



Perencanaan Struktur Beton Bertulang Gedung Ibadah Berlantai 5

Exel Juan David^{#a}, Ronny E. Pandaleke^{#b}, Banu D. Handono^{#c}

[#]Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia
^aexel.juan14@gmail.com, ^bronny_pandaleke@yahoo.com, ^cbanu2h@unsrat.ac.id

Abstrak

Wilayah Indonesia memiliki tingkat resiko kegempaan yang tinggi, hal ini membuat perencanaan suatu struktur gedung bertingkat yang tahan gempa sangatlah penting di Indonesia. Ketika bencana gempa bumi terjadi maka gaya gempa akan bekerja sebagai beban lateral pada struktur gedung bertingkat di atasnya. Struktur gedung bertingkat akan mengalami pergerakan secara vertikal maupun secara lateral. Pergerakan struktur secara vertikal relatif kecil pada umumnya, sedangkan pergerakan secara lateral sangat berisiko tinggi terhadap keruntuhan struktur gedung. Apalagi Struktur Bangunan yang dirasa unik karena memiliki daerah bukaan yang besar, bahkan lebih besar dari 50 persen dari luas daerah keseluruhan. Struktur gedung yang direncanakan adalah struktur beton bertulang yang merupakan bangunan bertingkat, terdiri dari 4 lantai kerja, dengan panjang bangunan 32,95 m, lebar 11,6 m, tinggi 14,00 m dan letaknya berada di Kota Manado, Sulawesi Utara. Pemodelan dan analisis struktur menggunakan Software ETABS Ultimate V.18.1.1. Berdasarkan hasil analisis, desain, dan kontrol terhadap struktur gedung beton bertulang yang mengalami ketidakberaturan struktur telah memenuhi persyaratan. Komponen struktur dengan penulangannya dapat menahan gaya lentur dan gaya geser yang bekerja pada penampang, dan telah mengikuti persyaratan pendetailan dalam SRPMK untuk mendapatkan struktur yang bersifat daktail. Sehingga untuk persyaratan perencanaan bangunan menggunakan sistem rangka pemikul momen khusus telah terpenuhi.

Kata kunci - perencanaan struktur; beton bertulang, ketidakberaturan, SRPMK, ETABS

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Dengan semakin berkembangnya jaman, ditambah dengan pertumbuhan penduduk, maka diperlukan sarana dan prasarana untuk menunjang kehidupan. Namun seringkali pembangunan terkendala karena masalah kurangnya ketersediaan lahan. Hal ini membuat kebutuhan akan gedung bertingkat pun meningkat, sehingga diperlukan ahli-ahli di bidang Teknik Sipil untuk dapat merencanakan gedung bertingkat ini. Namun dalam merencanakan gedung bertingkat di Indonesia tidaklah semudah yang dipikirkan, karena harus mampu merencanakan gedung bertingkat yang tahan terhadap resiko keruntuhan akibat gempa bumi. Seperti yang kita tahu, bahwa Negara Indonesia merupakan Negara yang sangat rentan mengalami gempa bumi. Hal ini diakibatkan karena Negara Indonesia berada di titik pertemuan antara 3 lempeng bumi, yaitu Lempeng Pasifik, Lempeng Eurasia dan lempeng Hindia-Australia serta berada di kawasan Cincin Api Pasifik (Ring of Fire), atau istilah yang digunakan untuk wilayah yang sering mengalami letusan gunung berapi aktif.

Dalam Perencanaan ini, Struktur yang direncanakan merupakan Gedung Gereja 5 Lantai yang terletak di Kota Manado yang merupakan Ibukota Provinsi Sulawesi Utara. Struktur Bangunan ini merupakan struktur yang unik, karena memiliki daerah bukaan yang besar bahkan luas daerah bukaannya lebih dari 50 persen dari luas daerah keseluruhan. Maka dalam Perencanaan ini diperlukan ketelitian serta perencanaan yang matang agar ketika terjadi gempa, struktur bangunan tidak mengalami kerusakan ataupun runtuh. Oleh karena itu, penulis akan membuat perencanaan

bangunan gedung bertingkat dengan mempertimbangkan efisiensi serta ekonomis namun tetap aman dengan mengacu pada peraturan SNI 2847-2019, yaitu Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasan dan SNI 1726 – 2019, yaitu Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung. Selain itu, penulis juga akan melakukan Analisa Struktur, karena dari analisa struktur tersebut kita akan mendapatkan gaya-gaya dalam berupa momen lentur, gaya geser, dan gaya aksial, yang selanjutnya akan digunakan untuk menentukan dimensi dari elemen-elemen struktur, yang diharapkan mampu menahan semua beban yang direncanakan, termasuk beban gempa yang sewaktu-waktu bisa diterimanya.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang diatas, maka rumusan masalah yang akan dibahas yaitu tentang: Bagaimana merencanakan suatu elemen struktur beton bertulang yang tahan gempa sesuai dengan peraturan SNI 2847-2019 dan SNI 1726-2019.

1.3 Batasan Perencanaan

Batasan dalam perencanaan adalah sebagai berikut :

1. Struktur bangunan yang ditinjau adalah bangunan Gereja 5 lantai dengan konstruksi beton bertulang.
2. Lokasi Penelitian terletak di Jalan Pulau Bunaken, Kelurahan Bahu, Kecamatan Malalayang, Kota Manado, Provinsi Sulawesi Utara.
3. Aspek yang ditinjau yaitu perencanaan elemen struktur atas meliputi balok, kolom, pelat, dan hubungan balok-kolom, sedangkan untuk struktur bawah meliputi pondasi beton bertulang.
4. Hubungan balok dan kolom merupakan sambungan kaku (*Rigid*).
5. Perencanaan elemen struktur bangunan menggunakan analisis yang mengacu pada Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan penjelasan (SNI 2847-2019).
6. Analisa Perhitungan gaya gempa akan menggunakan metode analisis respons spektrum berdasarkan SNI 1726-2019 tentang Tata Cara Perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung.
7. Perencanaan bangunan hanya mencakup analisa dan desain komponen struktur atas. Tidak mencakup struktur bawah, manajemen konstruksi, metode pelaksanaan dan arsitektural.
8. Perencanaan Penulangan dilakukan dengan perhitungan manual berdasarkan hasil analisa struktur dengan bantuan Microsoft Excel.
9. Penggambaran gambar kerja menggunakan software AutoCAD sesuai dengan syarat-syarat dalam pedoman perencanaan yang digunakan.
10. Struktur Baja pendukung atap tidak dibahas dalam skripsi ini, tetapi pemilihan elemen bajanya memenuhi syarat perencanaan.

1.4 Tujuan Perencanaan

- 1 Merencanakan elemen struktur gedung beton bertulang untuk Gedung Gereja yang tahan gempa dan modelstruktur gedung beton bertulang berdasarkan peraturan Standar Nasional Indonesia (SNI) yang berlaku.
- 2 Mendapatkan kesimpulan yang dapat membantu di kemudian hari dalam hal merencanakan struktur bangunan beton bertulang dengan struktur yang mampu menahan gaya gempa.

2. Metode Perencanaan

Lokasi perencanaan untuk bangunan berada di Kota Manado, Provinsi Sulawesi Utara. Struktur Gedung yang direncanakan memiliki fungsi sebagai gedung Gereja dan memiliki struktur inti berupa beton bertulang.

A. Data Bangunan

Fungsi Gedung	: Gereja
Jumlah Lantai	: 5 Lantai
Tinggi Bangunan	: 14 m

Jarak antar Lantai	: 3,5 m
Panjang Bangunan	: 32,95 m (Arah x)
Lebar Bangunan	: 11,60 m (Arah y)
Struktur Bangunan	: Beton Bertulang

B. *Data Material*

1. Spesifikasi Material Beton

- Mutu Beton ($f'c$) : 30 MPa
- Berat Jenis : 2400 kg/m³
- Modulus Elastisitas beton (E_c) : $4700 \sqrt{f'c}$

2. Spesifikasi Material Baja

- Mutu Baja Tulangan Utama (f_y) sebesar 420 MPa (BJTS 420A)
- Mutu Baja Tulangan Sengkang (f_{ys}) sebesar 280 MPa (BJTS 280)
- Modulus Elastisitas Baja sebesar 200000 Mpa

C. *Data Beban*

Data beban sebagai gaya luar yang bekerja pada struktur bangunan, dimana data beban yang akan dipakai dalam perencanaan adalah beban mati, beban hidup yang diambil sebesar luasan per (m²) yang ditinjau berdasarkan fungsi bangunan yang akan direncanakan, diambil berdasarkan SNI 1727-2020 dan Beban gempa, mengacu pada SNI 1726-2019 tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur gedung dan non gedung. Selanjutnya bangunan dirancang mampu menahan beban yang telah dikombinasikan sesuai SNI 1726-2019.

D. *Data Tanah*

- Hasil penyelidikan tanah berdasarkan Cone Penetration Test (Tes Sondir)
- Lapisan tanah keras (q_c) ≥ 250 kg/cm² berada pada kedalaman 3,40 m.
- Jenis tanah termasuk dalam tanah sedang

E. *Perencanaan Sistem Struktur*

Bangunan termasuk dalam Kategori Desain Seismik "D". Maka untuk struktur yang terletak pada daerah/wilayah dengan tingkat risiko gempa yang tinggi dikategorikan sebagai KDSD, E, dan F, harus didesain sebagai Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).

F. *Pradesain Struktur*

Perencanaan Dimensi Struktur (*Preliminary Desain*) adalah tahapan untuk memperkirakan perencanaan dimensi struktur, dengan tujuan untuk mendapatkan geometri awal penampang balok, kolom, dan tebal pelat berdasarkan beban yang ada untuk mempermudah pemodelan dengan *Software ETABS* dengan memperhatikan denah bangunan yang ada berdasarkan data bangunan yang ada.

G. *Pemodelan Struktur*

Struktur bangunan yang direncanakan berdasarkan dengan denah bangunan yang akan direncanakan, data-data bangunan dan dengan menggunakan pradesain elemen struktur yang telah direncanakan, dimana dengan perencanaan data-data tersebut akan dimodelkan dalam *Software ETABS* sehingga dapat sama dengan kondisi di lapangan dan digunakan sebagai bantuan dalam mengetahui gaya-gaya dalam yang terjadi atau analisa struktur.

H. *Analisa Struktur*

Analisa struktur dilakukan dengan bantuan *Software ETABS* dan akan diperoleh output berupa momen lentur pada balok, gaya geser, serta gaya aksial yang terjadi, dan kemudian digunakan untuk perhitungan gaya-gaya dalam untuk perencanaan dimensi struktur dan tulanganbeton bertulang.

I. *Kontrol Keamanan Struktur*

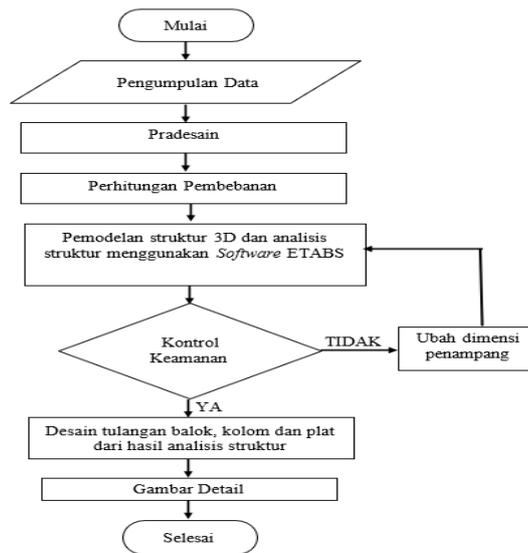
Hasil analisa struktur yang diperoleh dari *software ETABS* harus dikontrol terhadap suatu batasan-batasan tertentu sesuai dengan standar dan persyaratan yang berlaku untuk menentukan kelayakan sistem struktur tersebut berdasarkan Pedoman Perencanaan.

J. Penulangan Elemen Struktur

Perhitungan penulangan struktur mengacu pada pedoman perencanaan dengan memperhatikan persyaratan-persyaratan penulangan pada balok, kolom dan pelat menggunakan data-data analisis struktur dari *output Software ETABS*. Untuk desain tulangan dikerjakan dengan cara perhitungan manual dengan menggunakan bantuan *Microsoft Excel* perhitungan mengacu pada persyaratan elemen struktur yang digunakan.

K. Gambar Rencana Struktur

Penggambaran direncanakan setelah semua tahap perencanaan gedung selesai. Digambar secara manual menggunakan *Software AutoCAD*. Berdasarkan langkah perencanaan diatas, prosedur perencanaan digambarkan dalam bagan alir pada Gambar 1.

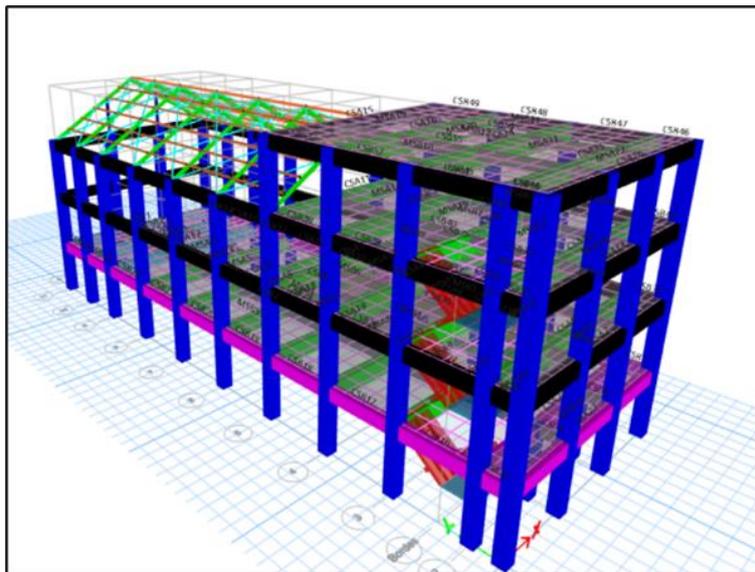


Gambar 1. Bagan Alir Perencanaan

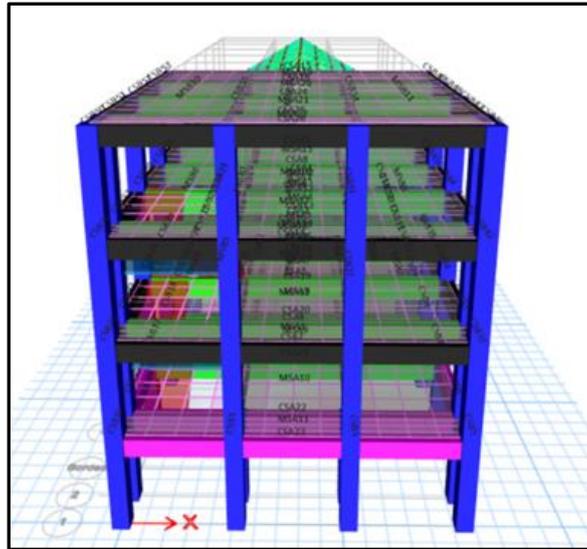
3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pemodelan Struktur

Bentuk geometri struktur dapat dilihat pada Gambar 2 dan 3.



Gambar 2. Geometri Struktur 3D Bangunan



Gambar 3. Geometri Struktur 3D Tampak Depan Bangunan

3.2 Pembebanan

1. Beban Mati

- Berat sendiri elemen struktur (*Dead Load*) yang ditentukan oleh (*Program Determine*).
- Beton Bertulang = 24 kN/m³
- Beban tambahan = 1.2 kN/m²

2. Beban Hidup

- Kamar = 1.92 kN/m²
- Ruang Ibadah = 4.79 kN/m²
- Lantai Podium = 7,18 kN/m²
- Tangga = 4.79 kN/m²
- Toilet = 1.92 kN/m²
- Balkon = 4,79 kN/m²
- Dapur/Ruang Makan = 4,79 kN/m²
- Rooftop = 0.96 kN/m²
- Dinding ½ Bata = 2.5 kN/m

3. Beban Gempa

Direncanakan menggunakan Analisis Dinamik, dengan Ragam Respon Spektrum, dimana hal-hal dasar telah dihitung berdasarkan SNI 1726-2019.

4. Kombinasi Pembebanan

Beban-beban tersebut diatas dikombinasikan sesuai dengan SNI 1726-2019 diinputkan dalam model perencanaan tersebut.

3.3 Pradesain

1. Dimensi awal balok:

- Balok Utama 1 (B1) = 450 mm x 850 mm
- Balok Utama 2 (B2) = 450 mm x 650 mm
- Balok Utama 3 (B3) = 400 mm x 600 mm
- Balok Anak (BA) = 250 mm x 450 mm

2. Dimensi awal kolom:

- Kolom Lantai 1 = 600 mm x 600 mm

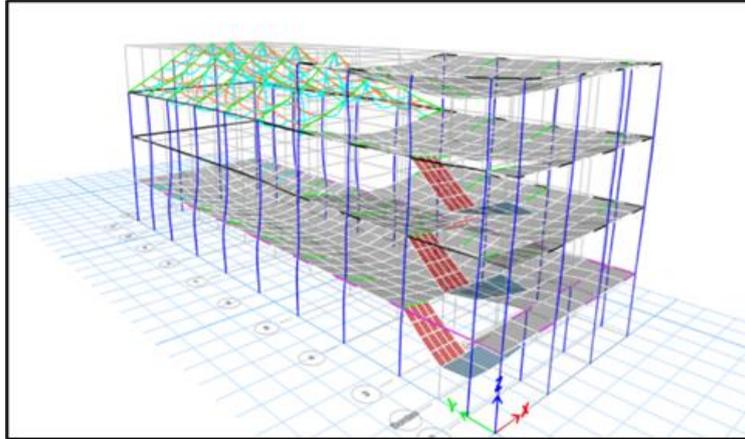
3. Dimensi awal pelat:

- Pelat lantai = 130 mm
- Pelat Atap = 130 mm

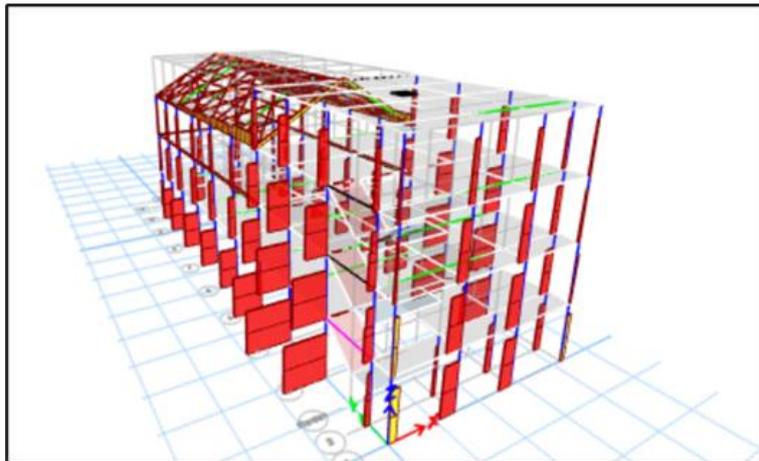
- Pelat Tangga = 200 mm
- Pelat Bordes = 130 mm

3.4 Hasil Analisis

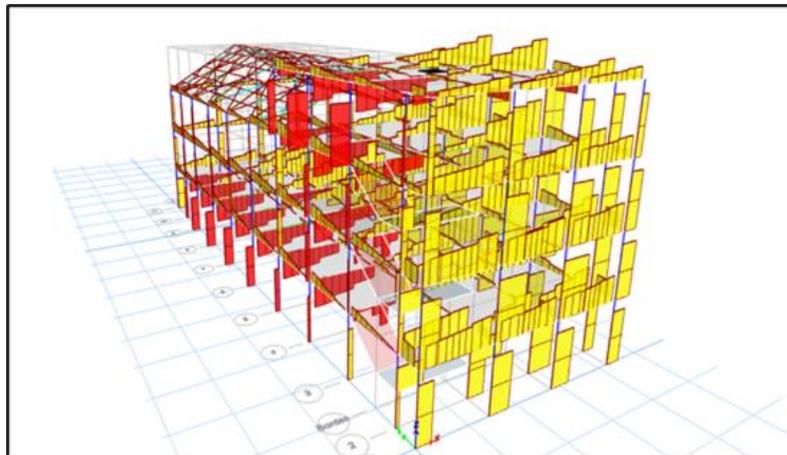
Setelah itu hasil perhitungan beban dan juga pradesain dimasukkan ke program *ETABS* untuk dianalisis, hasil analisis dapat dilihat pada gambar berikut.



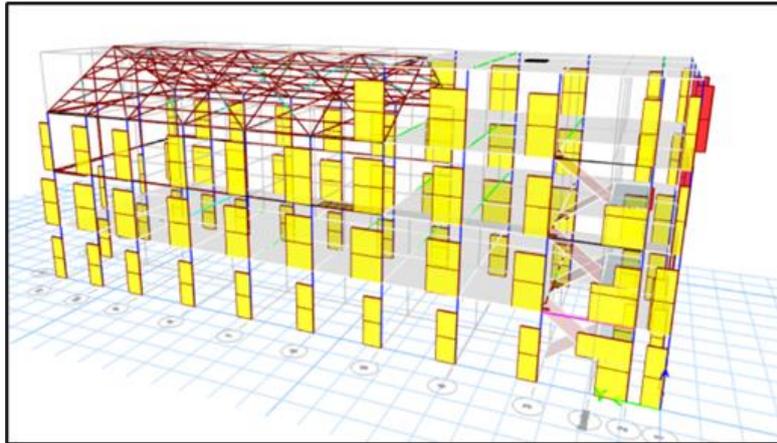
Gambar 4. Deformasi Bangunan



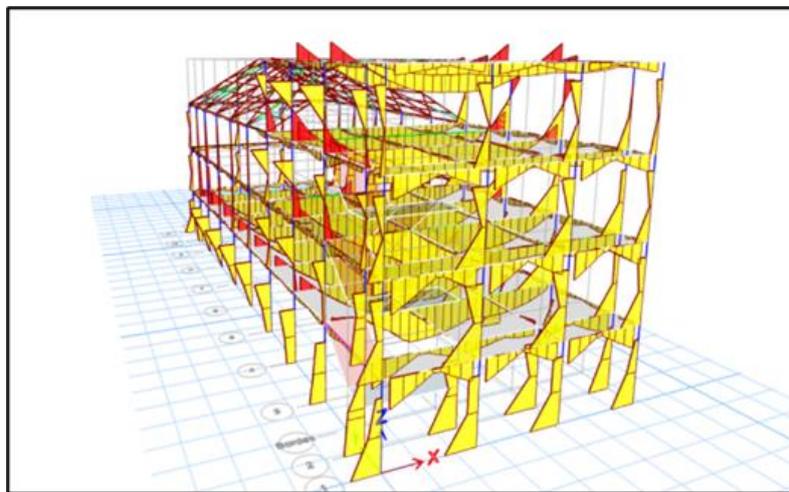
Gambar 5. Gambar Bidang Gaya Dalam Akibat Beban Axial Maksimum



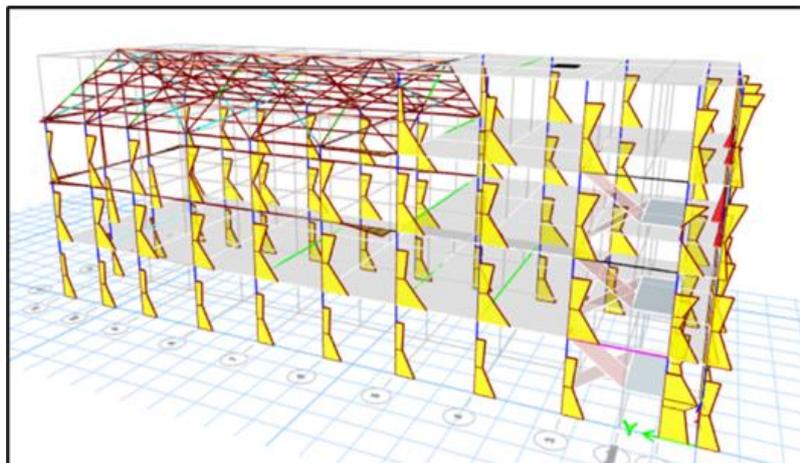
Gambar 6. Gambar Bidang Gaya Dalam Akibat Gaya Geser Maksimum Arah X



Gambar 7. Gambar Bidang Gaya Dalam Akibat Gaya Geser Maksimum Arah Y



Gambar 8. Gambar Bidang Gaya Dalam Akibat Momen Maksimum Arah X



Gambar 9. Gambar Bidang Gaya Dalam Akibat Momen Maksimum Arah Y

3.5 Perencanaan Penulangan

Data gaya-gaya dalam yang didapat dari program *ETABS* digunakan untuk menghitung keperluan tulangan balok, kolom dan pelatnya.

A. Perencanaan Tulangan Balok

Perencanaan tulangan balok meliputi penulangan lentur, penulangan geser, dan penulangan

torsi/badan, pada balok yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rekapitulasi Tulangan Lentur Balok (Hasil Analisis, 2023)

LANTAI	TIPE BALOK	DAERAH	TUL. TARIK	TUL. TEKAN	
Lantai Atap	B1 (45/85)	Tump.	7 S 19	6 S 19	
		Lap.	5 S 19	9 S 19	
	B2 (45/65)	Tump.	4 S 19	4 S 19	
		Lap.	4 S 19	4 S 19	
	B3 (40/60)	Tump.	4 S 19	4 S 19	
		Lap.	4 S 19	4 S 19	
	BA (25/45)	Tump.	6 S 16	2 S 16	
		Lap.	2 S 16	6 S 16	
	Lantai 3 dan Lantai 4	B1 (45/85)	Tump.	8 S 25	4 S 25
			Lap.	4 S 25	8 S 25
B2 (45/65)		Tump.	4 S 19	4 S 19	
		Lap.	4 S 19	4 S 19	
B3 (45/60)		Tump.	6 S 19	4 S 19	
		Lap.	4 S 19	4 S 19	
BA (25/45)		Tump.	6 S 16	2 S 16	
		Lap.	2 S 16	6 S 16	
2		B1 (45/85)	Tump.	8 S 25	4 S 25
			Lap.	4 S 25	8 S 25
	B2 (45/65)	Tump.	6 S 22	5 S 22	
		Lap.	4 S 22	5 S 22	
	B3 (45/65)	Tump.	4 S 19	4 S 19	
		Lap.	4 S 19	4 S 19	
	BA (25/40)	Tump.	6 S 16	2 S 16	
		Lap.	2 S 16	6 S 16	

- Perencanaan Penulangan Torsi/Badan:
Diameter tulangan torsi/badan direncanakan sebesar 13 mm untuk semua ukuran balok, dan menggunakan 1 tulangan pada masing-masing sisi.

B. Perencanaan Tulangan Kolom

- Kolom Tengah , K1 (600 mm x 600 mm)
Tulangan longitudinal = 16 S 25
Tulangan geser
- Daerah lo = 600 mm
- Tump/ daerah (lo) = 5P D13 - 100
- Lap/ diluar daerah (lo) = 5P D13 - 150

C. Perencanaan Tulangan Pelat

Penulangan pelat direncanakan sama untuk arah x dan arah y, seperti pada tabel 2. Penulangan tangga diperlihatkan pada tabel 3 Lantai 1-5 menggunakan penulangan konvensional, dan lantai dasar menggunakan penulangan *wiremesh* M8-150.

Tabel 2. Rekapitulasi Penulangan Pelat Lantai (Hasil Analisis, 2023)

LANTAI	Lajur	tp	Desain	
	(-)	(mm)	ϕ_t	S
Atap	Tump (Kolom)	130	12	200
	Lap (Tengah)	130	12	200
4	Tump (Kolom)	130	12	200
	Lap (Tengah)	130	12	200
3	Tump (Kolom)	130	12	200
	Lap (Tengah)	130	12	200
2	Tump (Kolom)	130	12	200
	Lap (Tengah)	130	12	200

Tabel 3. Rekapitulasi Penulangan Pelat Tangga dan Bordes (Hasil Analisis, 2023)

LANTAI	Lokasi	tp	Tul. Pokok	Tul. Susut
	(-)	(mm)	ϕ_t	ϕ_s
Tangga	Tump	200	14-125	12-200
	Lap	200	14-125	12-200
Bordes	Tump	130	14-125	12-200
	Lap	130	14-125	12-200

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perencanaan struktur bangunan, menggunakan sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK), dapat diperoleh kesimpulan:

1. Komponen struktur seperti balok, kolom dan pelat telah direncanakan sesuai peraturan (SNI) yang berlaku sehingga aman dan dapat menahan gaya gempa yang terjadi.
2. Komponen struktur yang direncanakan telah memenuhi persyaratan "*Strong Column Weak Beam*" dalam SRPMK yaitu hubungan balok kolom (joint) telah memenuhi kondisi $\Sigma M_{nc} \geq 1,20 \Sigma M_{nb}$ yang menandakan bahwa kuat lentur nominal kolom lebih besar dari kuat lentur nominal balok. Komponen struktur dan pembesian yang direncanakan mampu untuk menahan gaya yang bekerja pada struktur dengan terpenuhinya syarat desain kekuatan dimana kapasitas momen nominal (M_n) lebih besar dari gaya yang bekerja pada komponen struktur (M_u). Komponen struktur dan pembesian juga di desain dapat menahan gaya geser yang diakibatkan oleh beban-beban yang bekerja pada struktur tersebut, dimana kapasitas geser nominal (V_n) telah melebihi gaya geser yang bekerja pada komponen struktur tersebut (V_u).

5. Saran

Dari hasil perencanaan yang telah dilakukan, berikut saran untuk penelitian selanjutnya:

1. Untuk Penelitian selanjutnya, bisa memperhitungkan kekuatan struktur bagian bawah, yaitu pondasi.
2. Bisa juga untuk menghitung kekuatan Baja

Referensi

- Badan Standardisasi Nasional. 2020. *Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*, SNI 1727-2020. Bandung: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. 2019. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*, SNI 1726:2019. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional Indonesia.
- Badan Standardisasi Nasional. 2019. *Tata Cara Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*, SNI 2847:2019. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional Indonesia.
- Setiawan, Agus. 2016. *Perancangan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847: 2019*. Erlangga. Jakarta
- Lesmana, Yudha. 2020. *Desain Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847:2019*. Nas Media Pustaka. Makassar
- Lamia, N. W. M., Pandaleke, R. E., & Handono, B. D. (2020). Perencanaan Struktur Gedung Beton Bertulang Dengan Denah Bangunan Berbentuk "L." *Jurnal Sipil Statik*, 8(4), 519–532