

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG BETON BERTULANG DENGAN DENAH BANGUNAN BERBENTUK “L”

Ni Wayan Mira Theresilia Lamia

Ronny E. Pandaleke, Banu Dwi Handono

Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado

email: miralamia.ml@gmail.com

ABSTRAK

Perencanaan struktur bangunan tahan gempa sangat penting di Indonesia yang mempunyai tingkat resiko kegempaan yang tinggi. Struktur gedung bertingkat dengan bentuk tidak beraturan, atau asimetris memiliki titik berat yang tidak berada tepat di tengah bangunan, yang dapat menimbulkan efek yang cukup besar jika bangunan menerima beban horizontal seperti gempa.

Struktur gedung yang direncanakan adalah struktur beton bertulang dengan denah bangunan berbentuk “L” yang merupakan bangunan bertingkat 4 lantai. Panjang bangunan 36,00 m, lebar 26,00 m, dan tinggi 19,00 m. Lokasinya berada di Kota Manado, Sulawesi Utara, dengan nilai S_{DS} dan S_{D1} adalah sebesar 0.751 dan 0.459. Jenis tanah adalah jenis tanah sedang, dimana termasuk didalam kategori desain seismik D. Perencanaan komponen struktur menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Komponen struktur yang akan direncanakan terdiri dari komponen struktur atas yaitu balok, kolom dan pelat serta komponen struktur bawah yaitu pondasi. Perhitungan beban mati dan beban hidup mengikuti persyaratan dari SNI 1727-2013. Beban gempa dianalisis secara dinamis menggunakan analisis ragam spektrum respon. Beban angin mengikuti persyaratan dari SNI 1726-2012. Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung mengikuti persyaratan dari SNI 2847:2013. Pemodelan dan analisis struktur menggunakan bantuan Software ETABS.

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

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pembangunan di Indonesia saat ini mengalami perkembangan dengan sangat pesat, dengan berkembangnya teknologi dalam bidang konstruksi, untuk memenuhi aspek estetika bangunan dan akibat keterbatasan lahan, maka direncanakan konstruksi gedung menjadi bertingkat, dan tidak hanya didesain dengan struktur beraturan berbentuk persegi maupun persegi panjang, juga didesain dengan bentuk tidak beraturan. Dimana bentuk bangunan yang tidak beraturan atau asimetris memiliki titik berat yang letaknya tidak berada tepat di tengah bangunan, hal ini dapat menimbulkan efek yang cukup besar jika bangunan menerima beban horizontal seperti gempa. Dimana peraturan perencanaan ketahanan gempa SNI

1726-2012 diatur mengenai ketidakberaturan struktur, yang terdiri dari ketidakberaturan Horizontal dan Vertikal. Untuk Denah Bangunan berbentuk “L” merupakan struktur bangunan yang memiliki sudut dalam, sehingga termasuk salah satu konfigurasi bangunan yang tidak beraturan.

Permasalahan yang harus dihadapi yaitu permasalahan bencana gempa bumi yang sering terjadi, gempa adalah salah satu fenomena alam yang tidak dapat kita hindari atau tidak dapat dicegah. Kemunculan peristiwa gempa sangatlah sulit untuk diprediksi secara akurat. Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki risiko tinggi terhadap kejadian gempa bumi, hal ini sebagai akibat dari posisi Indonesia yang berada di cincin api pasifik (*ring of fire*) dan terletak di pertemuan tiga lempeng tektonik utama yang mengelilingi

Indonesia. Dengan demikian bangunan-bangunan yang berada di wilayah Indonesia menghadapi resiko gempa yang tinggi, sehingga dapat menyebabkan kerusakan bangunan.

Oleh karena itu struktur bangunan di Indonesia harus direncanakan sedemikian rupa sehingga mampu menahan beban yang ditimbulkan oleh pengaruh gempa bumi meskipun memiliki ketidakberaturan struktur, dengan memilih sistem struktur yang tepat agar struktur mempunyai ketahanan gempa sesuai dengan perencanaan yang dilakukan. (Karisoh dkk, 2019, Honarto dkk, 2019).

Rumusan Masalah

Dari latar belakang diatas, maka rumusan masalah yang akan dibahas yaitu tentang, Bagaimana merencanakan suatu struktur bangunan bertingkat dengan denah bangunan berbentuk “L” menggunakan konstruksi beton bertulang, sehingga mendapatkan dimensi struktur yang mampu menahan beban vertikal maupun horizontal serta memenuhi syarat keamanan dan kenyamanan sesuai standar yang berlaku di Indonesia, dengan melakukan pemilihan sistem struktur yang tepat dimana menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) untuk daerah yang rawan gempa, sehingga diharapkan bangunan memiliki daktilitas yang tinggi sehingga tahan terhadap gempa meskipun bangunan mengalami ketidakberaturan struktur.

Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada perencanaan ini, adalah sebagai berikut:

1. Struktur bangunan yang ditinjau adalah bangunan yang terdiri dari 4 lantai kerja dengan konstruksi beton bertulang.
2. Perencanaan struktur atas meliputi elemen struktur balok, kolom, dan pelat, serta hubungan balok-kolom, sedangkan untuk struktur bawah meliputi pondasi beton bertulang.
3. Perencanaan elemen struktur menggunakan analisis yang mengacu pada SNI 2847-2013 tentang tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung.
4. Analisa gaya gempa menggunakan metode analisis response spektrum berdasarkan pedoman SNI 1726-2012 tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non-gedung.

5. Perencanaan beban minimum berdasarkan pedoman perencanaan SNI 1727-2013 tentang beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain.
6. Beban-beban yang akan ditinjau adalah beban mati, beban hidup, beban angin dan beban gempa.
7. Perencanaan sistem struktur menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) berdasarkan pemilihan sistem struktur, dengan mematuhi persyaratan yang berlaku pada sistem struktur tersebut.
8. Rangka atap dimodelkan langsung sebagai rangka atap baja pada perencanaan bangunan, yang dianalisis dan ditinjau dengan *ETABS*.
9. Perencanaan bangunan hanya mencakup analisa dan desain komponen struktur, dan tidak mencakup manajemen konstruksi, metode pelaksanaan dan arsitektural.
10. Analisa struktur dilakukan dengan bantuan *Software ETABS*.
11. Perencanaan penulangan dilakukan perhitungan manual berdasarkan hasil analisa struktur dengan bantuan *Microsoft Excel*, dan penggambaran gambar kerja menggunakan *Autocad*.

Tujuan Penelitian

1. Merencanakan komponen-komponen struktur gedung beton bertulang tahan gempa dengan model struktur gedung beton bertulang berdasarkan peraturan Standar Nasional Indonesia (SNI) yang berlaku.
2. Mendapatkan kesimpulan yang dapat membantu dalam hal merencanakan struktur bangunan beton bertulang yang tahan gempa.

Manfaat Penelitian

1. Diharapkan dapat memberikan informasi dan referensi untuk mendesain dan merencanakan struktur bangunan beton bertulang tahan gempa dengan konfigurasi bangunan yang tidak beraturan.
2. Diharapkan menambah pengetahuan dalam penggunaan *software*, khususnya dalam perencanaan struktur portal tiga dimensi dan menghitung elemen struktur hasil analisis.
3. Diharapkan ketika menjadi lulusan teknik sipil dapat merencanakan dan merancang struktur bangunan yang tahan gempa, aman dan efisien.

LANDASAN TEORI

Konsep perencanaan yang dianut oleh Standar Nasional Indonesia adalah berbasis kekuatan atau yang lebih sering dikenal sebagai metode LRFD (*Load and Resistance Factor Design*). Syarat dasar LRFD adalah:

- Kuat Rencana \geq Kuat Perlu
- ϕ (Kuat Nominal) \geq U

Ketidakteraturan Struktur Bangunan

Berdasarkan SNI 1726-2012 Pasal 7.3.2 Ketidakteraturan struktur bangunan dapat dibedakan berdasarkan konfigurasi horizontal dan vertikal struktur bangunan tersebut seperti pada tabel 1 dan tabel 2.

Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)

Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) adalah sistem struktur yang didesain dan diberi detailing yang cukup untuk menahan gempa bumi, dimana desain struktur beton bertulang dengan sistem ini menghasilkan

struktur yang memiliki daktilitas yang tinggi. Dengan pendetailan mengikuti ketentuan SRPMK, dengan parameter sebagai berikut Koefisien Modifikasi Respon (R) sebesar 8, Faktor Kuat Lebih (Ω_0) sebesar 3 dan Faktor Pembesaran Defleksi (C_d) sebesar 5/2. Dimana SRPMK wajib digunakan untuk wilayah dengan resiko gempa tinggi (kategori desain sesimik D, E dan F).

Prinsip SRPMK

Struktur SRPMK diharapkan memiliki tingkat daktilitas yang tinggi, yaitu mampu menerima mengalami siklus respon inelastis pada saat menerima beban gempa rencana. Prinsip pendetailan yang terdiri dari

1. *Strong-Column / weak-beam* (Kolom Kuat Balok Lemah) yang bekerja menyebar di sebagian besar lantai.
2. Tidak terjadi kegagalan geser pada balok, kolom dan *joint*.
3. Menyediakan pendetailan pada struktur yang memungkinkan perilaku daktil. (SNI 2847:2013)

Tabel 1. Ketidakteraturan Horizontal pada Struktur

No	Tipe dan Penjelasan Ketidakteraturan Struktur	Pasal Acuan	KDS
1a	Ketidakteraturan Torsi didefinisikan ada jika simpangan antar tingkat maksimum torsi yang dihitung termasuk tak terduga, disebuah ujung struktur melintang terhadap sumbu lebih dari 1,20 kali simpangan antar lantai tingkat rata-rata dikedua ujung struktur. Persyaratan ketidakteraturan berlaku hanya untuk struktur dimana diafragma kaku atau setengah kaku.	7.3.3.4 7.7.3 7.8.4.3 7.12.1 Tabel 13	D, E, F B, C, D, E, dan F C, D, E, dan F C, D, E, dan F D, E, F
1b	Ketidakteraturan Torsi Berlebih didefinisikan ada jika simpangan antar tingkat maksimum torsi yang dihitung termasuk tak terduga, disebuah ujung struktur melintang terhadap sumbu lebih dari 1,40 kali simpangan antar lantai tingkat rata-rata dikedua ujung struktur. Persyaratan ketidakteraturan berlaku hanya untuk struktur dimana diafragma kaku atau setengah kaku.	7.3.3.1 7.3.3.4 7.7.3 7.8.4.3 7.12.1 Tabel 13	E, F D B, C, D C, D C, D D
2	Ketidakteraturan Sudut Dalam didefinisikan ada jika kedua proyeksi denah struktur dari sudut dalam lebih besar dari 15 persen dimensi denah dalam arah yang ditentukan.	7.3.3.4 Tabel 13	D, E, F D, E, F
3	Ketidakteraturan Diskontinuitas Diafragma didefinisikan ada jika terdapat diafragma dengan diskontinuitas atau variasi kekakuan mendadak, termasuk yang mempunyai daerah terpotong atau terbuka lebih besar dari 50% daerah diafragma bruto yang melingkupinya, atau perubahan kekakuan diafragma efektif lebih dari 50% dari suatu tingkat ke tingkat selanjutnya.	7.3.3.4 Tabel 13	D, E, F D, E, F
4	Ketidakteraturan Pergeseran Melintang Terhadap Bidang didefinisikan ada jika terdapat diskontinuitas dalam lintasan tahanan gaya lateral, seperti pergeseran melintang terhadap elemen vertikal.	7.3.3.3. 7.3.3.4 7.7.3 Tabel 13	B, C, D, E, dan F D, E, F B, C, D, E, dan F D, E, F
5	Ketidakteraturan Sistem Nonparalel didefinisikan ada jika elemen penahan gaya lateral vertikal tidak paralel atau simetris terhadap sumbu-sumbu orthogonal utama sistem penahan gaya seismik	7.5.3 7.7.3 Tabel 13	C, D, E, dan F B, C, D, E, dan F D, E, F

Sumber: SNI 1729-2012

Tabel 2. Ketidakberaturan Vertikal pada Struktur

No.	Tipe dan Penjelasan Ketidakberaturan Struktur	Pasal Acuan	KDS
1a	Ketidakteraturan Kekakuan Tingkat Lunak didefinisikan ada jika terdapat suatu tingkat dimana kekakuan lateral kurang dari 70% kekakuan tingkat di atasnya atau kurang dari 80% kekakuan rata-rata tiga tingkat di atasnya.	Tabel 13	D, E, F
1b	Ketidakteraturan Kekakuan Tingkat Lunak Berlebih didefinisikan ada jika terdapat suatu tingkat dimana kekakuan lateralnya kurang dari 60% kekakuan tingkat di atasnya atau kurang dari 70% kekakuan rata-rata tiga tingkat di atasnya.	7.3.3.1 Tabel 13	E, F D, E, F
2	Ketidakteraturan Berat (Massa) didefinisikan ada jika massa efektif semua tingkat lebih dari 150% massa efektif tingkat didekatnya. Atap yang lebih ringan dari lantai dibawahnya tidak perlu ditinjau.	Tabel 13	D, E, F
3	Ketidakteraturan Geometri Vertikal didefinisikan ada jika dimensi horisontal sistem penahan gaya gempa disemua tingkat lebih dari 130% dimensi horisontal sistem penahan gaya gempa tingkat di dekatnya.	Tabel 13	D, E, F
4	Ketidakteraturan Arah Bidang dalam Ketidakberaturan Elemen Penahan Gaya Lateral Vertikal didefinisikan ada jika pergeseran arah bidang elemen penahan gaya lateral lebih besar dari panjang elemen itu atau terdapat reduksi kekakuan elemen penahan di tingkat dibawahnya.	7.3.3.3 7.3.3.4 Tabel 13	B, C, D, E,dan F D, E, F D, E, F E,dan F
5a	Diskontinuitas dalam Ketidakberaturan Kuat Lateral Tingkat didefinisikan ada jika kuat lateral tingkat kurang dari 80% kuat lateral tingkat di atasnya. Kuat lateral tingkat adalah kuat lateral total semua elemen penahan seismik yang berbagi geser tingkat untuk arah yang ditinjau.	7.3.3.1 Tabel 13	E,F D, E, F
5b	Diskontinuitas dalam Ketidakberaturan Kuat Lateral Tingkat yang Berlebih didefinisikan ada jika kuat lateral tingkat kurang dari 65% kuat lateral tingkat di atasnya. Kuat lateral tingkat adalah kuat lateral total semua elemen penahan seismik yang berbagi geser tingkat untuk arah yang ditinjau.	7.3.3.1 7.3.3.2 Tabel 13	D, E, F B,C D,E,F

Sumber: SNI 1729:2012

METODOLOGI PERENCANAAN

Data Perencanaan

Struktur Gedung yang direncanakan memiliki fungsi sebagai Gedung Kuliah untuk jurusan keperawatan dan memiliki struktur inti berupa beton bertulang dengan denah bangunan berbentuk "L".

Lokasi Perencanaan

Lokasi Perencanaan untuk bangunan berada di Kota Manado, Sulawesi Utara.

Data Bangunan

Fungsi Gedung : Gedung Kuliah
 Jumlah Lantai : 4 Lantai Kerja
 Tinggi Bangunan : 19,00 m
 Jarak antar Lantai : 4,00 m
 Panjang Bentang : 36,00 m (arah x)
 : 26,00 m (arah y)
 Struktur Bangunan : Beton Bertulang

Data Material

1. Spesifikasi Material Beton

- Mutu Beton (f'_c) = 30 Mpa

- Berat Jenis = 2400 kg/m³
- Modulus Elastisitas Beton (E_c)
 $E_c = 4700 \sqrt{f'_c} = 25742,960 \text{ MPa}$
- Angka poisson (ν) = 0.2

2. Spesifikasi Material Baja

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

Data Beban

Data beban sebagai gaya luar yang bekerja pada struktur bangunan. Data beban yang direncanakan terdiri Beban Mati (Berat dan Berat Tambahan), Beban Hidup yang diambil sebesar luasan per (m²) yang ditinjau berdasarkan fungsi bangunan yang akan direncanakan, diambil berdasarkan SNI 1727-2013; Beban gempa dengan memperhitungkan hal-hal dasar yang mengacu pada SNI 1726-2012 Pasal 4.1.; dan Beban Angin direncanakan dengan parameter dalam SNI 1727-2013 Pasal 27.

Selanjutnya bangunan dirancang mampu menahan beban yang telah dikombinasikan sesuai SNI 1723-2013.

Data Tanah

- Hasil penyelidikan tanah berdasarkan *Cone Penetration Test* (Tes Sondir)
- Lapisan tanah keras (q_c) $\geq 250 \text{ kg/cm}^2$ berada pada kedalaman 2,80 m.
- Jenis Tanah termasuk dalam Tanah Sedang, berdasarkan syarat pedoman perencanaan untuk $N < 50$.

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 KDS D, E, dan F, harus didesain dengan Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).

Pradesain Struktur

Pradesain Struktur 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 akan direncanakan.

Pemodelan Struktur

Selanjutnya Bangunan dimodelkan dalam *software ETABS* berdasarkan data-data bangunan, sehingga dapat sama dengan kondisi di lapangan dan digunakan sebagai bantuan dalam mengetahui gaya-gaya dalam yang terjadi atau analisa struktur.

Analisa Struktur

Analisa struktur dilakukan dengan bantuan *software ETABS* dan akan diperoleh output berupa gaya-gaya dalam yang terjadi, dan kemudian digunakan untuk perhitungan gaya-gaya dalam untuk perencanaan dimensi struktur dan tulangan beton bertulang.

Kontrol Keamanan Struktur

Hasil analisa struktur yang diperoleh dari *software ETABS* harus dikontrol terhadap suatu batasan-batasan tertentu sesuai dengan persyaratan yang ada.

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* mengikuti persyaratan yang berlaku.

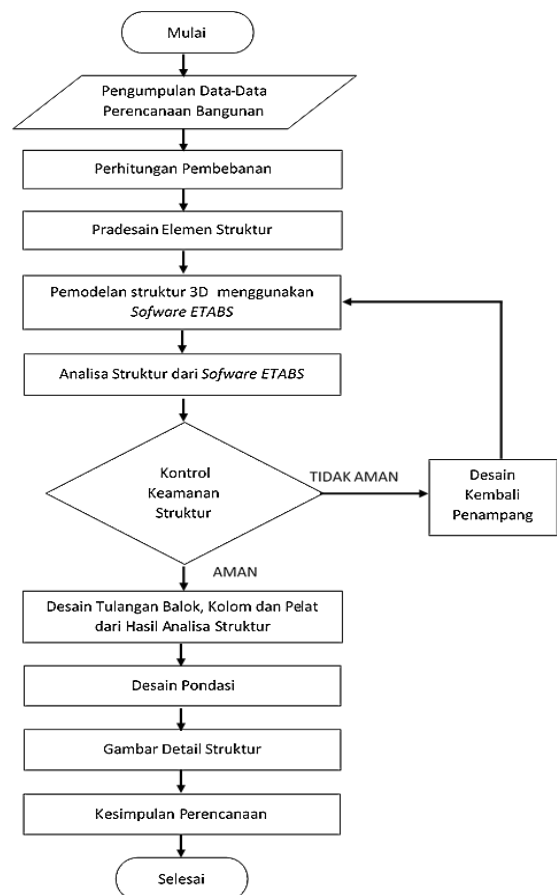
Desain Pondasi

Berdasarkan kondisi tanah keras pada data tanah, pemilihan pondasi akan direncanakan pondasi dengan tipe pondasi telapak beton bertulang

Gambar Rencana Struktur

Penggambaran direncanakan setelah semua tahap perencanaan gedung selesai. Digambar secara manual dengan bantuan *Software Autocad*.

Bagan Alir Perencanaan

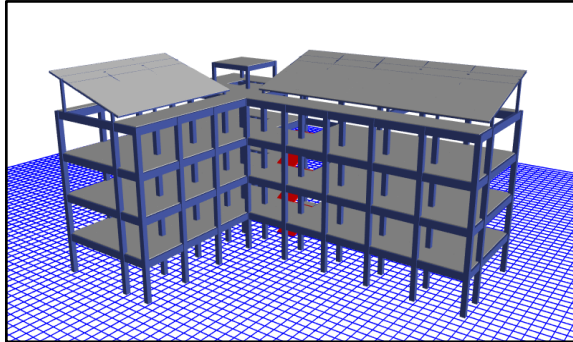


Gambar 1. Diagram Alir Perencanaan

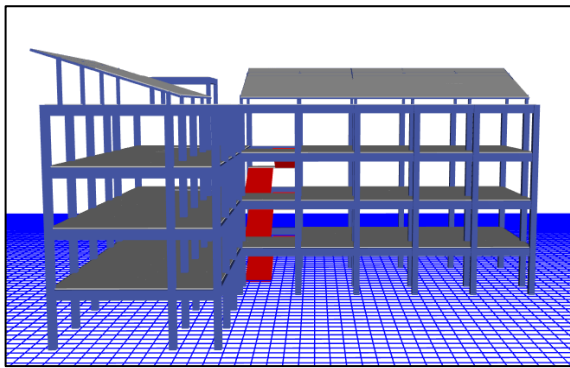
HASIL DAN PEMBAHASAN

Geometri Struktur

Bentuk geometri struktur diperlihatkan pada gambar 2 dan gambar 3 berikut.



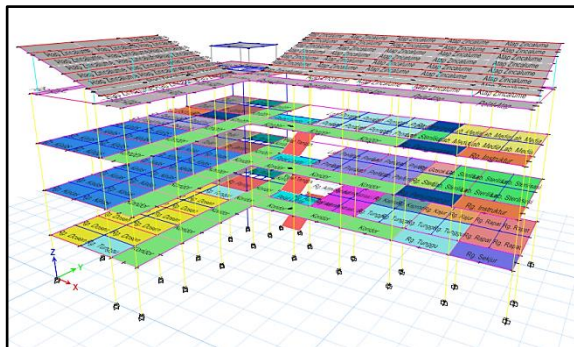
Gambar 2. Geometri Struktur 3D
Sumber: Output ETABS



Gambar 3. Geometri Struktur 3D (Tampak Depan)
Sumber: Output ETABS

Pemodelan Struktur 3D

Berdasarkan langkah Perencanaan menggunakan *Software ETABS*, bangunan dimodelkan hingga menyerupai geometri bangunan asli, dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 4. Hasil Pemodelan Struktur
Sumber: Output ETABS

Pembebanan

Beban mati

- Berat sendiri elemen struktur (*Dead Load*) yang ditentukan oleh program (*Program Determine*)
- Beton Bertulang = 24,00 kN/m³
- Beban tambahan = 1,20 kN/m²

Beban Hidup

- Ruang Kuliah = 1,92 kN/m²
- Ruang Dosen = 2,40 kN/m²
- Koridor Lantai = 3,82 kN/m²
- Ruag Lab = 4,79 kN/m²
- Panggung (Tribun)= 4,79 kN/m²
- Ruang Tunggu = 3,83 kN/m²
- Ruang Simpan = 4,79 kN/m²
- Toilet = 1,92 kN/m²
- Tangga = 4,79 kN/m²
- Atap Datar = 0,96 kN/m²
- Dinding ½ bata = 2,50 kN/m²

Beban Gempa

Direncanakan menggunakan Analisis Dinamik, dengan Ragam Respon Spektrum, dimana hal-hal dasar telah dihitung berdasarkan ketentuan *SNI 1726-2012*.

Beban Angin

Beban angin dianalisis dengan *Software ETABS 2016* setelah memasukkan parameter beban angin yang telah dihitung berdasarkan *SNI 1726-2012*.

Kombinasi Pembebanan

Beban-beban tersebut di atas dikombinasikan sesuai dengan *SNI 1723-2013* diinputkan ke model perencanaan tersebut.

Pradesain

1. Dimensi awal balok :
 - Balok utama (BU) = 350 mm x 700 mm
 - Balok anak (BA)
 - BA1 = 350 mm x 600 mm
 - BA2 = 250 mm x 500 mm
2. Dimensi awal kolom :
 - Kolom Bangunan
 - K1 = 550 mm x 550 mm
 - K2 = 500 mm x 500 mm
 - Kolom Shaft
 - K3 = 350 mm x 350 mm
 - Kolom Penahan Atap
 - K4 = 250 mm x 250 mm

Kontrol Ketidakberaturan Struktur

Ketidakberaturan Struktur Horizontal

Berdasarkan persyaratan dalam tabel 1, model bangunan mengalami ketidakberaturan:

- Ketidakberaturan Torsi Tipe 1a
 Sesuai $1,2 \delta_{avg} \leq \delta_{max} \leq 1,4 \delta_{avg}$
 - Untuk Arah X, tidak memiliki ketidakberaturan torsi di semua lantai, dimana simpangan maksimum dengan rasio $1,023 < 1,20$ simpangan rata-rata.
 - Untuk Arah Y, memiliki ketidakberaturan torsi tipe 1a di semua lantai dengan rasio simpangan maksimum yaitu $(1,22 > 1,20)$ lebih besar dari 1,20 simpangan rata-rata lantai tersebut pada *story 4*.
 Maka bangunan mengalami ketidakberaturan torsi tipe 1a.

- Ketidakberaturan Sudut Dalam
 Seperti yang disyaratkan dalam Tabel 1 dimana, ketidakberaturan ada apabila:
 $P_y > 0,15 L_y$ dan $P_x > 0,15 L_x$.

Tabel 3. Kontrol Ketidakberaturan Sudut Dalam

Arah	Panjang (m)			KONTROL
	P	L	0.15L	
X	25.0	36.0	5.4	Mengalami Ketidakberaturan
Y	15.0	26.0	3.9	Mengalami Ketidakberaturan

Sumber: Output ETABS

Dari hasil kontrol bangunan mengalami ketidakberaturan sudut dalam.

- Ketidakberaturan Diskontinuitas
 Berdasarkan persyaratan dalam Tabel 1, dilakukan Pengecekan Ketidakberaturan pada bangunan dengan tipe ini :
 • Denah bangunan lantai yang mempunyai luas lantai sebesar 561.00 m^2 dan mempunyai luas daerah terbuka seluar 18.00 m^2 atau mempunyai persentase bukaan sebesar $3,21\% < 50\%$ dari luas lantai, sehingga tidak dikategorikan memiliki ketidakberaturan struktur Diskontinuitas.
 • Denah bangunan yang mempunyai luas lantai atap (*Story 4*) sebesar 561.00 m^2 dan mempunyai luas daerah terbuka seluar 288.00 m^2 atau mempunyai persentase bukaan $51,34\% > 50,00\%$ luas lantai atau diafragma bruto yang melingkupinya,

sehingga bangunan dapat dikategorikan memiliki ketidakberaturan struktur Diskontinuitas.

Ketidakberaturan Struktur Vertikal

Dimana hasil kontrol terhadap struktur bangunan, tidak ada yang mengalami syarat ketidakberaturan vertikal seperti yang disyaratkan dalam Tabel 2, sehingga bangunan dikatakan AMAN terhadap ketidakberaturan vertikal.

Perbaikan Ketidakberaturan Struktur

Struktur dengan ketidakberaturan harus dilakukan langkah perbaikan, sesuai dengan pasal acuan yang terdapat pada tiap tipe ketidakberaturan dalam tabel 1 dan tabel 2, dimana untuk ketidakberaturan yang terjadi, struktur dilakukan perbaikan sebagai berikut:

- Gaya Desain berdasarkan prosedur statik ditingkatkan 25%.
- Kalikan momen torsi tak terduga (M_{ta}) di masing-masing tingkat dengan faktor pembesaran torsi.
 - Untuk Arah X tidak mengalami Pembesaran Torsi sehingga dapat diasumsikan faktor pembesaran torsi semua tingkat diambil sebesar 1.
 - Untuk Arah Y faktor pembesaran torsi dikalikan dengan momen torsi tak terduga di masing-masing tingkat, dengan faktor pembesaran torsi terbesar pada arah Y yaitu sebesar 1,04
- Melakukan Analisis dinamik 3D, dengan memperhitungkan terhadap pengaruh P-Δ.
- Menghitung Simpangan antar lantai, dengan persyaratan sesuai SNI 1726 -2012
- Menggunakan model analisis yang diijinkan. Dimana struktur diijinkan dengan Analisis Spektrum Respons Ragam.

Kontrol Periode Fundamental Struktur

Perioda fundamental struktur, T , tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batasan atas pada perioda yang dihitung (C_u) dan perioda fundamental pendekatan (T_a) Sebagai alternatif analisis untuk menentukan perioda fundamental struktur, T , diijinkan secara langsung menggunakan perioda bangunan pendekatan, T_a , yang ditentukan dari:

$$T_a = C_t h_n^x$$

$$T_{max} = C_u T_a$$

Tabel 4. Hasil Kontrol Periode Fundamental Struktur

Arah	Periode Fundamental			T	Cek
	Ta	Tc	Tmaks		
X	0.565	0.756	0.791	0.756	OK
Y	0.565	0.730	0.791	0.730	OK

Sumber: Output ETABS

Dari hasil kontrol dalam tabel 4. di atas, diperoleh hasil periode fundamental struktur tidak melewati Tmaks baik arah x maupun arah y, sehingga memenuhi persyaratan.

Kontrol Partisipasi Massa

Berdasarkan SNI 03-1726-2012 Pasal 7.9.1. Hasil analisis harus dilakukan untuk menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar paling sedikit 90% dari total massa total struktur dari respons yang ditinjau oleh model, dimana hasil analisis diperoleh:

Tabel 5. Kontrol Partisipasi Massa Struktur

Case	Mode	Periode (detik)	Sum UX (%)	Sum UY (%)
Modal	1	0.756	0.01	81.86
Modal	2	0.730	84.57	81.87
Modal	3	0.714	84.61	84.32
Modal	4	0.246	84.80	93.93
Modal	5	0.241	94.21	94.36
Modal	6	0.230	94.91	94.99
Modal	7	0.168	95.56	95.00
Modal	8	0.146	95.57	97.93
Modal	9	0.139	98.49	98.00
Modal	10	0.135	98.77	98.50
Modal	11	0.128	98.78	98.77
Modal	12	0.110	98.78	98.77

Sumber: Output ETABS

Dari hasil diatas, dapat diketahui partisipasi massa sudah memenuhi ketentuan yaitu melebihi 90%, dimana untuk arah x pada modal ke-5 dan untuk arah y pada modal ke-4 sudah memenuhi ketentuan persyaratan.

Kontrol Parameter Respons Ragam Terkombinasi

Berdasarkan SNI 1729-2012 Pasal 7.9.3. Nilai untuk parameter yang ditinjau, yang dihitung untuk berbagai ragam, harus dikombinasikan menggunakan metoda akar kuadrat jumlah kuadrat (SRSS) atau metoda kombinasi kuadrat lengkap (CQC).

Tabel 6. Perhitungan Selisih Periode (ΔT) Setiap Modal

Case	Mode	Period (detik)	ΔT (%)
Modal	1	0.756	3.439
Modal	2	0.73	2.192
Modal	3	0.714	65.546
Modal	4	0.246	2.033
Modal	5	0.241	4.564
Modal	6	0.23	26.957
Modal	7	0.168	13.095
Modal	8	0.146	4.795
Modal	9	0.139	2.878
Modal	10	0.135	5.185
Modal	11	0.128	14.063
Modal	12	0.11	-

Sumber: Output ETABS

Dari perhitungan yang telah dilakukan, terlihat bahwa waktu getar struktur alami yang berdekatan atau selisihnya ada yang melebihi 15%, maka sebaiknya analisis diggunakan kombinasi ragam spektrum dengan metode *Square Root of the Sum of Squares* (SRSS).

Kontrol Gaya Geser Dasar Nominal

Berdasarkan SNI-1726-2012 Pasal 7.9.4 disebutkan bahwa kombinasi geser ragam (V_t) harus lebih besar 85% dari geser dasar (V) yang dihitung.

Tabel 7. Kontrol Base Shear Gempa Statis dan Dinamis Arah X

Tipe Beban Gempa		F _x (kN)	KONTROL (V _T /V) x100%	
Statik	EQX	-2340.4	100.04 %	OK
	EQY	0.00		
Dinamik	RSPX	2341.4		
	RSPY	94.81		

Sumber: Output ETABS

Tabel 8. Kontrol Base Shear Gempa Statis dan Dinamis Arah Y

Tipe Beban Gempa		F _y (kN)	KONTROL (V _T /V) x100% $\geq 85\%$	
Statik	EQX	0.000	100.01%	OK
	EQY	-2257.7		
Dinamik	RSPX	91.66		
	RSPY	2257.93		

Sumber: Output ETABS

Maka, dari Hasil Kontrol Base Shear Gempa Statis dan Dinamis untuk Arah X diperoleh 100,04% dan Arah Y diperoleh 100,01% telah memenuhi persyaratan.

Kontrol Simpangan

Simpangan antar lantai tingkat desain (Δ) tidak boleh melebihi simpangan antar lantai tingkat ijin yang diambil sebesar (Δ_a) = 0,015 h_{sx} , dengan faktor redudansi diambil berdasarkan SNI 1726-2012 Pasal 7.3.4.2. Sehingga parameter yang dibutuhkan dalam perhitungan sebagai berikut :

- Pembesaran Defleksi (C_d) = 5,50
- Faktor Keutamaan (I_e) = 1,50.
- Fa
- tor Redundansi (ρ) = 1,30

Tabel 9. Kontrol Simpangan Arah X

Lokasi	Δx (mm)	Kontrol Simpangan		
		Δa (mm)	$\Delta a / \rho$ (mm)	$\Delta x < (\Delta a / \rho)$ (-)
Story 4	15.72	60.00	46.15	OK
Story 3	26.35	60.00	46.15	OK
Story 2	33.47	60.00	46.15	OK
Story 1	25.56	60.00	46.15	OK

Tabel 10. Kontrol Simpangan Arah X dengan Faktor Redundansi

St.	h_{sx} (mm)	$\Delta \delta_e$ (mm)	Δx (mm)	Kontrol	
				Δa (mm)	$\Delta x < \Delta a$ (-)
St.4	4000	4.287	15.72	60.00	OK
St. 3	4000	7.187	26.35	60.00	OK
St. 2	4000	9.129	33.47	60.00	OK
St. 1	4000	6.97	25.56	60.00	OK

Tabel 11. Kontrol Simpangan Arah Y

Lokasi	Δy (mm)	Kontrol Simpangan		
		Δa (mm)	$\Delta a / \rho$ (mm)	$\Delta y < (\Delta a / \rho)$ (-)
Story 4	16.97	60.00	46.15	OK
Story 3	30.84	60.00	46.15	OK
Story 2	38.91	60.00	46.15	OK
Story 1	29.78	60.00	46.15	OK

Tabel 12. Kontrol Simpangan Arah Y dengan Faktor Redundansi

St.	h_{sx} (mm)	$\Delta \delta_e$ (mm)	Δy (mm)	Kontrol	
				Δa (mm)	$\Delta y < \Delta a$ (-)
St.4	4000	4.628	16.97	60.00	OK
St.3	4000	8.41	30.84	60.00	OK
St.2	4000	10.612	38.91	60.00	OK
St.1	4000	8.121	29.78	60.00	OK

Simpangan antar lantai (Δ) terbesar terjadi pada lantai ke-2 dengan besarnya simpangan

yaitu 33,47 mm pada arah X dan 38,91 mm pada arah Y, tetapi masih dalam keadaan aman, dan memenuhi persyaratan.

Kontrol Displacement

Untuk displacement, simpangan struktur (Δ) tidak boleh melebihi L/240 dimana L adalah tinggi total struktur, dari hasil analisa *Software ETABS* diperoleh sebagai berikut:

Tabel 13. Kontrol Displacement Arah X

Story	h_{sx}	L	δ_x	Kontrol (L/240 mm)	
	(mm)	(mm)	(mm)	(-)	
Story 1	4000	16000	27.46	66.67	OK
Story 2	4000	12000	23.28	50.00	OK
Story 3	4000	8000	16.09	33.33	OK
Story 4	4000	4000	6.97	16.67	OK

Tabel 14. Kontrol Displacement Arah Y

Story	h_{sx}	L	δ_y	Kontrol (L/240 mm)	
	(mm)	(mm)	(mm)	(-)	
Story 4	4000	16000	31.21	66.67	OK
Story 3	4000	12000	26.91	50.00	OK
Story 2	4000	8000	18.70	33.33	OK
Story 1	4000	4000	8.12	16.67	OK

Displacement maksimum untuk arah X terdapat di Story 4 dengan besaran 27,46 mm < 66,67 mm dan untuk arah Y terdapat di Story 4 dengan besaran 31,21 mm < 66,67 mm, sesuai dengan batas persyaratan.

Kontrol Pengaruh P-Δ

Pengaruh P-delta pada geser dan momen tingkat, pengaruh ini tidak disyaratkan untuk diperhitungkan apabila koefisien stabilitas (θ) sama dengan atau kurang dari 0,10.

Tabel 15. Parameter Kontrol Pengaruh P-Δ Arah X

St.	P_x (kN)	V_x (kN)	Δ (mm)	I_e	C_d
St.4	4559.94	709.88	4.29	1.5	5.5
St.3	15011.72	1498.82	7.19	1.5	5.5
St.2	25347.60	2062.00	9.13	1.5	5.5
St.1	35689.52	2338.70	6.97	1.5	5.5

Tabel 16. Hasil Kontrol Pengaruh P-Δ Arah X

Story	θ	θ_{maks}	Kontrol
Story 4	0.002	0.091	AMAN
Story 3	0.005	0.091	AMAN
Story 2	0.008	0.091	AMAN
Story 1	0.007	0.091	AMAN

Tabel 17. Parameter Kontrol Pengaruh P-Δ Arah Y

St.	Px (kN)	Vy (kN)	Δ (mm)	Ie	Cd
St.4	4559.94	701.09	4.63	1.5	5.5
St.3	15011.72	1454.36	8.41	1.5	5.5
St.2	25347.60	1989.19	10.61	1.5	5.5
St.1	35689.52	2255.33	8.12	1.5	5.5

Tabel 18. Hasil Kontrol Pengaruh P-Δ Arah Y

Story	θ	θ _{maks}	Kontrol
Story 4	0.002	0.091	AMAN
Story 3	0.006	0.091	AMAN
Story 2	0.009	0.091	AMAN
Story 1	0.009	0.091	AMAN

Berdasarkan Hasil Kontrol Pengaruh P-Δ terhadap arah x dan arah y, nilai koefisien stabilitas (θ) terbesar arah x sebesar 0,008 dan arah y sebesar 0,009, dimana kedua nilai koefisien yang diperoleh dari hasil perhitungan kurang dari 0,10 dan θ_{maks}, maka pengaruh P-Δ tidak disyaratkan untuk diperhitungkan.

Perencanaan Tulangan Balok

Perencanaan tulangan balok meliputi penulangan lentur, penulangan geser dan penulangan torsi/badan, pada balok yang dapat dilihat pada tabel 19 dan 20 berikut ini:

Tabel 19. Rekapitulasi Tulangan Lentur Balok

Story	Tipe Balok	Daerah	Tul. Tarik	Tul. Tekan	
Shaft	BA2 (25/50)	Tump	3D16	2D16	
		Lap	3D16	2D16	
St.4 (Roof top)	BU1 (35/70)	Tump	5D19	3D19	
		Lap	5D19	3D19	
	BU2 (35/70)	Tump	3D19	3D19	
		Lap	3D19	3D19	
	BU3 (35/70)	Tump	3D19	3D19	
		Lap	3D19	3D19	
	BA1 (35/60)	Tump	5D16	4D16	
		Lap	5D16	4D16	
	BA2 (25/50)	Tump	3D16	2D16	
		Lap	3D16	2D16	
	St.3	BU1 (35/70)	Tump	6D19	3D19
			Lap	6D19	3D19
BU2 (35/70)		Tump	5D19	3D19	
		Lap	4D19	3D19	
BU3 (35/70)		Tump	5D19	3D19	
		Lap	4D19	3D19	
BA1 (35/60)		Tump	5D16	4D16	
		Lap	5D16	4D16	
BA2 (25/50)		Tump	4D16	3D16	
		Lap	4D16	3D16	
St.2		BU1 (35/70)	Tump	6D19	3D19
			Lap	6D19	3D19
	BU2 (35/70)	Tump	5D19	3D19	
		Lap	4D19	3D19	
	BU3 (35/70)	Tump	5D19	3D19	
		Lap	4D19	3D19	
	BA1 (35/60)	Tump	5D16	4D16	
		Lap	5D16	4D16	
	BA2 (25/50)	Tump	4D16	3D16	
		Lap	4D16	3D16	
	St.1	BU1 (35/70)	Tump	6D19	3D19
			Lap	6D19	3D19
BU2 (35/70)		Tump	5D19	3D19	
		Lap	4D19	3D19	
BU3 (35/70)		Tump	5D19	3D19	
		Lap	4D19	3D19	
BA1 (35/60)		Tump	5D16	4D16	
		Lap	5D16	4D16	
BA2 (25/50)		Tump	4D16	3D16	
		Lap	4D16	3D16	
Base		S1 (350/700)	Tump	6D22	6D22
			Lap	6D22	6D22

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 20. Rekapitulasi Tulangan Geser Balok

Story	Tipe Balok	Tinjau	Desain	
SHAFT	BA2 (25/50)	Tump	φ10 - 80	
		Lap	φ10 - 200	
St.4 (Roof top)	BU1 (35/70)	Tump	φ10 - 100	
		Lap	φ10 - 200	
	BU2 (35/70)	Tump	φ10 - 100	
		Lap	φ10 - 200	
	BU3 (35/70)	Tump	φ10 - 80	
		Lap	φ10 - 200	
	BA1 (35/60)	Tump	φ10 - 80	
		Lap	φ10 - 200	
	BA1 (25/50)	Tump	φ10 - 100	
		Lap	φ10 - 200	
	St.3	BU1 (35/70)	Tump	φ10 - 100
			Lap	φ10 - 200
BU2 (35/70)		Tump	φ10 - 100	
		Lap	φ10 - 200	
BU3 (35/70)		Tump	φ10 - 100	
		Lap	φ10 - 200	
BA1 (35/60)		Tump	φ10 - 80	
		Lap	φ10 - 200	
BA2 (25/50)		Tump	φ10 - 80	
		Lap	φ10 - 200	
St.2		BU1 (35/70)	Tump	φ10 - 100
			Lap	φ10 - 200
	BU2 (35/70)	Tump	φ10 - 100	
		Lap	φ10 - 200	
	BU3 (35/70)	Tump	φ10 - 100	
		Lap	φ10 - 200	
	BA1 (35/60)	Tump	φ10 - 80	
		Lap	φ10 - 200	
	BA2 (25/50)	Tump	φ10 - 80	
		Lap	φ10 - 200	
	St.1	BU3 (35/70)	Tump	φ10 - 100
			Lap	φ10 - 200
BU2 (35/70)		Tump	φ10 - 100	
		Lap	φ10 - 200	
BU3 (35/70)		Tump	φ10 - 100	
		Lap	φ10 - 200	
BA1 (35/60)		Tump	φ10 - 80	
		Lap	φ10 - 200	
BA2 (25/50)		Tump	φ10 - 80	
		Lap	φ10 - 200	
Base		S1 (35/70)	Tump	φ10 - 100
			Lap	φ10 - 200

Sumber: Hasil Perhitungan

Perencanaan Penulangan Torsi/Badan:

- Diameter tulangan torsi/badan direncanakan sebesar 13 mm untuk semua ukuran balok, dan menggunakan 2 tulangan badan pada masing-masing sisi kecuali untuk balok anak ukuran 250 x 500 yang hanya akan menggunakan 1 tulangan tiap sisi.
- Spasi tulangan torsi maks untuk balok utama (BU) 350 x 700 adalah 217 mm.
- Spasi tulangan torsi maks untuk balok anak (BA1) 350 x 600 adalah 192,50 mm
- Spasi tulangan torsi maks untuk balok anak (BA2) 250 x 500 adalah 142,50 mm

Perencanaan Tulangan Kolom

- Kolom Bangunan K1 (550/550)
 Tulangan Long. = 14D22
 Tulangan Geser
 - Daerah l_o = 550,00 mm
 - Tump/daerah (l_o) = 5P D13 - 100
 - Lap/diluar (l_o) = 5P D13 - 125
- Kolom Bangunan K2 (500/500)
 Tulangan Long = 12D22

- Tulangan Geser
- Daerah l_o = 550,00 mm
 - Tump/daerah (l_o) = 5P D13 - 100
 - Lap/diluar (l_o) = 5P D13 - 125
- Kolom Shaft K3 (350/350)
- Tulangan Long. = 10D19
- Tulangan Geser
- Daerah l_o = 450,00 mm
 - Tump/daerah (l_o) = 3P D13 - 85
 - Lap/diluar (l_o) = 3P D13 - 125
- Kolom Penahan Atap K4 (250/250)
- Tulangan Long. = 8D14
- Tulangan Geser
- Daerah l_o = 450,00 mm
 - Tump/daerah (l_o) = D10 - 50
 - Lap/diluar (l_o) = D10 - 100

Perencanaan Tulangan Pelat

Penulangan pelat direncanakan sama untuk arah x dan arah y, seperti pada tabel 21. Tulangan tangga diperlihatkan pada tabel 22. Story 1-4 menggunakan penulangan konvensional, dan story base menggunakan penulangan *wiremesh* M8 - 150.

Perencanaan Pondasi

Pondasi yang direncanakan adalah pondasi telapak dengan dimensi seperti pada tabel 23 menggunakan tulangan seperti ditunjukkan pada tabel 24.

Tabel 21. Rekapitulasi Tulangan Pelat

Story	Lajur (0.25l)	t_p (mm)	Desain	
	(-)		ϕ_t	S
Shaft	Tump (Kolom)	120	12	150
	Lap (Tengah)	120	12	150
Story 4 (Rooftop)	Tump (Kolom)	120	12	150
	Lap (Tengah)	120	12	150
Story 3	Tump (Kolom)	120	12	150
	Lap (Tengah)	120	12	100
Story 2	Tump (Kolom)	120	12	150
	Lap (Tengah)	120	12	150
Story 1	Tump (Kolom)	120	12	150
	Lap (Tengah)	120	12	150
Base	Tump (Kolom)	-	M8	150
	Lap (Tengah)	-	M8	150

Sumber: Hasil Olahan

Tabel 22. Rekapitulasi Tulangan Tangga

Story	Lokasi	t_p (mm)	Tul. Pokok	Tul. Susut
	(-)		ϕ_t	ϕ_s
Tangga	Tump	150	12-100	10-200
	Lap	150	12-100	
Bordes Tangga	Tump	150	12-100	10-200
	Lap	150	12-100	

Sumber: Hasil Olahan

Tabel 23. Rekapitulasi Perencanaan Pondasi Telapak

Letak	Ukuran Pondasi Telapak			
	Df (m)	t (m)	B (m)	H (m)
Terletak di bagian luar bangunan				
Sudut Luar	2.00	0.40	1.60	1.60
Tepi	2.00	0.40	1.80	1.80
Terletak di bagian tengah bangunan				
Tengah Kanan	2.00	0.40	1.80	1.80
Tengah	2.00	0.40	2.00	2.00
Tengah Kiri	2.00	0.40	1.80	1.80
Tepi Luar	2.00	0.40	1.60	1.60
Terletak di bagian dalam bangunan				
Sudut Dalam	2.00	0.30	1.20	1.20
Tepi Dalam	2.00	0.30	1.20	1.20
Sudut Luar	2.00	0.30	1.20	1.20
Pondasi dudukan tangga				
Dudukan Tangga	2.00	0.30	1.20	1.20

Sumber: Hasil Olahan

Tabel 24. Rekapitulasi Penulangan Pondasi Telapak

Letak	Tulangan Pondasi Telapak		
	Tul. Tekan (Atas)	Tul. Tarik (Bawah)	Tul. Stek
Terletak di bagian luar bangunan			
Sudut Luar	6D16 -250	6D19 -250	6D19
Tepi	7D16 -250	7D19 -250	6D19
Terletak di bagian tengah bangunan			
Tengah Kiri	7D16 -250	7D19 -250	6D19
Tengah	8D16 -250	8D19 -250	6D19
Tengah Kanan	7D16 -250	7D19 -250	6D19
Tepi Luar	6D16 -250	6D19 -250	6D19
Terletak di bagian dalam bangunan			
Sudut Dalam	5D13 -225	5D16 -225	7D16
Tepi Dalam	5D13 -225	5D16 -225	7D16
Sudut Luar	5D13 -225	5D16 -225	7D16
Pondasi dudukan tangga			
Tangga	5D13 -225	5D16 -225	7D16

Sumber: Hasil Olahan

Panjang Penyaluran dan Sambungan Lewatan Tulangan Balok

- Penyaluran Tarik (l_d) = 520,00 mm
- Lewatan Tarik (l_{st}) = 680,00 mm
- Penyaluran Tekan (l_{dc}) = 345,00 mm
- Lewatan Tekan (l_{sc}) = 570,00 mm

Panjang Penyaluran dan Sambungan Lewatan Tulangan Kolom

- Penyaluran Tarik (l_d) = 585,00 mm
- Lewatan Tarik (l_{st}) = 1100,00 mm
- Penyaluran Tekan (l_{dc}) = 405,00 mm
- Lewatan Tekan (l_{sc}) = 660,00 mm

Penyaluran Tulangan HBK (Joint)

- Penyaluran Tulangan (l_{dh}) = 320,00 mm

PENUTUP

Kesimpulan

- Perencanaan Dimensi Balok
 - Balok 350 x 700 (mm), digunakan sebagai balok utama bangunan (BU).
 - Balok 350 x 600, digunakan sebagai balok anak pada bangunan (BA1)
 - Balok 250 x 500, digunakan sebagai balok anak pada bangunan (BA2)
- Perencanaan Dimensi Kolom
 - Kolom Bangunan
Elevasi (± 0.00 m → + 16.00 m)
K1 = 550 mm x 550 mm
K2 = 500 mm x 500 mm
 - Kolom Shaft
Elevasi (+ 16.00 m → + 18.40 m)
K3 = 350 mm x 350 mm
 - Kolom Penahan Atap
Elevasi (+ 16.00 m → + 19.00 m)
K4 = 250 mm x 250 mm
- Perencanaan Tebal Pelat
 - Tebal Pelat 120,00 mm digunakan sebagai pelat lantai bangunan.
 - Tebal Pelat 150,00 mm digunakan sebagai pelat tangga dan bordes
- Struktur Bangunan mengalami Ketidakberaturan Struktur berupa ketidakberaturan Horizontal :
 - Ketidakberaturan Torsi Tipe 1a
 - Ketidakberaturan Sudut Dalam
 - Ketidakberaturan Diskontinuitas
- Struktur Bangunan tidak mengalami ketidakberaturan Struktur Vertikal.
- Bangunan yang mengalami ketidakberaturan horizontal telah dilakukan langkah-langkah tambahan perbaikan untuk keamanan struktur bangunan tersebut.
- Perencanaan Pondasi menggunakan Pondasi Telapak Beton Bertulang dengan kedalaman pondasi diambil sedalam 2,00 meter.
- Dimensi Elemen Struktur yang direncanakan bisa dikatakan sudah efisien, hal ini ditandai dengan nilai periode fundamental yang dihitung menggunakan *Software ETABS* diperoleh 0,756 detik pada mode 1 (arah x) dan 0,730 detik mode 2 (arah y) tidak melewati batas atas, $T_{maks} = 0,791$ detik.
- 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 telah direncanakan untuk 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).

Saran

Berdasarkan hasil perencanaan, saran-saran yang dapat saya berikan yaitu:

- Dalam merencanakan struktur bangunan, sebaiknya dilakukan pengontrolan terhadap ketidakberaturan struktur, baik ketidakberaturan struktur horizontal maupun ketidakberaturan struktur vertikal, karena struktur yang mengalami ketidakberaturan harus dilakukan langkah-langkah perbaikan dan pengontrolan tambahan elemen struktur yang lebih ketat berdasarkan pedoman perencanaan, agar bangunan dapat aman dan tahan terhadap gempa meskipun mengalami ketidakberaturan struktur.
- Dalam merencanakan struktur bangunan, diperlukan pemilihan sistem struktur yang tepat untuk merencanakan sebuah struktur yang tahan akan gempa. Pemilihan sistem struktur yang baik sesuai dengan kondisi dilapangan sangat mempengaruhi perilaku struktur
- Dalam merencanakan tulangan, harus direncanakan panjang penyaluran tulangan yang cukup sesuai dengan persyaratan pedoman perencanaan, apabila panjang penyaluran yang disediakan kurang dari persyaratan, maka tegangan lekatan pada daerah tarik atau tekan dari elemen struktur akan menjadi cukup tinggi yang berakibat munculnya retak dan mengelupasnya selimut beton disekitaran tulangan, dimana apabila retakan ini berlanjut hingga ke ujung tulangan, maka elemen struktur akan mengalami keruntuhan
- Dalam proses pemasangan tulangan dalam komponen struktur, tidak dianjurkan

- pemasangan sambungan baja pada area Hubungan Balok dan Kolom (*joint*), dikarenakan gaya-gaya yang terjadi pada daerah tersebut cukup besar sehingga memungkinkan sambungan terlepas pada saat gempa.
5. Merencanakan struktur bangunan harus berdasarkan pedomanan perencanaan, dimana sebaiknya menggunakan standar pedoman perencanaan yang terbaru dan berlaku di Indonesia.
 6. Dapat dilakukan perencanaan struktur bangunan yang mengalami ketidaberaturan struktur lainnya, dengan denah berbentuk lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. 2013. *Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*, SNI 03-1727-2013. Badan Standardisasi Nasional, Bandung.
- Badan Standardisasi Nasional. 2017. *Baja Tulangan Beton*, SNI 2052-2017. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional, 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*, SNI 1726:2012. Badan Standardisasi Nasional Indonesia. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. 2013. *Tata Cara Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*, SNI 2847:2013. Badan Standardisasi Nasional Indonesia, Jakarta.
- Honarto, Ricky Januar., Handono, B. D., Pandaleke, R. E., 2019. *Perencanaan Bangunan Beton Bertulang dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus di Kota Manado*. Universitas Sam Ratulangi. Manado. Jurnal Sipil Statik, Vol.7, No.2, Februari 2019. Universitas Sam Ratulangi Manado
- Kariso, Patrisko H., Pandaleke, Ronny E., Dapas, Servie O., 2019. *Perencanaan Struktur Gedung Beton Bertulang dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus*, Jurnal Sipil Statik, Vol.6, No.6, Juni 2018. Universitas Sam Ratulangi. Manado.
- Laily, Rivaldo., Sumajouw, M. D. J., Wallah, Steenie E., 2019, *Perencanaan Gedung Training Center Konstruksi Beton Bertulang 4 Lantai Di Kota Manado*, Jurnal Sipil Statik, Vol.7, No.8, Agustus 2019. Universitas Sam Ratulangi. Manado.

Halaman ini sengaja dikosongkan