

PERENCANAAN STRUKTUR ATAS GEDUNG OFFICE GRAHA PRAMUKA 5(LIMA) LANTAI Jl. UTAN KAYU RAYA KOTA JAKARTA TIMUR

M. Dhony Febriansyah¹, Awaludin AHS², Soehartono³, Baswindro⁴

^{3,4} Dosen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Pandanaran Semarang

^{1,2} Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Pandanaran Semarang

Email : chasanah.ummi01@yahoo.co.id, soehartono.sipilunpand@gmail.com,
atmojohadisantoso@gmail.com

Abstrak

Perkembangan pesat dalam dunia konstruksi sejalan dengan kemajuan teknologi dan kebutuhan manusia yang semakin kompleks menuntut adanya perencanaan bangunan yang efisien dan efektif. Salah satu aspek penting dalam proyek konstruksi gedung adalah perencanaan struktur atas yang berperan besar dalam kestabilan dan efisiensi biaya proyek. Perencanaan struktur atas Gedung *Office* Graha Pramuka yang terdiri dari 5 lantai, berlokasi di Jalan Utan Kayu Raya, Jakarta Timur, mengacu pada Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2019), Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 03-1726-2019) dan Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 03-1727-2019). Perencanaan struktur gedung beton bertulang menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM). Struktur Atas Gedung *Office* Graha Pramuka 5 (Lima) Lantai Jalan Utan Kayu Raya Kota Jakarta Timur. Perencanaan struktur atas menggunakan SAP2000.v.14. Struktur atas meliputi perencanaan balok, kolom, dan pelat lantai gedung. Pembebanan yang ditinjau untuk perencanaan elemen struktur adalah beban mati, beban hidup dan beban gempa. Beban gempa yang dimasukkan adalah beban gempa dinamis.

Kata Kunci : Struktur gedung, Tahan gempa, Struktur atas, SAP 2000v14.0.0.

Abstract

The rapid development in the construction world in line with technological advances and increasingly complex human needs demands efficient and effective building planning. One important aspect in a building construction project is the planning of the superstructure which plays a major role in the stability and cost efficiency of the project. The planning of the superstructure of the Graha Pramuka Office Building consisting of 5 floors, located on Jalan Utan Kayu Raya, East Jakarta, refers to the Structural Concrete Requirements for Building Structures (SNI 03-2847-2019), Earthquake Resistance Planning Procedures for Building and Non-Building Structures (SNI 03-1726-2019) and Minimum Loads for the Design of Buildings and Other Structures (SNI 03-1727-2019). The planning of reinforced concrete building structures uses the Intermediate Moment Resisting Frame System (SRPMM). The Superstructure of the Graha Pramuka Office Building, 5 (Five) Floors, Jalan Utan Kayu Raya, East Jakarta City. The planning of the superstructure uses SAP2000.v.14. The superstructure includes the planning of beams, columns, and floor slabs of the building. The loads considered for structural element design are dead loads, live

loads, and earthquake loads. The earthquake loads included are dynamic earthquake loads.

Keywords: *Building structure, Earthquake resistance, Superstructure, SAP 2000v14.0.0.*

Pendahuluan

Infrastruktur dikembangkan beberapa universitas adalah pengembangan rumah susun bagi masyarakat berpenghasilan menengah kebawah. Tujuan dari program Rusunawa (Rumah Susun Sederhana Sewa) adalah memberi kemudahan dan keringanan tempat tinggal bersewa dengan harga terjangkau untuk masyarakat berpenghasilan menengah kebawah. Pemerintah melalui Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) mendukung pemenuhan hunian bagi masyarakat non – berpenghasilan rendah dalam program satu juta rumah. Program satu juta rumah ini termasuk dalam program strategis pembangunan nasional untuk menangani kekurangan sebelas juta hunian di Indonesia (Afriyandi, 2017).

Selain menangani kekurangan hunian, dikembangkannya rusunawa masyarakat berpenghasilan menengah kebawah bertujuan untuk mengurangi tumbuhnya pemukiman padat penduduk yang kumuh di sekitar kampus – kampus (Kemen.PUPR, 2014). Pengembangan rusunawa juga merupakan amanat Keputusan Presiden No. 41 Tahun 1981 tentang Pembangunan rusunawa untuk melakukan pembangunan rusunawa di kabupaten/kota untuk mengembangkan perekonomian masyarakat serta mengatasi kehidupan yang kumuh dan menjadikan kota yang bersih dan asri.

Rusunawa 5 lantai Jalan Mendungan Pabelan Kartasura – Sukoharjo merupakan suatu perancangan arsitektur dalam klasifikasi bangunan pemukiman. Rusunawa dibangun di setiap kota/kabupaten selain sebagai fasilitas tempat tinggal yang layak dan dekat dengan lingkungan sekitar, rusunawa ini juga memiliki manfaat yang besar terutama untuk sosialisasi dengan sesama penghuni sehingga memiliki kualitas. Konsep perencanaan Rusunawa 5 lantai Jalan Mendungan Pabelan Kartasura – Sukoharjo untuk menghasilkan nyaman dan aman atau mendapatkan perhitungan untuk kestabilan struktur, ekonomis dan kemudahan dalam pelaksanaan berkualitas dan bertanggungjawab sehingga gedung dapat memenuhi kebutuhan sesuai fungsi yang diharapkan.

Proyek konstruksi terus berkembang sejalan dengan perkembangan zaman dan kemajuan teknologi. Perkembangan proyek konstruksi di Indonesia saat ini menjadi sangat pesat baik pada sektor bangunan gedung, jalan, jembatan, infrastruktur, maupun perumahan. Pada salah satu sektor industri konstruksi, yaitu pada proyek gedung terdapat beberapa item pekerjaan dengan biaya yang cukup besar, diantaranya bahan material yang digunakan, struktur perencanaan bangunan, dan waktu pengerjaan bangunan. Perlu dilakukan ide kreatif untuk melakukan Perencanaan Struktur Atas Gedung *Office* Graha Pramuka 5 (Lima) Lantai Jalan Utan Kayu Raya Kota Jakarta Timur, untuk mengantisipasi agar tidak terjadi pembengkakan biaya pada pekerjaan strukturnya. Desain gedung direncanakan dengan bentuk struktur yang tipikal tiap lantai, pelaksanaan pekerjaan bekisting menjadi lebih mudah dikarenakan metode pekerjaan yang relatif sama pada setiap lantainya. Sirkulasi perpindahan alat dan material akan lebih teratur dibandingkan dengan bentuk lain.

Konsep Perencanaan Struktur Atas Gedung *Office* Graha Pramuka 5 (Lima) Lantai Jalan Utan Kayu Raya Kota Jakarta Timur nyaman dan aman untuk menghasilkan atau mendapatkan perhitungan untuk kestabilan struktur, ekonomis dan kemudahan dalam pelaksanaan serta untuk menghasilkan teknik struktur yang berkualitas. Perencanaan Struktur Atas Gedung *Office* Graha Pramuka 5 (Lima) Lantai Jalan Utan Kayu Raya lantai : Sebelah Utara : Jl. Utan Kayu Raya, Sebelah Timur : Jl. Edellwis, Sebelah Selatan : Komplek Pertokoan, dan Sebelah Barat : Komplek Perkantoran.



Gambar 1. Lokasi Gedung *Office* Graha Pramuka 5 (Lima) Lantai

Sumber : Google Maps Tahun 2023

Tinjauan Pustaka Konstruksi

Dalam membangun suatu bangunan gedung diperlukan suatu kualitas struktur yang baik dan kuat untuk mendapat hasil yang diinginkan. Struktur bangunan merupakan bagian-bagian yang terbentuk untuk mendirikan sebuah bangunan bertingkat (*UU No. 20 - 2011*). Alasan dari dipakainya beton bertulang sebagai bahan baku utama dalam perencanaan struktur bangunan rusunawa ini adalah sebagai berikut : (*Purwanto & Wardani, 2020*). Pada desain struktur gedung umumnya ada tiga komponen penting yang harus diperhatikan, yaitu data, proses, dan output (*Nurjaman, 2019*). Data terdiri dari desain arsitek, penyelidikan tanah, lokasi gedung, peraturan-peraturan yang diberlakukan untuk seluruh perencanaan struktur gedung. Sehingga dari semua data yang sudah dikumpulkan kemudian masuk pada komponen kedua yaitu proses.

Standart Desain

Perencanaan struktur gedung bangunan harus sesuai dengan peraturan dan standar spesifikasi teknis yang berlaku. Peraturan perencanaan yang digunakan didasarkan pada pedoman sebagai berikut:

1. Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain (SNI 1727:2018)
2. Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung (SNI 1726:2019)
3. Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung (SNI 2847:2019)

Pembebanan Struktur

Peraturan perencanaan bangunan yang tertulis dalam SNI mensyaratkan bahwa struktur bangunan harus dirancang untuk dapat menahan semua jenis beban yang mungkin

terjadi selama siklus hidup bangunan tersebut. Beban-beban yang dapat terjadi pada struktur biasanya dibedakan menjadi beberapa jenis, yaitu :

1. Beban Mati (*Dead Load*), dinyatakan dengan lambang D
2. Beban Hidup (*Live Load*), dinyatakan dengan lambang L
3. Beban Gempa (*Earthquake Load*), dinyatakan dengan lambang E

Beban Mati

Berdasarkan SNI 1727-2018 beban mati adalah beban yang terkait dengan berat struktur itu sendiri, yang bersifat tetap, diam, dan relatif konstan dari waktu ke waktu. Beban mati terdiri dari beban mati dari elemen struktur itu sendiri dan beban mati tambahan (Dewi dkk, 2019). Beban mati dari berat elemen struktur itu sendiri terdiri dari berat sendiri struktur pelat, tangga, balok, kolom, struktur atap, dan pondasi.

Tabel 1. Berat Sendiri Komponen Gedung

Beban Mati	Besar Beban
Adukan semen per cm tebal	21 kg/m ³
Dinding pasangan 1/2 bata	250 kg/m ²
Kaca setebal 12 mm	30 kg/m ²
Langit – langit + penggantung	18 kg/m ²
Lantai ubin semen portland	24 kg/m ²
Spesi per cm tebal	21 kg/m ²
Atap genteng, usuk, reng	50 kg/m ²

Sumber : Pedoman Perencanaan Pembebanan Indonesia untuk Rumah dan Gedung (PPPURG)-1987

Beban Hidup

Berdasarkan SNI 1727-2018 beban hidup adalah beban yang bersifat sementara, dapat berubah, dan dapat berpindah-pindah (Dewi dkk, 2019). Contoh beban hidup yaitu penghuni yang dapat berpindah-pindah, sehingga dapat mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai atau atap. Beban hidup yang direncanakan adalah :

1. Beban hidup pada lantai gedung:
Beban hidup yang digunakan pada lantai gedung mengacu pada standar pedoman pembebanan yang ada, yaitu sebesar 250 kg/m².
2. Beban hidup pada atap gedung:
Beban hidup yang digunakan pada atap gedung mengacu pada standar pedoman pembebanan yang ada, yaitu sebesar 100 kg/m².
3. Beban hidup pada area parkir:
Beban hidup yang digunakan pada area parkir gedung mengacu pada standar pedoman pembebanan yang ada, yaitu sebesar 800 kg/m².

Tabel 2. Beban Hidup pada Lantai Bangunan

Beban Hidup Lantai Bangunan	Besar Beban
Lantai kantor, toko	250 kg/m ²
Lantai dan tangga rumah tinggal	200 kg/m ²
Lantai untuk ruang pertemuan	400 kg/m ²
Balkon – balkon yang menjorok bebas keluar	300 kg/m ²

Tangga dan bordes untuk kantor, toko	300 kg/m ²
Beban hidup pada atap	100 kg/m ²
Beban hidup pada bagian atap yang tidak dapat dicapai dan dibebani oleh orang, harus diambil yang paling menentukan di antara dua macam beban berikut : a. Beban terbagi rata per m² bidang datar berasal dari beban hujan sebesar $(40-0,8\alpha)$ kg/m², dengan α = sudut kemiringan atap (°). Beban tersebut tidak perlu diambil ≥ 20 kg/m² dan tidak perlu ditinjau bila $\alpha \geq 50^\circ$. b. Beban terpusat dari seorang pekerja pemadam kebakaran dengan alatannya minimum 100 kg.	

Sumber : Pedoman Perencanaan Pembebanan Indonesia untuk Rumah dan Gedung (PPPURG)-1987

Tabel 3. Faktor Reduksi Beban Hidup

Penggunaan gedung	Koefisien	
	Perencanaan portal	Peninjauan gempa
Perumahan / Penghunian - Rumah tinggal - Asrama - Hotel - Rumah sakit	0,75	0,30
Pendidikan : - Sekolah - Ruang kuliah	0,90	0,50
Perdagangan : - Toko - Toserba - Pasar	0,80	0,80
Industry : - Pabrik - Bengkel	1,00	0,90
Tempat kendaraan : - Garasi - Gedung parkir	0,90	0,50
Gang dan tangga : - Perumahan/penghunian - Pendidikan, kantor - Pertemuan umum - Perdagangan - Penyimpanan - Industry - Tempat kendaraan	0,75 0,75 0,90	0,30 0,50 0,50

Sumber : Pedoman Perencanaan Pembebanan Indonesia untuk Rumah dan Gedung (PPPURG)-1987

Beban Angin

Beban angin ialah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan. Menurut SNI 1727-2019 penentuan parameter dasar untuk penentuan beban angin antara lain;

a. Kecepatan Angin Dasar

Kecepatan angin dasar (v) adalah kecepatan tiupan angin dalam 3 detik pada ketinggian 33 ft (10 m) diatas tanah pada eksposur yang ditentukan sesuai dengan kategori risiko bangunan gedung dan struktur.

b. Faktor Arah Angin

Faktor arah angin (K_d) harus ditentukan dari tabel bawah faktor arah ini hanya akan dimasukkan dalam menentukan beban angin bila kombinasi beban yang disyaratkan dalam kombinasi beban terfaktor yang digunakan

Tabel 4. Faktor Arah Angin (K_d)

Tipe Struktur	Faktor Arah Angin (K_d)
Bangunan Gedung	
Sistem Penahan Beban Angin Utara	0,85
Komponen dan <i>Klading</i> bangunan gedung	0,85
Atap Lengkung	0,85
Cerobong asap, Tengki, dan Struktur yang sama	
Segi empat	0,90
Segi enam	0,95
Bundar	0,95
Dinding pejal berdiri bebas dan papan reklame pejal berdiri bebas dan papan reklame terikat	0,85
Papan reklame terbuka dan kerangka kisi	0,85
Rangka batang menara	
Segi tiga, segi empat, persegi panjang	0,85
Penampang lainnya	0,95

Sumber : Tabel 26.6-1 SNI 1727-2019

Beban Gempa

Gempa merupakan bencana alam yang tidak dapat dihindari. Indonesia merupakan salah satu negara yang rawan terkena bencana gempa. Beban gempa adalah beban yang bekerja pada struktur akibat pergerakan dari tanah yang disebabkan oleh gempa bumi yang mempengaruhi struktur bangunan. Oleh karena itu pada daerah yang rawan gempa perlu memperhitungkan beban gempa pada struktur bangunan tersebut. Risiko gempa yang terjadi di tiap kota berbeda-beda, maka dari itu dapat mengikuti aturan “Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung” SNI 1726:2019. Berikut perencanaan beban gempa menurut SNI 1726:2019.

Kategori Resiko Struktur Bangunan dan Faktor Keutamaan

Pada dibawah ini merupakan pemabagian kategori risiko sesuai dengan tipe-tipe bangunan yang akan dirancang. Pemabagian kategori dibagi menjadi empat kategori sesuai dengan kegunaan gedung yang akan dirancang. Untuk kategori pertama merupakan gedung/struktur yang memiliki risiko paling rendah, sedangkan kategori risiko keempat merupakan gedung/struktur yang memiliki risiko paling tinggi. Untuk berbagai risiko

struktur gedung pengaruh gempa rencana t harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan gempa (I_e) sesuai pada setiap kategori.

Tabel 5. Kategori Risiko Bangunan Gedung untuk Beban Gempa

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
1. Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan dan perikanan 2. Fasilitas sementara I 3. Gudang penyimpanan 4. Rumah jaga dan struktur kecil lainnya	I
1. Perumahan 2. Rumah tinggal dan rumah kantor 3. Pasar 4. Gedung perkantoran 5. Gedung apartemen / rumah susun 6. Pusat perbelanjaan / mall 7. Bangunan industri 8. Fasilitas manufaktur 9. Pabrik	II
1. Bioskop 2. Gedung pertemuan 3. Stadion 4. Fasilitas Kesehatan 5. Fasilitas penitipan anak 6. Penjara	III
1. Bangunan-bangunan monumental 2. Gedung sekolah dan fasilitas Pendidikan 3. Rumah ibadah 4. Fasilitas pemadam kebakaran	IV

Sumber: SNI 1726:2019

Tabel 6. Faktor Keutamaan Gempa

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

Sumber: SNI 1726:2019

Kelas Situs dan Koefisien Situs

Terdapat beberapa kelas situs lapisan tanah pada suatu proyek yang dapat dikategorikan dari situs kelas A hingga F. Berikut tabel dibawah penjelasan dari setiap kelas situs pada lapisan tanah berdasarkan SNI 1726:2019.

Tabel 7. Kelas Situs

Kelas Situs	Keterangan
SA	Batuan keras

SB	Batuan
SC	Tanah keras, sangat padat, dan batuan lunak
SD	Tanah sedang
SE	Tanah lunak
SF	Tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik situs

Sumber: SNI 1726:2019

Faktor Beban dan Kombinasi Pembebanan

Sistem struktur perlu diperhitungkan dengan kombinasi pembebanan (*load combination*). Faktor beban dan kombinasi pembebanan yang digunakan dalam perencanaan struktur dapat mengikuti standar (SNI 2847-2019) pasal 11. Beberapa kombinasi pembebanan yang harus ditinjau, sebagai berikut:

- $U = 1,4D$
- $U = 1,2D + 1,6L + 0,5 (L_r \text{ atau } R)$
- $U = 1,2D + 1,6 (L_r \text{ atau } R) + (1,0L \text{ atau } 0,5W)$
- $U = 1,2D + 0,2SDS.D + 1,3E + L$
- $U = 1,2D + 0,2SDS.D - 1,3E + L$
- $U = 0,9D - 0,2SDS.D + 1,3E$
- $U = 0,9D - 0,2SDS.D - 1,3E$

Faktor Reduksi Kekuatan

Dalam menentukan kuat rencana suatu struktur, kuat minimalnya harus direduksi dengan faktor reduksi kekuatan sesuai dengan sifat beban yang bekerja. Nilai faktor reduksi dapat dilihat berdasarkan SNI 2847-2019. Berikut table faktor reduksi kekuatan.

Tabel 8. Faktor Reduksi Kekuatan

Kondisi Pembebanan	Faktor Reduksi (Φ)
Momen, gaya aksial, atau kombinasi momen dan gaya aksial	0,65 – 0,9
Gaya aksial tarik, aksial tarik dengan lentur	0,8
Gaya aksial tekan, aksial tekan dengan lentur	
1. Dengan tulangan spiral	0,7
2. Dengan tulangan biasa	0,65
Lintang dan torsi	0,75
Tumpuan pada beton	0,65

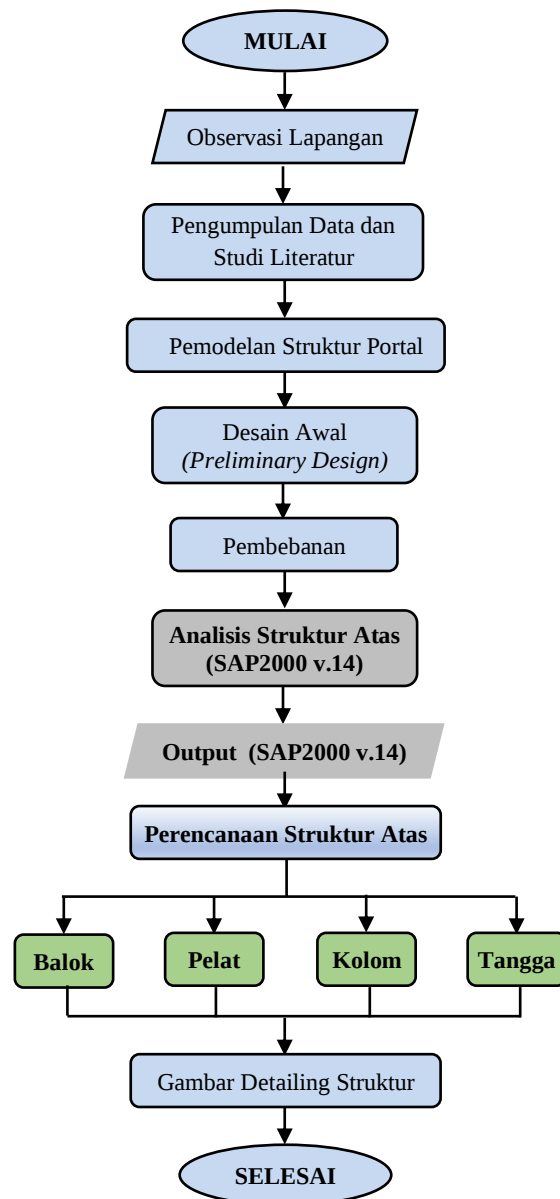
Sumber: SNI 2847-2019

SAP (Structural Analysis Program) 2000 v.14

SAP2000 v.14 merupakan salah satu program analisis struktur yang lengkap dan sangat mudah untuk dioperasikan. SAP2000 v.14 ini secara lengkap terintegrasi dengan *Microsoft Windows*. Prinsip utama penggunaan program ini adalah pemodelan struktur, eksekusi analisa dan pemeriksaan atau optimal desain, yang semua dilakukan dalam satu langkah atau satu tampilan berupa model secara menyeluruh dalam waktu yang singkat dan hasil yang tepat.

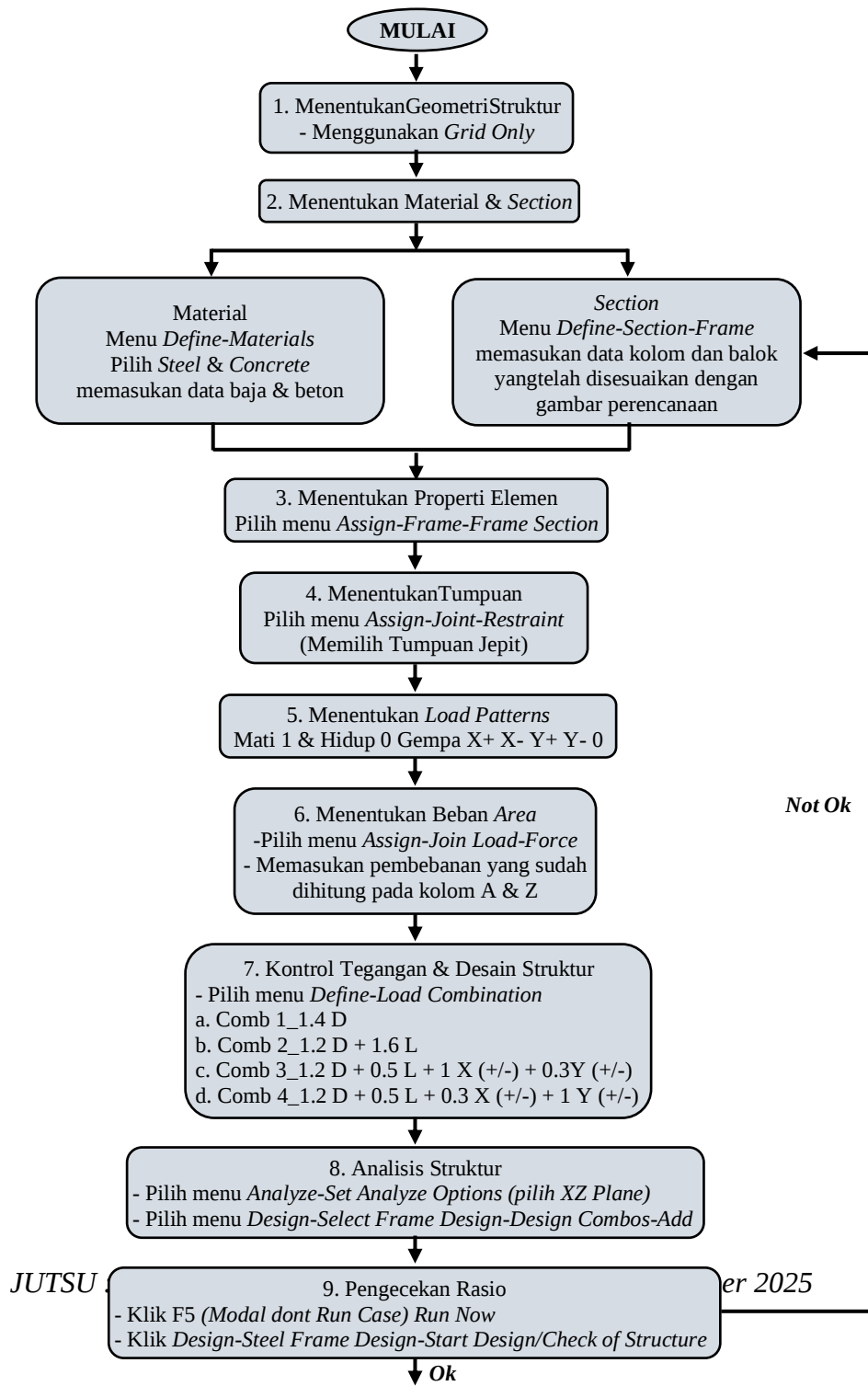
Metodologi Penelitian

Prinsip dari perencanaan struktur gedung ini adalah menghasilkan suatu bangunan yang aman, nyaman, kuat, efisien dan ekonomis. Suatu konstruksi gedung harus mampu menahan beban dan gaya – gaya yang bekerja pada konstruksi itu sendiri, sehingga bangunan atau struktur gedung aman dalam jangka waktu yang direncanakan. Data – data perencanaan diperoleh dengan cara *library research*. Metode analisis struktur Perencanaan Struktur Atas Gedung *Office* Graha Pramuka 5 (Lima) Lantai Jalan Utan Kayu Raya Kota Jakarta Timur ini menggunakan program SAP2000 versi 14.0.0. *Software* tersebut digunakan untuk melengkapi dan mengkoreksi sejauh mana ketepatan analisis.



Gambar 2. Flowchart Perencanaan

Sumber : Dokumen Pribadi 2024



Gambar 3. Flowchart Input Program SAP2000 v.14 (Portal)

Hasil dan Sumber : Dokumen Pribadi 2025

Data Struktur

Perencanaan struktur atas gedung *office* Graha Pramuka 5 (Lima) lantai Jl. Utan Kayu Raya Kota Jakarta Timur dengan data perencanaan yaitu :

Data Proyek

- Fungsi bangunan : Gedung *Office* Graha Pramuka 5 (Lima) Lantai
- Lokasi bangunan : Jl. Utan Kayu Raya Kota Jakarta Timur.
- Jumlah lantai : 5 (lima)
- Luas bangunan : lantai 1 = 426 m², lantai 2 = 426 m², lantai 3 = 426 m², lantai 4 = 426 m², lantai 5 = 426 m², plat atap = 426 m², dengan luas bangunan = 2.130 m²
- Tinggi antar lantai : lantai 1 = 0,00 m, lantai 2 = 4,00 m, lantai 3 = 8,00 m, lantai 4 = 12,00 m, lantai 5 = 16,00 m, atap = 26,00 m

Struktur Utama

Mutu beton (f_c') : K-300 $\rightarrow f_c' = 25$ Mpa, E_c plat, balok, kolom : 4700. $\sqrt{f_c'} = 23.500$ Mpa, plat lantai : K-250 $\rightarrow f_c' = 30$ Mpa, Balok:K-250 $\rightarrow f_c' = 30$ Mpa, Kolom : K-250 $\rightarrow f_c' = 30$ Mpa, Tangga : K-250 $\rightarrow f_c' = 30$ Mpa, Tulangan : $f_y = 400$ MPa (tulangan ulir), $f_y = 240$ MPa (tulangan polos), E_c Baja Tulangan : 200.000 Mpa.

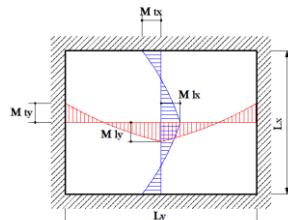
Perhitungan Struktur

Perhitungan momen tumpuan dan lapangan plat lantai

Penentuan tebal pelat lantai mengacu pada SK SNI 2019 sebagai berikut :

$$2.3.2 h_{mak} \leq \frac{\ln(0,8 + \frac{f_y}{1500})}{36} \quad h_{min} \geq \frac{\ln(0,8 + \frac{f_y}{1500})}{36 + 9\beta}$$

Dipakai tebal pelat 120 mm = 12 cm (untuk semua tipe pelat lantai)



Gambar 4. Momen yang Terjadi Plat Dua Arah

Sumber : Dokumen Pribadi - Program AutoCad

Perhitungan Pembebanan Pelat Lantai

- Beban Mati (W_D)

$$\text{Berat keramik (1 cm)} = 0,01 \times 2400 \times 1 = 24 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Berat pelat sendiri} = 0,12 \times 2400 \times 1 = 288 \text{ kg/m}^2$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat plesteran } 2,5 \text{ cm} &= 2,5 \times 21 \times 1 &= 52,5 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Berat Mechanical Engineering /ME} &&= 25 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Berat plafond} &&= 18 \text{ kg/m}^2 + \\
 q_D &&= 407,5 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

b. Beban Hidup (q_L)

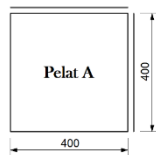
Berdasarkan PPIUG 1987 yaitu :

$$\text{Beban hidup fungsi gedung} = 250 \text{ kg/m}^2$$

c. Beban Ultimate (q_U)Untuk tinjauan lebar 1 m^2 pelat maka :

$$\begin{aligned}
 q_U &= 1,2 q_D + 1,6 q_L \rightarrow = (1,2 \times 407,5 \text{ kg/m}^2) + (1,6 \times 250 \text{ kg/m}^2) \\
 &= 889 \text{ kg/m} = 8,89 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

A. Tipe Pelat Lantai A



Gambar 5. Pelat A dengan 2 Sisi Terjepit

Sumber : Dokumen Pribadi - Program AutoCad

➤ Rasio Perbandingan plat lantai A

 L_y = Plat dengan bentang paling panjang L_x = Plat dengan bentang paling pendek

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{400}{400} = 1 \leq 2 \text{ (Plat 2 Arah)}$$

 $L_y/L_x \leq 2 \rightarrow$ Pelat Dua Arah, $L_y/L_x > 2 \rightarrow$ Pelat Satu Arah

Tabel 9. Koefisien Momen Plat Tipe A

l_y/l_x		1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	>2,5
I	$M_{lx} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	44	52	59	66	73	78	84	88	93	97	100	103	106	108	110	112	125
	$M_{ly} = +0,001 \cdot q \cdot l_y^2 \cdot X$	44	45	45	44	43	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	25	
II	$M_{lx} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	21	25	28	31	34	36	37	40	40	40	41	41	41	42	42	42	42
	$M_{ly} = +0,001 \cdot q \cdot l_y^2 \cdot X$	21	21	20	19	18	17	16	14	13	12	12	11	11	11	10	10	8
III	$M_{tx} = -0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	52	59	64	69	73	76	79	81	82	83	83	83	83	83	83	83	83
	$M_{ty} = -0,001 \cdot q \cdot l_y^2 \cdot X$	54	56	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57
IV	$M_{lx} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	28	33	38	42	45	48	51	53	55	57	58	59	59	60	61	61	63
	$M_{ly} = +0,001 \cdot q \cdot l_y^2 \cdot X$	28	28	27	26	25	23	22	21	19	18	17	17	17	16	16	16	13
IVA	$M_{tx} = -0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	28	28	27	26	25	23	22	21	19	18	17	17	17	16	16	16	13
	$M_{ty} = -0,001 \cdot q \cdot l_y^2 \cdot X$	72	74	76	77	77	78	78	78	78	79	79	79	79	79	79	79	79
IVB	$M_{lx} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	22	28	34	42	49	55	62	68	74	80	85	89	93	97	100	103	125
	$M_{ly} = +0,001 \cdot q \cdot l_y^2 \cdot X$	32	35	37	39	40	41	41	41	40	39	38	37	36	35	35	35	25
VA	$M_{tx} = -0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	70	79	87	94	100	105	109	112	115	117	119	120	121	122	123	123	125
	$M_{ty} = -0,001 \cdot q \cdot l_y^2 \cdot X$	70	74	77	79	81	82	83	84	84	84	84	84	83	83	83	83	83
VB	$M_{lx} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	31	38	45	53	60	66	72	78	83	88	92	96	99	102	105	108	125
	$M_{ly} = +0,001 \cdot q \cdot l_y^2 \cdot X$	37	39	41	41	42	42	41	41	40	39	38	37	36	35	34	33	25
VIA	$M_{tx} = -0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	84	92	99	104	109	112	115	117	119	121	122	123	123	123	124	124	125
	$M_{ty} = -0,001 \cdot q \cdot l_y^2 \cdot X$	37	41	45	48	51	53	55	56	58	59	60	60	60	61	61	62	63
VIB	$M_{lx} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	31	30	28	27	25	24	22	21	20	19	18	17	17	16	16	15	13
	$M_{ly} = +0,001 \cdot q \cdot l_y^2 \cdot X$	84	92	98	103	108	111	114	117	119	120	121	122	122	123	123	124	125
VIA	$M_{tx} = -0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	21	26	31	36	40	43	46	49	51	53	55	56	57	58	59	60	63
	$M_{ly} = -0,001 \cdot q \cdot l_y^2 \cdot X$	26	27	28	28	27	26	25	23	22	21	21	20	20	19	19	18	13
VIB	$M_{tx} = -0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	55	65	74	82	89	94	99	103	106	110	114	116	117	118	119	120	125
	$M_{ty} = -0,001 \cdot q \cdot l_y^2 \cdot X$	60	65	69	72	74	76	77	78	78	78	78	78	78	78	78	79	79
VIB	$M_{lx} = +0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	26	29	32	35	36	38	39	40	40	41	41	42	42	42	42	42	42
	$M_{ly} = +0,001 \cdot q \cdot l_y^2 \cdot X$	21	20	19	18	17	15	14	13	12	12	11	11	10	10	10	10	8
VIB	$M_{tx} = -0,001 \cdot q \cdot l_x^2 \cdot X$	60	66	71	74	77	79	80	82	83	83	83	83	83	83	83	83	83
	$M_{ty} = -0,001 \cdot q \cdot l_y^2 \cdot X$	55	57	57	57	58	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57

Keterangan :  = Terletak bebas
 = Terjepit penuh

(Sumber : PBI'71)

$$M_{lx} = 0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot x = 0,001 \cdot 8,89 \cdot (4)^2 \cdot 28 = 3,983 \text{ kNm}$$

$$M_{ly} = 0,001 \cdot q_u \cdot L_y^2 \cdot x = 0,001 \cdot 8,89 \cdot (4)^2 \cdot 28 = 3,983 \text{ kNm}$$

$$M_{tx} = -0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot x = -0,001 \cdot 8,89 \cdot (4)^2 \cdot 68 = -9,672 \text{ kNm}$$

$$M_{ty} = -0,001 \cdot q_u \cdot L_y^2 \cdot x = -0,001 \cdot 8,89 \cdot (4)^2 \cdot 88 = -9,672 \text{ kNm}$$

Dengan cara yang sama dilakukan untuk perhitungan type plat lantai B, type plat lantai C, dan type plat lantai D, maka di dapat rasio perbandingan sebagai berikut :

➤ Rasio Perbandingan Pelat Lantai B

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{400}{300} = 1,3 \leq 2 \text{ (Plat 2 Arah)}$$

$$M_{lx} = 0,001 * q_u * L_x^2 * x = 0,001 * 8,89 * (3)^2 * 31 = 2,480 \text{ kNm}$$

$$M_{ly} = 0,001 * q_u * L_x^2 * x = 0,001 * 8,89 * (3)^2 * 19 = 1,520 \text{ kNm}$$

$$M_{tx} = - 0,001 * q_u * L_x^2 * x = - 0,001 * 8,89 * (3)^2 * 69 = - 5,521 \text{ kNm}$$

$$M_{ty} = - 0,001 * q_u * L_x^2 * x = - 0,001 * 8,89 * (3)^2 * 57 = - 4,561 \text{ kNm}$$

➤ Rasio Perbandingan Pelat Lantai C

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{300}{200} = 1,5 < 2 \text{ (Plat 2 Arah)}$$

$$M_{lx} = 0,001 * q_u * L_x^2 * x = 0,001 * 8,89 * (2)^2 * 48 = 1,707 \text{ kNm}$$

$$M_{ly} = 0,001 * q_u * L_x^2 * x = 0,001 * 8,89 * (2)^2 * 25 = 0,889 \text{ kNm}$$

$$M_{tx} = - 0,001 * q_u * L_x^2 * x = - 0,001 * 8,89 * (2)^2 * 103 = - 3,663 \text{ kNm}$$

$$M_{ty} = - 0,001 * q_u * L_x^2 * x = - 0,001 * 8,89 * (4)^2 * 77 = - 2,738 \text{ kNm}$$

➤ Rasio Perbandingan Pelat Lantai D

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{300}{200} = 1,5 < 2 \text{ (Plat 2 Arah)}$$

$$M_{lx} = 0,001 * q_u * L_x^2 * x = 0,001 * 8,89 * (2)^2 * 43 = 1,529 \text{ kNm}$$

$$M_{ly} = 0,001 * q_u * L_x^2 * x = 0,001 * 8,89 * (2)^2 * 26 = 0,925 \text{ kNm}$$

$$M_{tx} = - 0,001 * q_u * L_x^2 * x = - 0,001 * 8,89 * (2)^2 * 94 = - 3,343 \text{ kNm}$$

$$M_{ty} = - 0,001 * q_u * L_x^2 * x = - 0,001 * 8,89 * (2)^2 * 76 = - 2,703 \text{ kNm}$$

Perhitungan momen tumpuan dan lapangan plat atap

a. Beban Mati (W_D)

$$\begin{aligned} \text{Berat pelat sendiri} &= 0,1 \times 2400 \text{ kg/m}^3 = 240 \text{ kg/m}^2 \\ \text{Berat lap. waterproofing} &= 0,05 \times 1000 \text{ kg/m}^3 = 50 \text{ kg/m}^2 \\ \text{Genangan air hujan} &= 0,1 \times 1000 \text{ kg/m}^3 = 100 \text{ kg/m}^2 \\ \text{Berat plafond + plafon} &= \frac{18 \text{ kg/m}^2}{+} \\ q_D &= 408 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

d. Beban Hidup (q_L)

Berdasarkan PPIUG 1987 yaitu : Beban hidup = 100 kg/m^2

e. Beban Ultimate (q_U)

Untuk tinjauan lebar 1 m^2 pelat maka :

$$\begin{aligned} q_U &= 1,2 q_D + 1,6 q_L \rightarrow = (1,2 \times 408 \text{ kg/m}^2) + (1,6 \times 100 \text{ kg/m}^2) \\ &= 650 \text{ kg/m} = \mathbf{6,50 \text{ kN/m}^2} \end{aligned}$$

Dengan melakukan cara yang sama seperti pada plat lantai, maka di dapat :

➤ Rasio Perbandingan Pelat Atap A

L_y = Plat dengan bentang paling panjang

L_x = Plat dengan bentang paling pendek

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{400}{400} = 1 \leq 2 \text{ (Plat 2 Arah)}$$

$$M_{lx} = 0,001 * q_u * L_x^2 * x = 0,001 * 6,50 * (4)^2 * 28 = 2,912 \text{ kNm}$$

$$M_{ly} = 0,001 * q_u * L_x^2 * x = 0,001 * 6,50 * (4)^2 * 28 = 2,912 \text{ kNm}$$

$$M_{tx} = - 0,001 * q_u * L_x^2 * x = - 0,001 * 6,50 * (4)^2 * 68 = - 7,072 \text{ kNm}$$

$$M_{ty} = - 0,001 * q_u * L_x^2 * x = - 0,001 * 6,50 * (4)^2 * 88 = - 7,072 \text{ kNm}$$

➤ Rasio Perbandingan Pelat Atap B

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{400}{300} = 1,3 \leq 2 \text{ (Plat 2 Arah)}$$

$$M_{lx} = 0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot x = 0,001 \cdot 6,50 \cdot (3)^2 \cdot 31 = 1,814 \text{ kNm}$$

$$M_{ly} = 0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot x = 0,001 \cdot 6,50 \cdot (3)^2 \cdot 19 = 1,112 \text{ kNm}$$

$$M_{tx} = -0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot x = -0,001 \cdot 6,50 \cdot (3)^2 \cdot 69 = -4,037 \text{ kNm}$$

$$M_{ty} = -0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot x = -0,001 \cdot 6,50 \cdot (3)^2 \cdot 57 = -3,335 \text{ kNm}$$

➤ Rasio Perbandingan Pelat Atap C

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{300}{200} = 1,5 < 2 \text{ (Plat 2 Arah)}$$

$$M_{lx} = 0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot x = 0,001 \cdot 6,50 \cdot (2)^2 \cdot 48 = 1,248 \text{ kNm}$$

$$M_{ly} = 0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot x = 0,001 \cdot 6,50 \cdot (2)^2 \cdot 25 = 0,650 \text{ kNm}$$

$$M_{tx} = -0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot x = -0,001 \cdot 6,50 \cdot (2)^2 \cdot 103 = -2,678 \text{ kNm}$$

Tipe Plat	Momen				Tulangan Tumpuan		Tulangan Lapangan	
	M _{lx} (kNm)	M _{ly} (kNm)	M _{tx} (kNm)	M _{ty} (kNm)	Arah x (mm)	Arah y (mm)	Arah x (mm)	Arah y (mm)
A	3,983	3,983	- 9,672	- 9,672	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-200	Ø10-200
B	2,480	1,520	- 5,521	- 4,561	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-200	Ø10-200
C	1,707	0,889	- 3,663	- 2,738	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-200	Ø10-200
D	1,529	0,925	- 3,343	- 2,703	Ø10-100	Ø10-100	Ø10-200	Ø10-200

$$M_{ty} = -0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot x = -0,001 \cdot 6,50 \cdot (4)^2 \cdot 77 = -2,002 \text{ kNm}$$

➤ Rasio Perbandingan Pelat Atap D

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{300}{200} = 1,5 < 2 \text{ (Plat 2 Arah)}$$

$$M_{lx} = 0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot x = 0,001 \cdot 6,50 \cdot (2)^2 \cdot 43 = 1,118 \text{ kNm}$$

$$M_{ly} = 0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot x = 0,001 \cdot 6,50 \cdot (2)^2 \cdot 26 = 0,676 \text{ kNm}$$

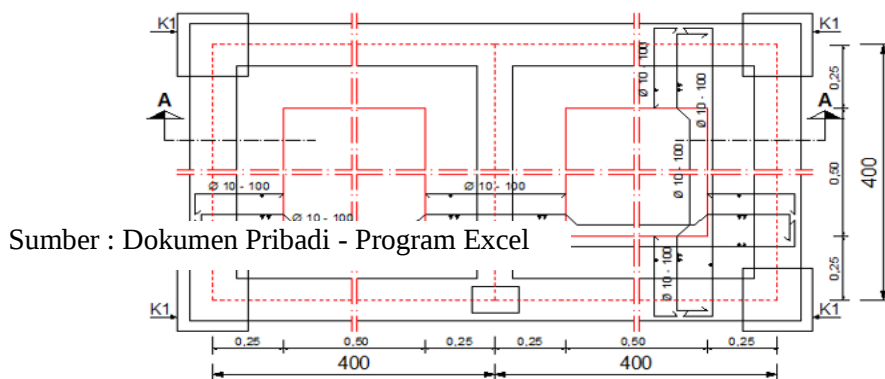
$$M_{tx} = -0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot x = -0,001 \cdot 6,50 \cdot (2)^2 \cdot 94 = -2,444 \text{ kNm}$$

$$M_{ty} = -0,001 \cdot q_u \cdot L_x^2 \cdot x = -0,001 \cdot 6,50 \cdot (2)^2 \cdot 76 = -1,976 \text{ kNm}$$

Perencanaan plat tangga

a. Perencanaan balok bordes tangga

Tabel 10. Penulangan Pelat Lantai



Gambar 6. Denah Penulangan Pelat Lantai

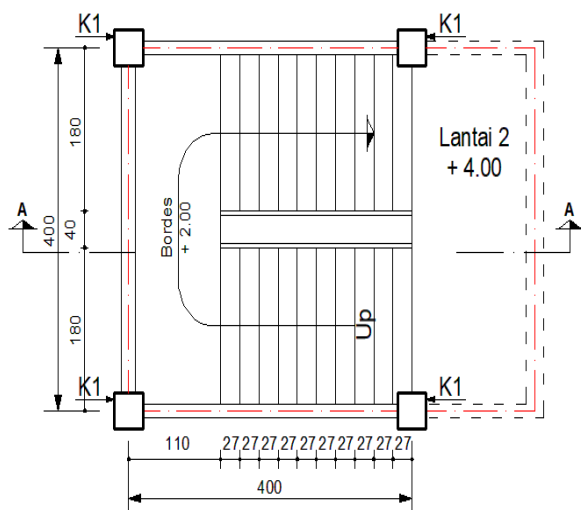
Sumber : Dokumen Pribadi - Program AutoCad

Tabel 11. Sifat Mekanis Baja Struktural

Jenis Baja	Tegangan Putus Tarik F_u (MPa)	Tegangan Leleh Leleh F_y (MPa)	Peregangan Minimum (%)
BJ-34	340	210	22
BJ-37	370	240	20
BJ-41	410	250	18
BJ-50	500	290	16
BJ-52	520	360	14
BJ-55	550	410	13

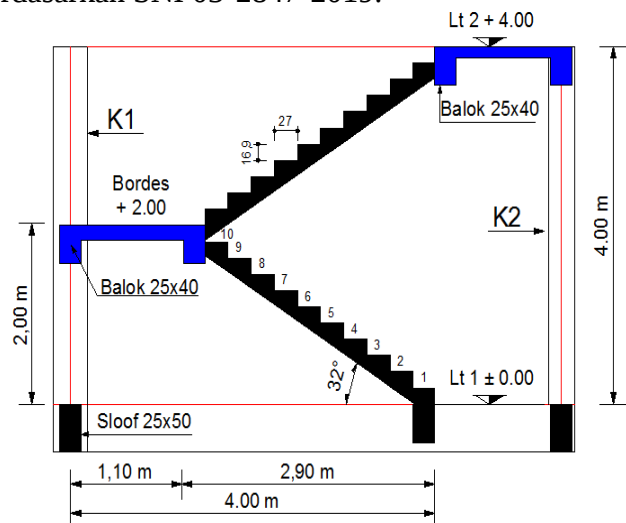
Sumber : SNI 1729-2019

Kombinasi pembebanan yang diperuntukkan berdasarkan SNI 03-2847-2019.



Gambar 7. Denah Tangga

Sumber : Dokumen Pribadi - Program AutoCad



Gambar 8. Potongan A – A Tangga

Sumber : Dokumen Pribadi, 2023

Tabel 12. Rekap Tulangan Tangga dan Bordes

Jenis Plat Tangga	Posisi Tulangan	Tulangan	As Tulangan (mm^2)
Plat Tangga	Tump. x	$\varnothing 10 - 120$	628
	Lap. x	$\varnothing 10 - 120$	628
	Tump. y	$\varnothing 10 - 120$	628
	Lap. y	$\varnothing 10 - 120$	628
Bordes	Tump. x	$\varnothing 10 - 120$	628
	Lap. x	$\varnothing 10 - 120$	628
	Tump. y	$\varnothing 10 - 120$	628
	Lap. y	$\varnothing 10 - 120$	628

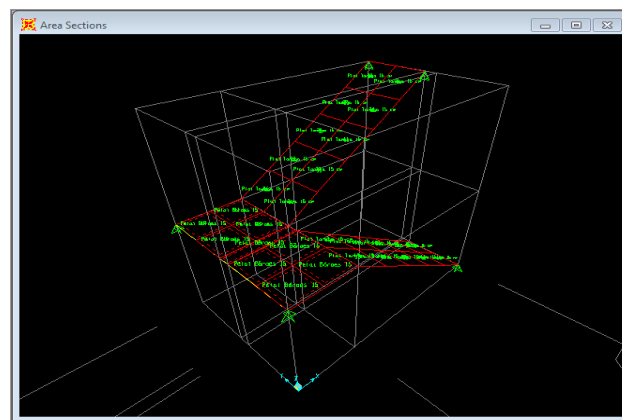
Sumber : Dokumen Pribadi - Program Excel

Analisa Perhitungan Pelat pada Struktur Tangga

Perhitungan analisa struktur dilakukan menggunakan bantuan program SAP 2000. Beban yang dimasukkan sebagai beban merata (*Uniform Shell*) dalam program SAP2000, Untuk pemodelan tangga pada SAP2000. Sedangkan display momen M_{11} dan M_{22} pada pelat lantai dan pelat *bordes*. Kombinasi pembebanan yang digunakan adalah : $\rightarrow 1,2 D_L + 1,6 L_L$

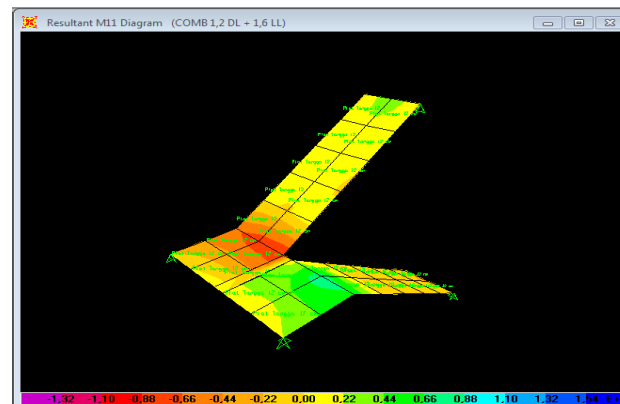
Keterangan : D_L : *Dead Load* (beban mati)

L_L : *Live Load* (beban hidup)



Gambar 9. Pemodelan Analisa Struktur Tangga

Sumber : Dokumen Pribadi – Program SAP2000



Gambar 10. Pemodelan Struktur Tangga (M_{11}) Arah Sb X

Sumber : Dokumen Pribadi – Program SAP2000

Berdasarkan hasil dari analisa program SAP2000 didapat momen maksimal pada arah X dan Y yang dapat dilihat pada Tabel dibawah.

Tabel 11. Momen Pelat Tangga dan Bordes

Jenis Plat	Gaya Dalam	Momen (kN.m)
------------	------------	--------------

Plat Tangga	M ₁₁ (19)	14,14
	M ₂₂ (12)	17,28
Plat Bordes	M ₁₁ (21)	11,47
	M ₂₂ (14)	13,19

Sumber : Dokumen Pribadi - Program Excel

Kesimpulan

Setelah melakukan perhitungan Desain Alternatif Struktur Atas Gedung *Office* Graha Pramuka 5 (lima), dapat diambil kesimpulan bahwa perencanaan struktur beton bertulang ini direncanakan aman terhadap beban mati, beban hidup dan beban gempa rencana. Distribusi beban geser/gempa menggunakan analisis statik ekuivalen sedangkan perhitungan analisis mekanika strukturnya menggunakan aplikasi program SAP 2000 V.14.

1. Suatu struktur bangunan yang kokoh dan kuat tapi juga efisien memerlukan suatu perencanaan struktur yang baik dengan menggunakan peraturan-peraturan perencanaan secara tepat dan benar.
2. Pemodelan dan pembebanan sangat berpengaruh terhadap benar atau tidaknya hasil perhitungan yang akan diperoleh. Kesalahan pada kedua hal tersebut mengakibatkan kesalahan pada dimensi akhir walaupun perhitungan yang telah dilakukan sudah benar.
3. Dalam perencanaan struktur atas diperoleh harga momen dan gaya lintang yang bervariasi. Dari harga yang berbeda-beda tersebut diambil harga-harga yang maksimum dan dikelompokkan untuk memudahkan perhitungan.
4. Pembebanan gempa berdasarkan SNI 1726-2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.

Daftar Pustaka

- Antonius, 2021. "Perilaku Dasar dan Desain Beton Bertulang Berdasarkan SNI-2847-2019" Penerbit Unissula Press, Semarang.
- Anugrah Pamungkas, Erny Harianti. 2010. "Desain Pondasi Tahan Gempa". Penerbit ITS Press: Surabaya.
- Asroni, Ali. 2010. "Balok dan Pelat Beton Bertulang Berdasarkan SNI-2847-2019" Penerbit Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. "Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Rumah dan Gedung". SNI 1726-2012.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. "Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung" SNI 03-1729-2019.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. "Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung." SNI 03-2847-2019.
- Departemen Pekerjaan Umum, "Pedoman Perencanaan Pembangunan Untuk Rumah dan Gedung (PPPURG)" 1987.
- Indranto Himawan. 2009 Literatur KSAKS, 2014 "Diktat Kursus SAP 2009", Universitas Diponegoro.
- Purwanto. 2006. "Bahan Ajar Beton 1". Fakultas Teknik Undip Semarang.

- Vis, W. C. Dan Kusuma, Gideon H. 1993. "Grafik Dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang". Penerbit Erlangga : Jakarta.
- Vis, W. C. Dan Kusuma, Gideon H. 1997. "Dasar – Dasar Perencanaan Beton Bertulang". Penerbit Erlangga : Jakarta.
- Widodo, MSCE, Ph.D 2013 "Struktur Beton Bertulang II" Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.