

**PERENCANAAN STRUKTUR
GEDUNG PARKIR
SUNTER PARK VIEW APARTMENT
DENGAN METODE ANALISIS STATIK EKUIVALEN**

⁽¹⁾Maria Elizabeth, ⁽²⁾Bambang Wuritno, ⁽³⁾Agus Bambang Siswanto
⁽¹⁾Mahasiswa Teknik Sipil, ⁽²⁾⁽³⁾SDosen Teknik Sipil Universitas 17 Agustus 1945 Semarang

Abstrak

Gedung parkir (Tower C), Proyek Sunter Park View Apartment merupakan fasilitas umum yang berfungsi sebagai gedung parkir.

Gedung terdiri dari 4 lantai termasuk pelat atap dengan denah tipikal pada tiap tingkat. Tinggi antar tingkat sebesar 3 m, sehingga tinggi total gedung mencapai 9 m (< 40 m).

Struktur gedung parkir (Tower C) direncanakan dengan Judul Tugas Akhir : “Perencanaan Struktur Gedung Parkir, Sunter Park View Apartment dengan Metode Analisis Statik Ekuivalen “, dimana pengaruh gempa pada struktur dianalisis dengan Metode Statik Ekuivalen berdasarkan ketentuan Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung (SNI 03-1726-2002). Komponen struktur gedung didesain dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) berdasarkan Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002).

Kata Kunci : Perencanaan, Gedung Parkir Sunter Park View Apartment, Metode Analisis Statik Ekuivalen, Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).

**BAB I
PENDAHULUAN**

1.1 Latar Belakang

Untuk menghindari terjadinya korban jiwa manusia oleh runtuhnya gedung akibat gempa yang kuat diperlukan konstruksi bangunan tahan gempa. Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung (SNI 03-1726-2002) menetapkan suatu konsep Perencanaan Kapasitas (*Capacity Design*), dimana struktur gedung direncanakan mempunyai tingkat daktilitas yang cukup dengan terbentuknya sendi-sendi plastis di dalam struktur gedung, sehingga struktur tetap berdiri walaupun berada dalam kondisi di ambang keruntuhan.

1.2 Lokasi Gedung

Gedung terletak di jalan Yos Sudarso Kav 30A, Sunter Jaya - Jakarta utara.

1.3 Maksud dan Tujuan

Maksud dan tujuan Tugas Akhir :

1. Dapat merencanakan struktur gedung dengan metode analisis statik ekuivalen, dengan desain Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus berdasarkan SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-2847-2002.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah Tugas akhir :

1. Struktur gedung direncanakan dengan Sistem Rangka Pemikul Momen dari beton bertulang.
2. Gedung terletak didaerah Jakarta Utara (Wilayah Gempa 3)
3. Kategori Struktur gedung beraturan.
4. Analisis struktur menggunakan Metode Analisis Statik Ekuivalen, dengan program SAP2000
5. Tingkat daktilitas direncanakan penuh dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)
6. Pedoman yang digunakan:
 - Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung, SNI 03-1726-2002.
 - Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung, SNI 03-2847-2002.
 - Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung, SNI-1727-1989-F
7. Perencanaan struktur yang ditinjau:
 - Perencanaan Struktur Sekunder, meliputi : Pelat atap, Pelat lantai, balok anak dan Tangga
 - Perencanaan Struktur Utama, meliputi : Perencanaan Balok Induk, Kolom, dan Pondasi
8. Tidak membahas Rencana Anggaran Biaya (RAB) Struktur
9. Tidak membahas Metode Pelaksanaan di lapangan

BAB II STUDI PUSTAKA

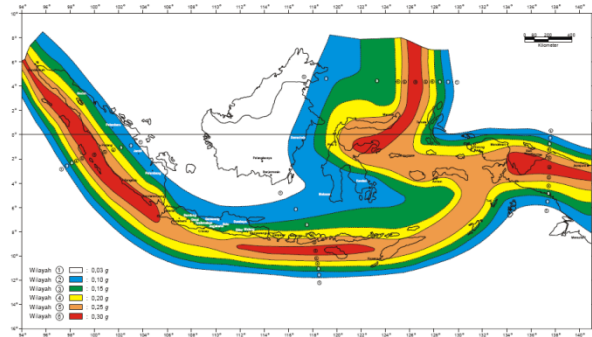
2.1 Gempa Bumi

Gempa bumi dapat menimbulkan getaran. Energi mekanik akibat rusaknya struktur batuan pada peristiwa gempa bumi selanjutnya akan diubah menjadi energi gelombang yang menggetarkan batuan sekelilingnya. Getaran batuan akibat gempa bumi selanjutnya diteruskan oleh media tanah sampai pada permukaan tanah. Tanah yang bergetar akibat gempa akan mengakibatkan bangunan yang berada di atas tanah ikut bergetar. Kerusakan bangunan dapat terjadi akibat getaran tersebut.

2.2 Wilayah Gempa dan Spektrum Respons

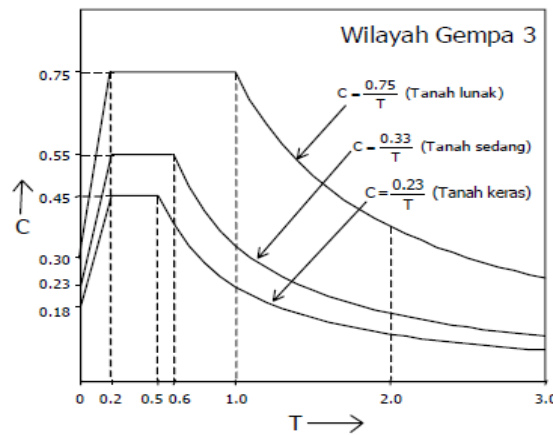
Peraturan gempa Indonesia SNI 03-1726-2002, membagi Indonesia dalam 6 Wilayah Gempa (WG). Pembagian Wilayah Gempa ini didasarkan atas percepatan puncak batuan dasar

akibat pengaruh Gempa Rencana dengan perioda ulang 500 tahun, yang nilai rata-ratanya untuk setiap Wilayah Gempa (WG) seperti ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Wilayah Gempa Indonesia

Spektrum respon untuk wilayah gempa 3, ditampilkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Spektrum Respons Gempa Rencana Wilayah 3

2.3 Gempa Rencana dan Faktor Keutamaan Gedung

Pengaruh gempa rencana harus dikalikan oleh suatu faktor keutamaan gedung untuk menyesuaikan probabilitas terjadinya keruntuhan struktur gedung selama umur gedung dan umur gedung yang diharapkan. Faktor keutamaan I ditetapkan menurut persamaan :

$$I = I_1 I_2 \quad (2.1)$$

Faktor-faktor Keutamaan I_1 dan I_2 ditetapkan di dalam Tabel-1 Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung SNI 03-1726-2002.

2.4 Daktilitas Struktur dan Faktor Reduksi Gempa

Nilai faktor daktilitas struktur gedung μ , faktor reduksi gempa, R , di dalam perencanaan struktur gedung dapat dipilih menurut kebutuhan, tetapi tidak boleh diambil lebih besar dari nilai faktor daktilitas maksimum μ_m yang dapat dikerahkan oleh masing-masing sistem atau subsistem struktur gedung yang terdapat pada Tabel 2.3. (Tabel 3 SNI 03-1726-2002)

2.5 Sistem Struktur untuk Beban Gempa

Berdasarkan SNI 03-1726-2002 Sistem Rangka Pemikul momen adalah sistem struktur yang pada dasarnya memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap. Beban lateral dipikul rangka pemikul momen terutama melalui mekanisme lentur.

2.6 Kategori Struktur Gedung

Untuk struktur gedung beraturan, pengaruh Gempa Rencana dapat ditinjau sebagai pengaruh beban gempa statik ekuivalen, sehingga menurut standar SNI 03-1726-2002 analisisnya dapat dilakukan berdasarkan analisis statik ekuivalen.

2.7 Perencanaan Struktur Gedung Beraturan

Berdasarkan SNI 03-1726-2002 pasal 6.1.2 disebutkan bahwa apabila kategori gedung memiliki Faktor keutamaan I menurut Tabel 1 (SNI 03-1726-2002) dan strukturnya untuk suatu arah sumbu utama denah struktur dan sekaligus arah pembebanan Gempa Rencana memiliki faktor reduksi gempa R dan waktu getar alami fundamental T_1 , maka beban geser dasar nominal statik ekuivalen V yang terjadi di tingkat dasar dapat dihitung menurut persamaan :

$$V = \frac{C_1 I}{R} W_t \quad (2.4)$$

di mana :

C_1 = nilai Faktor Respons Gempa yang didapat dari spektrum respons Gempa Rencana menurut Gambar 2 (SNI 03-1726-2002) untuk waktu getar alami fundamental T_1 ,

I = faktor keutamaan gedung, Tabel 1 (SNI 03-1726-2002).

W_t = berat total gedung termasuk beban hidup yang sesuai.

R = faktor reduksi gempa

Berdasarkan SNI 03-1726-2002 pasal 6.1.3 disebutkan bahwa beban geser dasar nominal V menurut Pasal 6.1.2 harus dibagikan sepanjang tinggi struktur gedung menjadi beban-beban gempa nominal statik ekuivalen F_i yang menangkap pada pusat massa lantai tingkat ke-i menurut persamaan :

$$F_i = \frac{W_i z_i}{\sum_{i=1}^n W_i z_i} V \quad (2.5)$$

di mana :

W_i = berat lantai tingkat ke-i, termasuk beban hidup yang sesuai.

z_i = ketinggian lantai tingkat ke-i diukur dari taraf penjepitan lateral menurut Pasal 5.1.2 dan Pasal 5.1.3 (SNI 03-1726-2002).

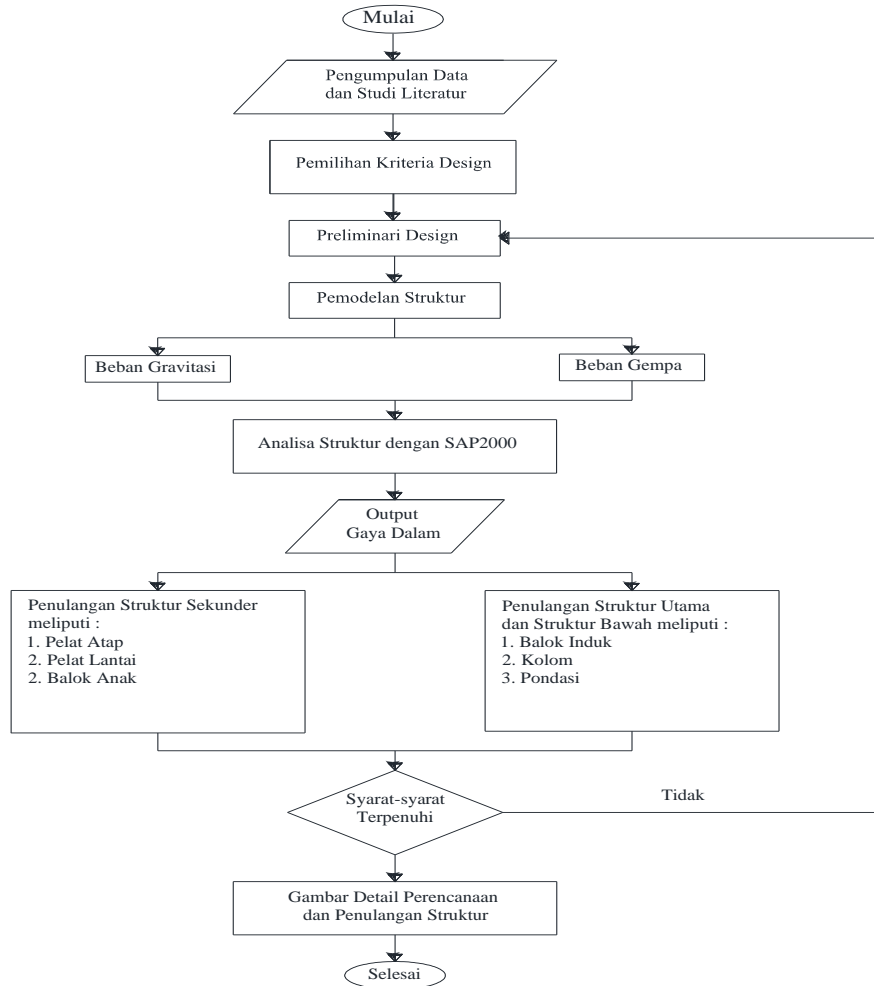
V = beban geser dasar nominal statik ekuivalen

n = nomor lantai tingkat paling atas.

BAB III METODOLOGI

3.1 Diagram Alir Penyusunan Tugas Akhir

Metodologi penyusunan Tugas Akhir ini ditampilkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penyusunan Tugas Akhir

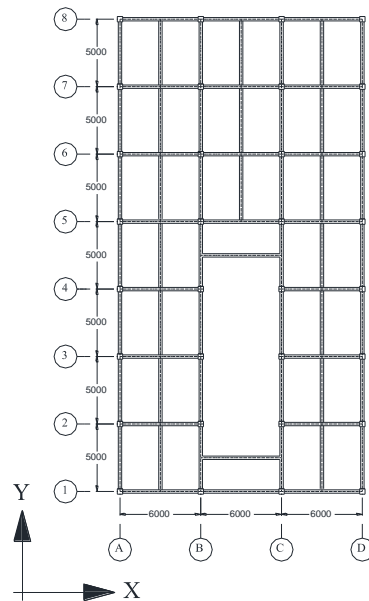
BAB IV PERHITUNGAN STRUKTUR

4.1 Tinjauan Umum

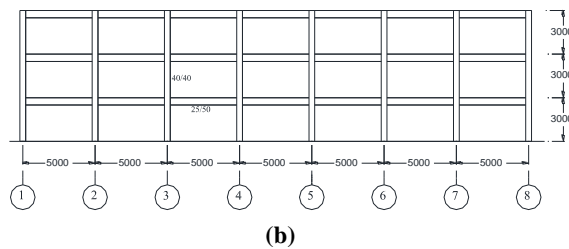
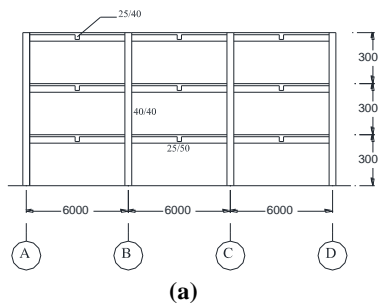
Pedoman yang digunakan dalam analisis dan desain komponen struktur mengacu pada: Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung (SNI 03-1726-2002) dan Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002).

4.2 Deskripsi Bangunan Rencana

Denah bangunan dan potongan diperlihatkan pada Gambar 4.1. dan 4.2



Gambar 4.1 Denah bangunan gedung



Gambar 4.2 Potongan denah arah-X (a) dan arah-Y

Dengan mengacu pada ketentuan SNI 03-1726-2002 pasal 4.2 , gedung parkir mempunyai struktur beraturan. Untuk struktur gedung beraturan, pengaruh Gempa Rencana dapat ditinjau sebagai pengaruh beban gempa statik ekuivalen, sehingga analisisnya dapat dilakukan berdasarkan analisis statik ekuivalen.

4.3 Analisis Struktur

Pengaruh gempa pada struktur dilakukan dengan metode analisis Statik Ekuivalen dengan bantuan program SAP2000.

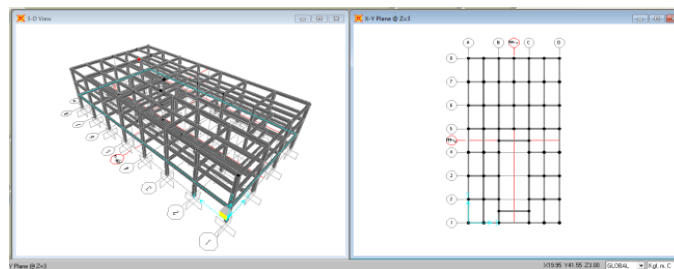
4.3.1 Pemodelan struktur pada SAP2000

Struktur dimodelkan sebagai struktur rangka terbuka (*Open Frame*). Kolom dan balok dimodelkan sebagai elemen *frame*. Tumpuan pada dasar struktur dimodelkan sebagai tumpuan jepit. Spesifikasi komponen struktur yang digunakan dalam pemodelan struktur ditampilkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data Komponen Struktur

KOMPONEN	DIMENSI	MUTU
BALOK ANAK	25 X 40 cm	f _c = 30 Mpa
BALOK INDUK	25 X 50 cm	f _c = 30 MPa
KOLOM	40 X 40 cm	f _c = 40 MPa

Pada Gambar 4.3 ditampilkan hasil pemodelan struktur pada program SAP2000.



Gambar 4.3 Pemodelan Struktur pada SAP2000

4.3.2 Pembebanan Struktur

Kombinasi pembebanan yang ditinjau dalam analisis ditentukan berdasarkan kuat perlu SNI 03-2847-2002 pasal 11.2 sebagai berikut :

- COMB 1 = 1,4 D
- COMB 2 = 1,2 D + 1,6 L + 0,5R
- COMB 3 = 1,2 D + L + 1,6 W + 0,5 R
- COMB 4 = 0,9 D + 1,6 W
- COMB 5 = 1,2 D + 1 L + Ex + 0,3 Ey
- COMB 6 = 1,2 D + 1 L + Ey + 0,3 Ex
- COMB 7 = 0,9 D + Ex + 0,3 Ey
- COMB 8 = 0,9 D + Ey + 0,3 Ex

Dimana : D = Beban Mati
L = Beban Hidup
W = Beban Angin

R = Beban Hujan
 Ex dan Ey = pembebanan gempa dalam arah-X dan arah-Y

4.3.3 Beban Gempa Nominal Statik Ekuivalen

Waktu getar struktur diperoleh dengan analisis getar bebas 3 Dimensi, sebesar $T_1 = 0,5322$ dt , dengan memakai Respons Spektrum Gempa Rencana, Wilayah Gempa 3 - Tanah Lunak, diperoleh;

$$\begin{aligned} C &= 0,75 / T \\ &= 0,75 / 0,5322 \\ &= 1,4092 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diperoleh data analisis:

- Faktor Keutamaan Struktur, $I = 1$
- Faktor Reduksi Gempa, $R = 8,5$
- Respons Spektrum, $C = 1,4092$
- Berat Total Gedung, $W_t = 1396$ ton (Berat total struktur + beban)

Sehingga beban geser dasar, V untuk masing-masing arah pembebanan diperoleh :

$$\begin{aligned} V_x \text{ dan } V_y &= C.I.W_t / R \\ &= 1,4092 \times 1 \times 1396 / 8,5 \\ &= 231,44 \text{ ton} \end{aligned}$$

Besarnya beban statik ekuivalen (F_i) pada tingkat ke-i diperoleh :

Tabel 4.2 Perhitungan beban statik ekuivalen pada tiap tingkat

LANTAI	BERAT (ton)	TINGGI (m)	$W_i \times z_i$	$V_x = V_y$ (ton)	F_i (ton)
Lantai - 4	465,4	9	4188,46	231,44	115,72
Lantai - 3	465,4	6	2792,30	231,44	77,147
Lantai - 2	465,4	3	1396,15	231,44	38,573
		TOTAL	8376,91		

Untuk tiap Joint pada arah pembebanan (Arah-X dan Y), F_i harus dibagi dengan jumlah portal pada masing-masing arah pembebanan.

Tabel 4.3 Perhitungan beban statik ekuivalen pada tiap Joint

LANTAI	F_i (ton)	Pembebanan Arah-X $F_i / (8 \text{ Portal})$ (ton)	Pembebanan Arah-Y $(F_i / 4 \text{ Portal})$ (ton)
Lantai - 4	115,72	14,46	28,93
Lantai - 3	77,14	9,64	19,28
Lantai - 2	38,57	4,82	9,64

BAB V PENUTUP

Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) sebagaimana direncanakan pada Gedung Parkir (Tower C) Sunter Park View Apartment, menjamin struktur berperilaku duktail dengan terbentuknya sendi plastis saat terjadi gempa kuat.

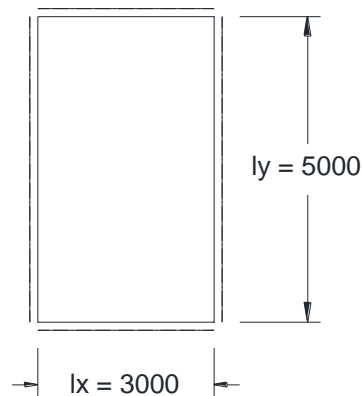
Pedoman yang digunakan dalam analisis dan desain komponen struktur mengacu pada: Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung (SNI 03-1726-2002) dan Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002).

5.1 Kesimpulan

Dari perhitungan yang telah dilakukan berdasarkan konfigurasi struktur serta spesifikasi perencanaan, diperoleh hasil penulangan komponen struktur sebagai berikut :

Penulangan Pelat Lantai

Untuk pelat yang terjepit pada keempat sisinya diperoleh momen per meter lebar sebagai berikut :



Momen lapangan arah-X :

$$M_{lx} = 554,05 \text{ kg-m} = 5540500 \text{ Nmm}$$

Momen lapangan arah-Y :

$$M_{ly} = 169,60 \text{ kg-m} = 1696000 \text{ Nmm}$$

Momen tumpuan arah-X :

$$M_{tx} = - 881,96 \text{ kg-m} = - 8819600 \text{ Nmm}$$

Momen tumpuan arah-Y :

$$M_{ty} = - 610,59 \text{ kg-m} = - 6105900 \text{ Nmm}$$

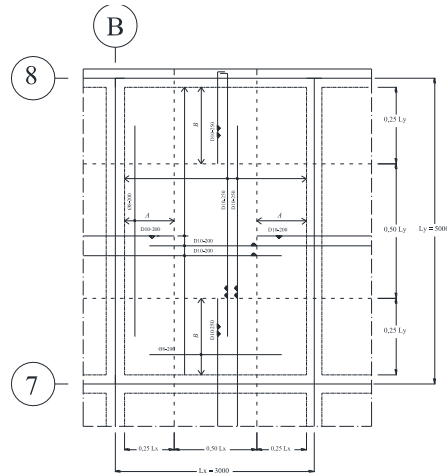
Dimensi : Arah-X = 3 m
: Arah-Y = 5 m

Tebal : 12 cm

Mutu beton : $f'_c = 30 \text{ MPa}$

Mutu tulangan : $f_y = 400 \text{ MPa}$

Tulangan tumpuan arah-X : D10-200
 Tulangan tumpuan arah-Y : D10-250
 Tulangan Lapangan arah-X : D10-200
 Tulangan lapangan arah-Y : D10-250

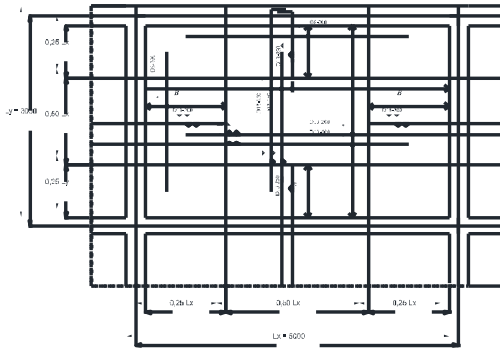


Gambar 5.1 Penulangan Pelat Lantai

Penulangan Pelat Tangga

Momen-momen pada pelat tangga;
 Momen tumpuan arah-X; = 4883940 Nmm
 Momen lapangan arah-X; = 2521310 Nmm
 Momen tumpuan arah-Y; = 9578120 Nmm
 Momen lapangan arah-Y; = 5083000 Nmm

Dimensi : Arah-X = 5 m
 : Arah-Y = 3 m
 Tebal : 14 cm
 Mutu beton : $f'_c = 30$ MPa
 Mutu tulangan : $f_y = 400$ MPa
 Tulangan tumpuan arah-X : D13-200
 Tulangan tumpuan arah-Y : D13-250
 Tulangan Lapangan arah-X : D13-200
 Tulangan lapangan arah-Y : D13-250



Gambar 5.2 Penulangan Pelat Tangga

Penulangan Balok Anak (BA)

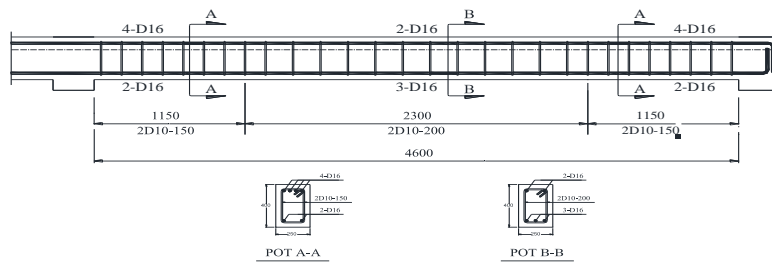
Gaya terfaktor hasil analisis ditampilkan pada Tabel.5.1

Tabel. 5.1 Gaya-gaya dalam pada Balok Anak (BA)

TABLE: Element Forces - Frames (BALOK ANAK)							
OutputCase	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	Text	N	N	N	N-mm	N-mm	N-mm
ENVELOPE	max	4.265E-11	78792.5	2.224E-12	327956.16	2.23E-08	55942188.64
ENVELOPE	min	-3.568E-11	-79262.21	-4.46E-12	-231767.76	-8.919E-09	-74874070

Data-data perencanaan balok anak:

- Dimensi : 250 x 400 mm
- Bentang : 5 m
- Mutu beton : $f'_c = 30$ MPa
- Mutu tulangan : $f_y = 400$ MPa
- Tulangan tump : Atas = 4D16
: Bawah = 2D16
: Sengkang = 2D10-150
- Tulangan lap : Atas = 2D16
: Bawah = 3D16
: Sengkang = 2D10-200



Gambar 5.3 Penulangan Balok Anak (BA)

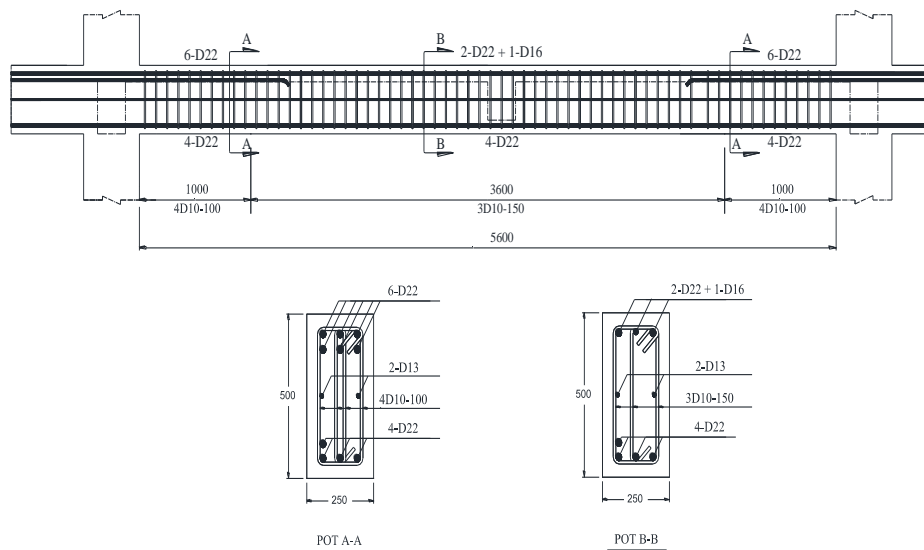
Penulangan Balok Induk (BI)

Hasil analisis struktur gaya-gaya dalam pada balok ditampilkan pada Tabel 5.2

Tabel 5.2 Gaya-gaya dalam Balok Induk

TABLE: Element Forces - Frames (BALOK INDUK)							
OutputCase	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	Text	N	N	N	N-mm	N-mm	N-mm
ENVELOPE	Max	2.283E-10	151079.09	2.373E-12	16739036.52	0.000000036	169172366.7
ENVELOPE	Min	-4.567E-10	-144749.7	-1.8E-11	-16851635.1	-3.576E-08	-255231639

Dimensi : 250 x 500 mm
 Bentang : 5 dan 6 m
 Mutu beton : $f'_c = 30$ MPa
 Mutu tulangan : $f_y = 400$ MPa
 Tulangan tump : Atas = 6D22
 : Bawah = 4D22
 : Sengkang = 4D10-100
 Tulangan lap : Atas = 2D22 + 1D16
 : Bawah = 4D22
 : Sengkang = 3D10-150



Gambar 5.4 Penulangan Balok Induk

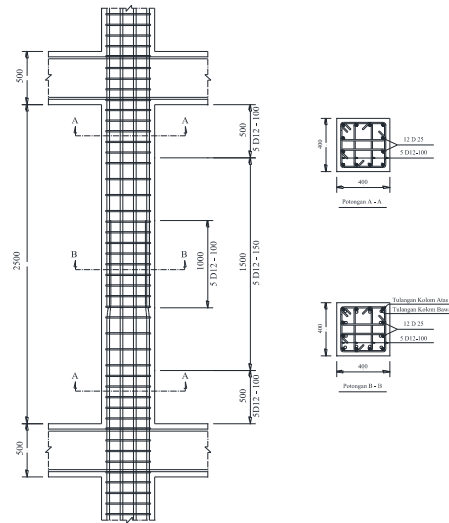
Penulangan Kolom

Tabel 5.3 Gaya-gaya terfaktor pada kolom (Frame No.26)

TABLE: Element Forces - Frames								
Frame	Station	OutputCase	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	m	Text	Tonf	Tonf	Tonf	Tonf-m	Tonf-m	Tonf-m
26	0	COMB1	-76.49	-0.14	-0.08	0.00	-0.16	-0.29
26	1.5	COMB1	-77.30	-0.14	-0.08	0.00	-0.04	-0.08
26	3	COMB1	-78.10	-0.14	-0.08	0.00	0.07	0.14
26	0	COMB2	-129.80	-0.24	-0.13	0.00	-0.26	-0.49
26	1.5	COMB2	-130.49	-0.24	-0.13	0.00	-0.07	-0.13
26	3	COMB2	-131.18	-0.24	-0.13	0.00	0.12	0.23
26	0	COMB3	-106.01	-1.18	0.67	0.00	0.74	-1.53
26	1.5	COMB3	-106.70	-1.18	0.67	0.00	-0.26	0.23
26	3	COMB3	-107.39	-1.18	0.67	0.00	-1.26	2.00
26	0	COMB4	-49.16	-1.07	0.72	0.00	0.85	-1.32
26	1.5	COMB4	-49.67	-1.07	0.72	0.00	-0.23	0.29
26	3	COMB4	-50.19	-1.07	0.72	0.00	-1.32	1.90
26	0	COMB5	-105.82	-8.50	2.18	0.02	2.54	-9.68
26	1.5	COMB5	-106.51	-8.50	2.18	0.02	-0.72	3.07
26	3	COMB5	-107.20	-8.50	2.18	0.02	-3.99	15.82
26	0	COMB6	-104.05	-2.69	7.64	0.00	9.11	-3.18
26	1.5	COMB6	-104.75	-2.69	7.64	0.00	-2.35	0.85
26	3	COMB6	-105.44	-2.69	7.64	0.00	-13.81	4.88
26	0	COMB7	-49.80	-8.40	2.23	0.02	2.65	-9.47
26	1.5	COMB7	-50.32	-8.40	2.23	0.02	-0.70	3.12
26	3	COMB7	-50.84	-8.40	2.23	0.02	-4.05	15.72
26	0	COMB8	-48.04	-2.58	7.69	0.00	9.22	-2.97
26	1.5	COMB8	-48.56	-2.58	7.69	0.00	-2.32	0.90
26	3	COMB8	-49.07	-2.58	7.69	0.00	-13.86	4.78

Dimensi : 400 x 400 mm
 Mutu beton : $f'_c = 40$ MPa
 Mutu tulangan : $f_y = 400$ MPa
 Tulangan tump : 12D25
 : Sengkang = 5D12 - 100
 Tulangan lap : 12D25
 : Sengkang = 5D12 - 150
 Panjang sambungan : 1000 mm

Gambar Penulangan Kolom

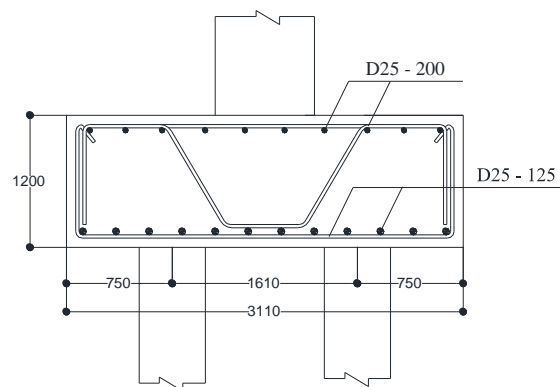


Gambar 5.5 Detail penulangan kolom

Pondasi

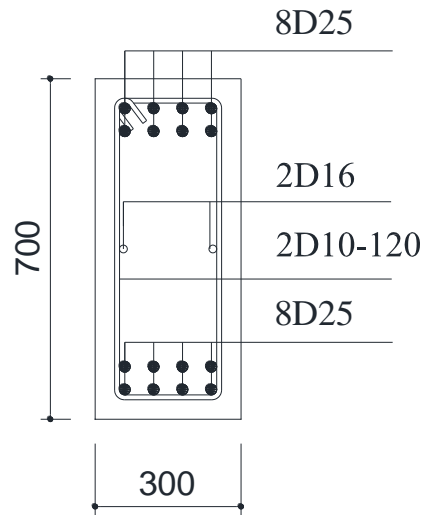
Pondasi direncanakan menggunakan tiang pancang, karena tanah keras terletak pada kedalaman -18m dari permukaan tanah. Jumlah tiang pancang digunakan 3 buah. Pondasi termasuk tipe “Apung” karena tanah dibawah pondasi secara keseluruhan merupakan tanah lempung lunak.

Gambar penulangan pile cap seperti ditunjukkan pada Gambar 5.6 berikut:



Gambar 5.6 Penulangan Pile Cap

Gambar penulangan tie beam diperlihatkan pada Gambar 5.7



Gambar 5.7 Penulangan tie beam

DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Pekerjaan Umum, *Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung SKBI-1.3.53*. 1987.
- Departemen Pekerjaan Umum, *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung, SNI 03-1726-2002*.
- Departemen Pekerjaan Umum, *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung, SNI 03-2847-2002*.
- Gideon Kusuma, *Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang T-15-1991-03*, Erlangga (1993).
- Hary Christady, H., *Analisis dan Perancangan Fondasi*, Bagian 1, Gadjah Mada University Press (2010).
- Hary Christady, H. (2010), *Analisis dan Perancangan Fondasi*, Bagian 2, Gadjah Mada University Press (2010).
- Rachmat Purwono, *Perencanaan Struktur Beton Bertulang tahan Gempa*, itspress (2005).
- Suyono Sosrodarsono, *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta (1980).