan yang baik, balok dalam proyek Homestay UNIMUS akan mampu memberikan performa struktural yang andal, mendukung fungsi bangunan secara optimal, serta menjamin keamanan dan kenyamanan penghuni.

2.3.4 Kolom

Kolom merupakan elemen struktur vertikal yang berfungsi menyalurkan beban dari balok dan pelat ke pondasi. Pada proyek Homestay UNIMUS, kolom

dirancang dari beton bertulang dengan sistem struktur monolit, dan berpenampang persegi.

Perencanaan kolom mengacu pada SNI 2847:2019, dengan mempertimbangkan gaya tekan aksial serta momen akibat eksentrisitas dan gaya lateral seperti gempa. Dimensi minimum kolom umumnya 30×30 cm, disesuaikan dengan beban dan tinggi lantai. Rasio tulangan longitudinal dijaga antara 1%–8% dari luas penampang,

Pada bangunan bertingkat di zona gempa seperti Semarang, kolom dirancang lebih kuat dari balok di pertemuan simpul struktur (prinsip strong column–weak beam) untuk memastikan mekanisme keruntuhan yang aman. Pelaksanaan konstruksi kolom harus memperhatikan ketepatan dimensi, kekakuan bekisting, dan sambungan tulangan agar kekuatan dan kontinuitas struktur tetap terjaga.

Dengan tulangan transversal berupa sengkang untuk mencegah tekuk batang dan memperkuat daktilitas. Pada bangunan bertingkat di zona gempa seperti Semarang, kolom dirancang lebih kuat dari balok di pertemuan simpul struktur (prinsip strong column–weak beam) untuk memastikan mekanisme keruntuhan yang aman. Pelaksanaan konstruksi kolom harus memperhatikan ketepatan dimensi, kekakuan bekisting, dan sambungan tulangan agar kekuatan dan kontinuitas struktur tetap terjaga.

2.3.5 Pondasi

Pondasi merupakan elemen struktur paling bawah yang berfungsi meneruskan beban bangunan ke tanah dasar secara aman dan stabil. Dalam proyek Homestay UNIMUS yang berlokasi di Tembalang, Semarang, jenis pondasi yang digunakan direncanakan berupa pondasi telapak beton bertulang (*foot plate*), mengingat kondisi tanah yang relatif stabil dan beban bangunan yang tergolong sedang.

Perencanaan pondasi mengacu pada standar SNI 8460:2017 tentang Tata Cara Perencanaan Pondasi untuk Bangunan Gedung. Dimensi dan ketebalan pondasi disesuaikan dengan kapasitas dukung tanah (daya dukung izin) serta beban yang ditransfer dari kolom. Analisis daya dukung tanah dapat diperoleh melalui pengujian seperti sondir atau SPT (*Standard Penetration Test*).

Pondasi telapak dirancang dengan penampang persegi atau persegi panjang, tergantung letak kolom dan distribusi beban. Tulangan utama dipasang

dalam dua arah untuk menahan momen akibat eksentrisitas atau ketidakseimbangan beban. Ketebalan pondasi dirancang untuk menahan gaya geser satu arah (geser langsung) dan dua arah (punching shear) sesuai ketentuan SNI 2847:2019.

Selain itu, pondasi juga harus berada di bawah elevasi tanah galian yang stabil dan bebas dari potensi pengaruh pelunakan tanah akibat air hujan atau genangan. Kedalaman minimum pondasi umumnya 1,0–1,5 meter, disesuaikan dengan kondisi lapangan.

2.3.5.1 Data Pondasi

Elevasi dasar fondasi dari muka tanah	: -3.00m
Berat volume tanah	:15.99kN/m ³
Berat volume tanah basah	:21.51kN/m ³
Sudut gesek dalam	:26.55 o
Kohesi	:0.00kPa
Tahanan konus rata rata (hasil pengujian sondir)	:199.00kg/cm ²
Lebar kolom arah x	: 0,40m
Lebar kolom arah y	: 0,40m
Lebar fondasi pilecap arah x	: 2 m
Lebar fondasi pilecap arah y	: 2 m
Tebal total pilecap	: 0,40m
Tebal selimyt beton	: 75,00mm
Mutu beton f_c'	: 30Mpa
Tegangan leleh baja tulangan ulir f_y	: 420 Mpa
Tegangan leleh baja tulangan polos	: 280 Mpa
Modulus elastisitas baja	:200000 Mpa
Diameter tulangan utama	: 22 mm
Diameter tulangan susut	: 13 mm

2.4 Preliminary Design

2.4.1 Estimasi Dimensi Balok

Tinggi balok minimal yang digunakan untuk merancang dimensi balok. Tinggi balok yang dipakai adalah $\frac{1}{16}$.

Panjang bentang untuk perancangan balok dengan bentang 4600mm dengan kondisi tumpuan sederhana.

$$h = \frac{1}{16} \times \frac{4600}{16} = 287,5$$

maka tinggi balok yang digunakan 300mm, $h = 300\text{mm}$

$$b = \left(\frac{1}{2} \text{ sd } \frac{2}{3} \right) h = 143,75 \text{ sd } 191,6$$

maka yang digunakan $b = 200\text{mm}$

Tabel 2.5 Estimasi Dimensi Balok

No	Kode Balok	Dimensi	
		h (mm)	b (mm)
1	B	300	200

2.4.2 Estimasi Dimensi Pelat

Tebal minimum pelat lantai mengacu pada SNI 1726:2019.

$$h_{\min} = \frac{1}{40} \times \text{bentang}$$

$$h_{\min} = \frac{1}{40} \times 4600 = 115\text{mm}$$

maka yang digunakan untuk tebal pelat lantai 120mm.

2.4.3 Estimasi Dimensi Kolom

Penentuan dimensi kolom berdasarkan beban yang bekerja pada kolom pada tributary area terbesar yang terletak pada lantai teratas.

$$L_x = 2300$$

$$L_y = 5000$$

Pembebanan pada kolom:

1. Beban yang diakibatkan pelat

$$\begin{aligned} \text{Luas area pembebanan} &= 2300 \times 5000 \\ &= 11500000\text{mm}^2 \\ &= 11,5\text{m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Beban pada lantai roof} = 4,79\text{kN/m}^2 \text{ (SNI 1727:2020)}$$

Tabel 2.6 Beban Mati dan Beban Pelat Lantai

	Tebal	Berat Jenis	Beban (kN/m ²)
--	-------	-------------	----------------------------

Berat sendiri pelat	0,12	24 kN/m ³	2,88
Berat pasir	0,03	18 kN/m ³	0,54
Berat spesi	0,02	24 kN/m ³	0,42
Berat ubin	0,01	21 kN/m ³	0,24
Berat plafond			0,18
Berat ME			0,20
Total			4,46

Beban mati yang diakibatkan pelat (Q_{DP}) = $4,46 \times 11,5 = 51,29$ kN

Beban hidup yang diakibatkan pelat (Q_{LP}) = $4,79 \times 11,5 = 55,085$ kN

2. Beban yang diakibatkan balok

Tabel 2.7 Beban Mati Balok

Kode	h (mm)	b (mm)	L (mm)	V (m ³)
B1	300	200	4600	0,276
B2	300	200	5000	0,30
Total				0,576

Beban mati yang diakibatkan balok (Q_{DB}) = $0,576 \times 24 = 13,824$ kN

3. Beban mati yang bekerja pada kolom:

$$P_{Dn} : Q_{DP} + Q_{DB}$$

$$P_{Dlt} : 51,29 + 13,824$$

$$: 65,114$$

4. Beban hidup yang bekerja pada kolom:

$$P_{Ln} : Q_{LP}$$

$$: 55,085 \text{ kN}$$

5. Kombinasi Pembebanan :

$$P_{U1} : 1,4 Q_{DL}$$

$$: 1,4 \times 65,114$$

$$: 91,1596 \text{ kN}$$

$$P_{U2} : 1,2 Q_{DL} + 1,6 Q_{Lt}$$

$$: 1,2 \times 65,114 + 1,6 \times 55,085$$

$$: 179,2956 \text{ kN}$$

$$P_U : 179,2956 \text{ kN} : 179295,6 \text{ N}$$

6. Dimensi Kolom

$$\phi P_n = P_u$$

$$0,65 \times 36,05 \times A_g = 179295,6N$$

$$A_g = \frac{179295,6N}{0,65 \times 36,05}$$

$$A_g = 7651 \text{ mm}^2$$

$$b = h = \sqrt{7651}$$

$$b = h = 87,469 \text{ mm}$$

yang digunakan $b = h = 300 \text{ mm}$

2.5 Perencanaan Pelat Lantai

2.5.1 Detail Pelat Lantai

Tebal Pelat	= 120mm
Diameter Tulangan, d_b	= 10mm
Selimut Bersih, c_c	= 20mm
Tebal Efektif Penampang, d	= Tebal Pelat Lantai - $c_c - d_b - d_b/2$
	= 120 - 20 - 10 - 10/2
	= 120 - 20 - 10 - 5
	= 85mm
Kuat Tekan Beton, f_c'	= 25MPa
Kuat Leleh Tulangan, f_y	= 420MPa
Modulus Elastisitas Beton, E_c	= $4700 \times \sqrt{f_c'}$
	= 23500
Spasi Tulangan, s	= 150

2.5.2 Pembebanan Pelat

Tabel 2.8 Pembebanan Pelat Lantai

Macam Pembebanan	Tebal mm	Berat Jenis kN/m ²	Beban Mati		Beban Hidup kN/m ²
			D	SD	
Berat Sendiri	12	24	2,88	-	-
Berat Pasir	3	18	-	0,54	-
Berat Spesi	2	24	-	0,42	-
Berat Ubin	1	21	-	0,24	-

Berat Plafond	-	-	-	0,18	-
Berat ME	-	-	-	0,20	-
Total			2,88	1,58	4,46

Tabel 2.9 Kombinasi Pembebanan Pelat Lantai

Beban Mati $Q_D = D + SD$ (kN/m ²)	Beban Hidup Q_L (kN/m ²)	Q_U (kN/m ²)	
		1,4 Q_D	1,2 Q_D + 1,6 Q_L
4,46	4,46	6,244	12,488

Kombinasi pembebanan diambil yang terbesar $Q_U = 12,488 \text{ kN/m}^2$

2.6 Perencanaan Tangga

Dimensi Tangga Lantai 1

Tinggi antar lantai (H)	= 4550
Lebar ruang tangga (L_1)	= 2100mm
Panjang ruang tangga (L_2)	= 3500mm
Tinggi anak tangga (O)	= 160mm
Lebar anak tangga (A)	= 260mm
Tebal pelat (tp)	= 120mm
Lebar Bordes (L_3)	= 800mm
Jumlah anak tangga (n)	= $\frac{H}{O} = \frac{4550}{160} = 28,4375 = 29$
Dimeter Tulangan	= 13mm
Selimut beton	= 20mm
Beban mati tambahan	= 1,2 kpa
Beban hidup	= 1,6 kN/m ²

Dimensi Tangga Lantai 2

Tinggi antar lantai (H)	= 4000
Lebar ruang tangga (L_1)	= 2100mm
Panjang ruang tangga (L_2)	= 3500mm
Tinggi anak tangga (O)	= 160mm
Lebar anak tangga (A)	= 260mm
Tebal pelat (tp)	= 120mm
Lebar Bordes (L_3)	= 800mm
Jumlah anak tangga (n)	= $\frac{H}{O} = \frac{4000}{160} = 25$
Dimeter Tulangan	= 13mm

Selimut beton	= 20mm
Beban mati tambahan	= 1,2 kpa
Beban hidup	= 1,6 kN/m ²

Dimensi Tangga Lantai 3

Tinggi antar lantai (H)	= 3950
Lebar ruang tangga (L1)	= 2100mm
Panjang ruang tangga (L2)	= 3500mm
Tinggi anak tangga (O)	= 160mm
Lebar anak tangga (A)	= 260mm
Tebal pelat (tp)	= 120mm
Lebar Bordes (L3)	= 800mm
Jumlah anak tangga (n)	= $\frac{H}{O} = \frac{3950}{160} = 24,6875 = 25$
Dimeter Tulangan	= 13mm
Selimut beton	= 20mm
Beban mati tambahan	= 1,2 kpa
Beban hidup	= 1,6 kN/m ²

Perancangan Tangga

Panjang Bidang Miring (L)

$$L = \sqrt{t^2 + h^2} = \sqrt{0,25^2 + 0,16^2} = \sqrt{0,0625 + 0,0256} = \sqrt{0,0881} = 0,2968 \text{ m}$$

$$L = 25 \times 0,2968 = 7,42 \text{ m}$$

Beban terdistribusi total

$$W_{\text{total}} = 4,765 \text{ kN/m}^2$$

$$W' = 4,765 \times 1,05 = 5,003 \text{ kN/m}$$

Momen Lentur Maksimum

$$M_u = \frac{w' \cdot L^2}{8} = \frac{5,003 \cdot (7,42)^2}{8} = 46,37 \text{ kNm}$$

Luas Tulangan A_s

$$A_s = \frac{M_u}{\phi \cdot f_y \cdot j \cdot d} = \frac{46370}{0,9 \cdot 420000000 \cdot 0,9 \cdot 0,094} = 0,001453 \text{ m}^2 = 1453 \text{ mm}^2$$

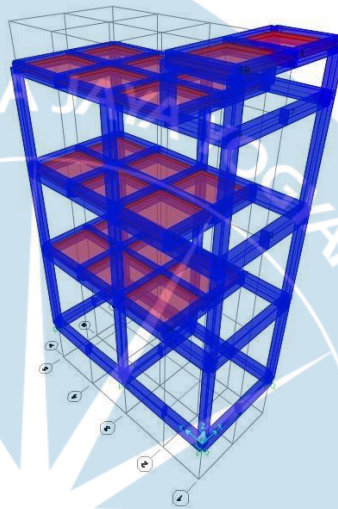
Pemilihan Tulangan

$$\text{Tulangan D12} = \frac{1453}{113} = 12,83 = 13 \text{ Batang D12 per meter}$$

2.7 Pemodelan Struktur

2.7.1 Model Struktur

Model struktur yang dipakai dalam perencanaan adalah struktur beton bertulang dengan 4 lantai. Data ketinggian tiap lantai sebagai berikut ini:



Gambar 2.2 Model Struktur

Tabel 2.10 Data Ketinggian Bangunan

Lantai	Tinggi	Elevasi
Lantai 1 (Lantai Dasar)	4,55	+0,00
Lantai 2	4	+4,55
Lantai 3	3,95	+8,55
Lantai 4	3.5	+12,5

2.7.2 Dimensi Struktur

Dimensi struktur yang dipakai untuk perancangan tugas akhir adalah sebagai berikut ini:

Tabel 2.11 Dimensi Kolom dan Balok

No.	Kode	Dimensi	
		h (mm)	b (mm)
1	K	400	400
2	B	700	400

2.7.3 Input Material Pada SAP2000

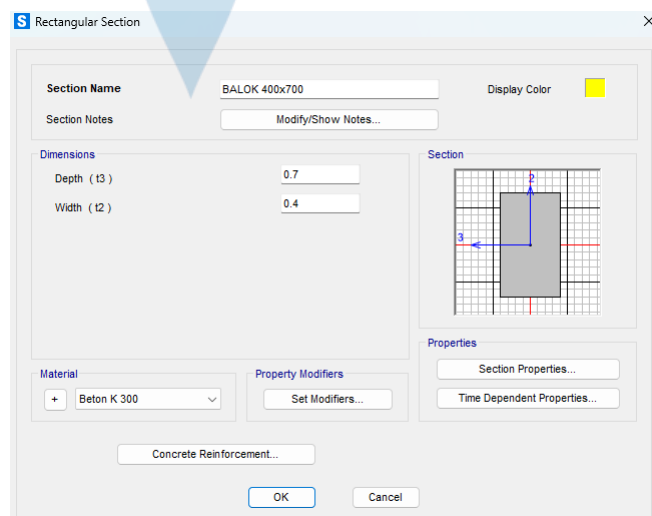
Desain struktur gedung ini mengacu pada penggunaan **beton dengan kuat tekan karakteristik (f_c') 25 MPa**. Adapun **tulangan baja** yang diaplikasikan memiliki **kuat leleh karakteristik (f_y) 420 MPa**. Perlu dicatat bahwa untuk tulangan sengkang, nilai kuat leleh (f_{ys}) sebesar 420 MPa berlaku untuk tulangan berdiameter maksimum 19 mm.



Gambar 2.3 Material Beton Bertulang

2.7.4 Balok, Kolom, Sloof dan Pelat

Dimensi balok, sloof kolom, dan pelat pada SAP2000 dibuat seperti pada gambar.



Gambar 2.4 Dimensi Balok

S Rectangular Section

Section Name: KOLOM Display Color: [Blue]

Section Notes: [Modify/Show Notes...]

Dimensions

Depth (t3): 0.4

Width (t2): 0.4

Material

+ Beton K 300

Property Modifiers

[Set Modifiers...]

Concrete Reinforcement...

[OK] [Cancel]

Section

[Reinforcement Diagram]

Properties

[Section Properties...]

[Time Dependent Properties...]

Gambar 2.5 Dimensi Kolom

S Rectangular Section

Section Name: SLOOF Display Color: [Pink]

Section Notes: [Modify/Show Notes...]

Dimensions

Depth (t3): 0.7

Width (t2): 0.4

Material

+ Beton K 300

Property Modifiers

[Set Modifiers...]

Concrete Reinforcement...

[OK] [Cancel]

Section

[Reinforcement Diagram]

Properties

[Section Properties...]

[Time Dependent Properties...]

Gambar 2.6 Dimensi Sloof

Pelat lantai dimodelkan dengan ketebalan 120 mm.

S Shell Section Data

Section Name: PELAT Display Color: [Grey]

Section Notes: [Modify/Show...]

Type

☐ Shell - Thin

☒ Shell - Thick

☐ Plate - Thin

☐ Plate Thick

☐ Membrane

☐ Shell - Layered/Nonlinear

[Modify/Show Layer Definition...]

Thickness

Membrane: 0.12

Bending: 0.12

Material

Material Name: + Beton K 300

Material Angle: 0

Time Dependent Properties

[Set Time Dependent Properties...]

Concrete Shell Section Design Parameters

[Modify/Show Shell Design Parameters...]

Stiffness Modifiers

[Set Modifiers...]

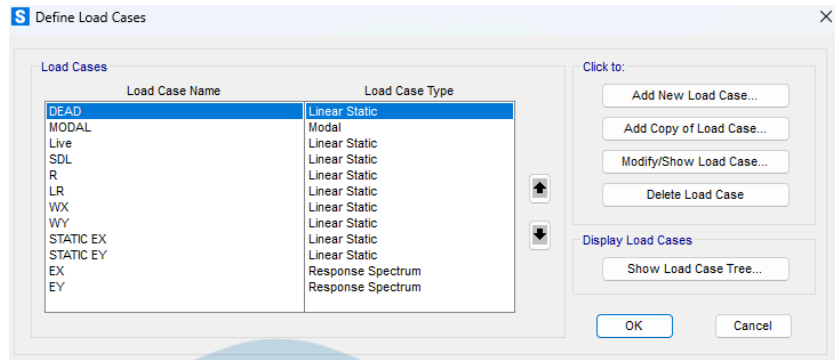
Temp Dependent Properties

[Thermal Properties...]

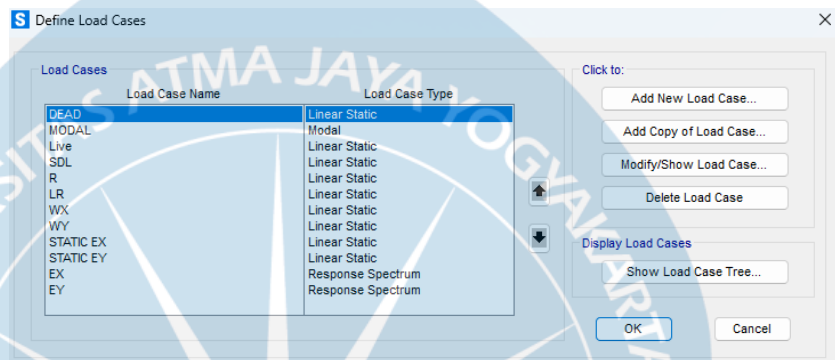
[OK] [Cancel]

Gambar 2.7 Model Pelat Lantai

2.7.5 Pembebanan dan Kombinasi Pembebanan



Gambar 2.8 Pembebanan



Gambar 2.9 Kombinasi Pembebanan

2.7.6 Perancangan Balok

Perhitungan Menentukan ukuran balok

Hitung Momen nominal

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{430814,9}{0,85} = 506840 \text{ Nm}$$

Menentukan tinggi efektif (d)

$$M_n = 0,9 \cdot b \cdot d^2 \cdot f'_c$$

$$D = \sqrt{\frac{M_n \cdot 10^6}{0,9 \cdot b \cdot f'_c}} = \sqrt{\frac{506840 \cdot 10^6}{0,9 \cdot 300 \cdot 5}} = \sqrt{\frac{506840 \cdot 40000}{1350}} = \sqrt{1375437} = 613 \text{ mm}$$

Menentukan tinggi total balok (h)

$$h = d + 50 = 613 + 50 = 663 = 700 \text{ mm}$$

Perhitungan Penulangan Balok

$$M_u = 430,8149 \text{ kN/m}$$

$$k = \frac{M_u}{0,9 \cdot b \cdot d^2} = \frac{430,8149 \cdot 10^6}{0,9 \cdot 400 \cdot 627,5^2} = 3,0392$$

$$p = \frac{0,85 \cdot f'_c}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2k}{0,85 \cdot f'_c}} \right]$$

$$= \frac{0,85 \cdot 25}{420} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2(3,0392)}{0,85 \cdot 25}} \right]$$

$$= \frac{0,85,25}{420} \cdot 0,1550$$

$$= 0,00738$$

$$A_s = p.b.d$$

$$= 0,00738.(400).(627,5)$$

$$A_s = 1852,38 \text{ mm}^2$$

Luas tulangan D22 adalah 379,94 mm²

$$n = \frac{1852,38}{379,94} = 4,87 \Rightarrow \text{Dibulatkan ke atas} \Rightarrow 5 \text{ Batang D22}$$

2.7.7 Perancangan Kolom

Perhitungan kebutuhan tulangan

Luas penampang kolom (Ag)

$$A_g = 40 \times 40 = 1600 \text{ cm}^2$$

Luas minimum Tulangan (1% Ag)

$$A_{s,min} = 0,01 \times 1600 = 16 \text{ cm}^2$$

Luas 1 batang tulangan D22

$$A_s = \frac{\pi}{4} \times 2,2^2 = 3,80 \text{ cm}^2$$

Jumlah Tulangan

$$n = \frac{16}{3,80} = 4,21 = 5 \text{ batang}$$

namun, karena kolom persegi harus simetris maka jumlah tulangan disesuaikan menjadi 8 batang D22 agar distribusi merata.

2.7.8 Perancangan Pondasi

Perhitungan luas minimum tapak

$$A = \frac{P}{q_{all}} = \frac{3587,6}{1478,33} = 2,426 \text{ m}^2$$

Menentukan dimensi footplate

$$B = \sqrt{A} = \sqrt{2,426} = 1,557 \text{ m} = 2 \text{ m}$$

Proyeksi di sisi sisi kolom

$$\text{Overhang tiap sisi} = \frac{1,6 - 0,4}{2} = 0,6 \text{ m}$$

Tebal footplate

$$t = \frac{L}{6} = \frac{2}{6} = 0,33 = 0,4 \text{ m}$$

Perhitungan Footplat

Beban kolom (Reaksi Tumpuan) berada pada titik 1,4,6,8,10,13

$$1 = F_3 = 3180$$

$$4 = F3 = 1478$$

$$6 = F3 = 1662$$

$$8 = F3 = 3362 \text{ (Max)}$$

$$10 = F3 = 2075$$

$$13 = F3 = 2068$$

Diketahui:

$$P_k = 3362 \text{ kN}$$

$$\text{Bs. Pondasi} = 38,4 \text{ kN}$$

$$\text{Tanah urug} = 187,2 \text{ kN}$$

$$P_k + \text{Bs. Pondasi} + \text{Tanah urug}$$

$$3362 + 38,4 + 187,2 = 3587,6 \text{ kN}$$

$$q_u = \frac{P}{A}$$

$$q_u = \frac{3587,6 \text{ kN}}{(2 \times 2)} = 896,9 \text{ kN/m}^2$$

$$q_a = 1478,3328 \text{ kN/m}^2$$

$$q_u = 846,9 < q_a = 1478,3328 \text{ kN/m}^2 \text{ (Aman)}$$

Penulangan Pondasi

$$M = \frac{1}{2} q l^2$$

$$M = \frac{1}{2} (896,4)(0,8)^2$$

$$M_q = 287,008 \text{ kN/m}$$

$$d = 400 - 50 - \frac{1}{2}(22) = 339 \text{ mm}$$

$$K = \frac{M_q}{\phi b d^2} = \frac{287,008 \cdot 10^6}{0,9 \cdot (1000) \cdot (339)^2} = 2,77$$

$$P = \frac{0,85(25)}{420} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2(277)}{48 \cdot (25)}} \right) = 0,01347$$

$$A_s = p \cdot b \cdot d$$

$$A_s = 0,01347 \cdot (1000) \cdot (339)$$

$$A_s = 4983,3 \text{ mm}^2$$

$$A_s = 660 \times \left(\frac{1000}{125} \right)$$

$$= 5280 > 4983,3 \text{ mm}^2 \text{ (D29-125 mm)}$$

$$A_{s \text{ min}} = 0,0018 \times b \times h$$

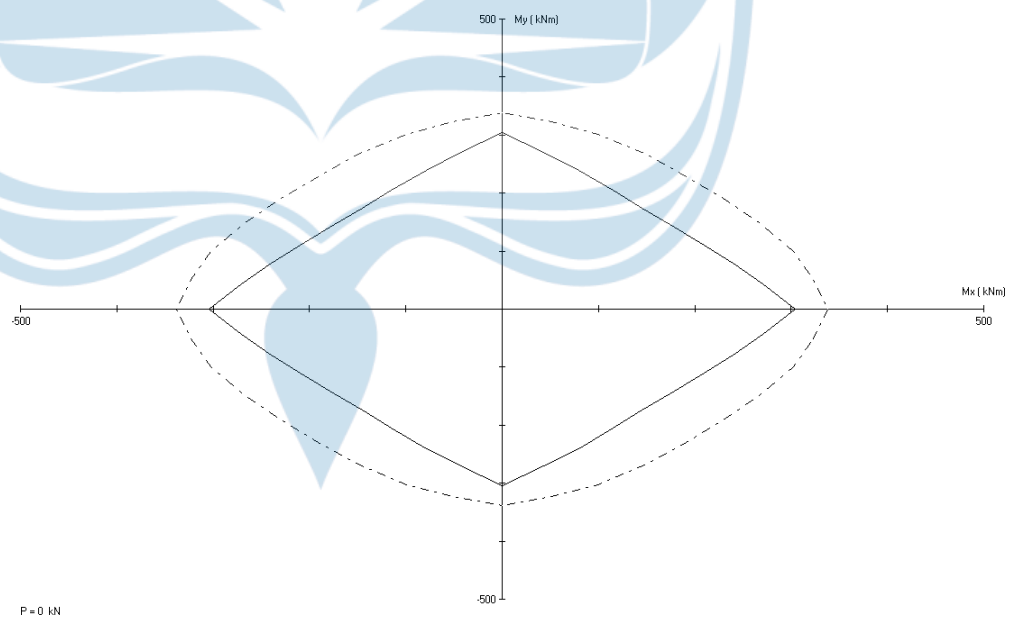
$$= 0,0018 \times 1000 \times 339$$

$$= 610,2 \text{ mm}$$

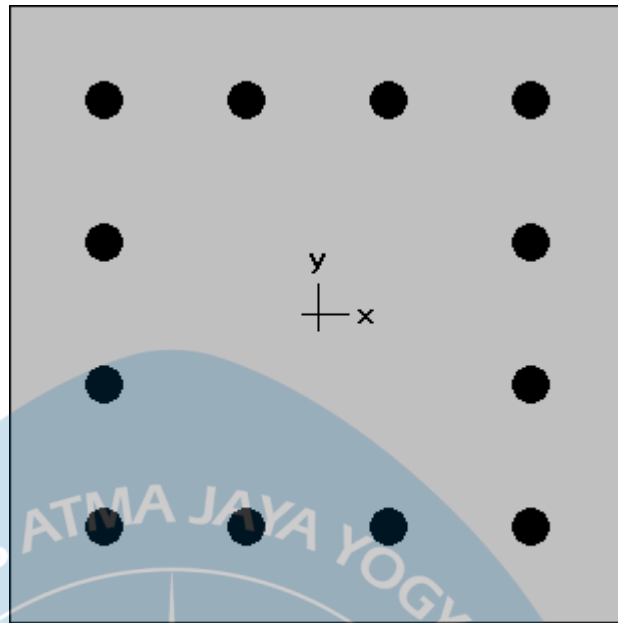
$$\text{D29-250} - A_s = 660 \times \frac{1000}{250}$$

$$A_s = 2640 \text{ mm} > 610$$

2.7.9 Analisis Penampang Kolom Beton Bertulang



Gambar 2.10 spColumn



400 × 400 mm
3.82% reinf.

Gambar 2.11 Detail kolom spColumn