

**ANALISIS STABILITAS KOLOM BASEMENT
GEDUNG AUDITORIUM 3 LANTAI AKIBAT KOMBINASI BEBAN LATERAL**

TUGAS AKHIR

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Meraih Gelar Sarjana
Pada Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil
Universitas Islam Riau
Pekanbaru*



OLEH :

ENCIK AKBAR ANDIKA

163110247

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM RIAU
PEKANBARU**

2021

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullah Wabarokatuh

Alhamdulillah rabbil'alamin, segala puji dan syukur ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan nikmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini mengenai "**Analisis Stabilitas Kolom Basement Gedung Auditorium 3 Lantai Akibat Kombinasi Beban Lateral**". Tugas akhir ini berupa skripsi sebagai syarat untuk meraih gelar sarjana strata 1 (S1) Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Riau.

Tugas akhir ini berisi tentang rangkuman dan kesimpulan selama penulis melakukan penelitian dan analisa. Rangkuman dan kesimpulan ini disusun dalam bab-bab, bab tersebut dimulai dari bab I yang berisi tentang latar belakang, bab II menyajikan tentang tinjauan pustaka, bab III menampilkan mengenai landasan teori, bab IV menjelaskan tentang metodologi penelitian, bab V berisi tentang hasil dan pembahasan, dan bab VI berisi tentang kesimpulan dan saran.

Penulis berharap tugas akhir ini bisa bermanfaat bagi mahasiswa/i Teknik Sipil, penulis juga menyadari bahwa masih terdapat kekurangan dalam menyusun tugas akhir ini, maka dari itu kritik dan saran sangat diharapkan dari pembaca agar kedepannya bisa lebih baik lagi.

Pekanbaru, Agustus 2021

Encik Akbar Andika

UCAPAN TERIMA KASIH

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamualaikum Wr.Wb.

Puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan Tugas Akhir ini dengan baik. Penulisan Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Sipil Pada Fakultas Teknik Universitas Islam Riau. Penulis menyadari bahwa penelitian ini tidak akan terwujud tanpa adanya dorongan dan motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam penulisan dan penyelesaian Tugas Akhir ini tidak lupa penulis ucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. H. Syafrinaldi, S.H., M.C..L, Rektor Universitas Islam Riau.
2. Bapak Dr, Eng Muslim, ST., MT, Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
3. Ibu Dr. Mursyidah, S.Si., M.Sc, Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
4. Bapak Dr. Anas Puri, S.T., M.T, Wakil Dekan II Fakultas Teknik Universitas Islam Riau juga selaku Dosen Penguji I dalam Tugas Akhir ini.
5. Bapak Ir. Akmar Efendi, S.com., M.Kom, Wakil Dekan III Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
6. Ibu Harmiyati, S.T., M.Si, Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Riau.
7. Ibu Sapitri, S.T., M.T, Sekretaris Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Riau.
8. Bapak Mahadi Kurniawan, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing dalam Tugas Akhir ini,

9. Ibu Sri Hartati Dewi, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji II dalam Tugas Akhir ini.
10. Bapak dan Ibu Dosen pengajar Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
11. Seluruh karyawan dan karyawan fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
12. Ibunda tercinta Nurmiati, sebagai Orang Tua penulis yang selalu memberikan dukungan dan mendo'akan yang terbaik serta sangat berperan dalam proses pendewasaan penulis. Serta adik dan Kakak-kakakku yang selalu memberikan semangat untuk menyelesaikan skripsi.
13. Teman-teman yang selalu mendoakan dan membantu agar cepat menyelesaikan skripsi dan semua pihak yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Terima kasih atas segala bantuannya, semoga penelitian ini bermanfaat bagi kita semua dan semoga segala amal baik kita mendapatkan balasan yang setimpal dari Allah SWT. Amin...

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Pekanbaru, 27 November 2021

Penulis

Encik Akbar Andika

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
UCAPAN TERIMA KASIH	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR NOTASI	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
ABSTRAK	xi
ABSTRAK	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Umum	5
2.2 Penelitian Terdahulu	5
2.3 Keaslian Penelitian	6
BAB III LANDASAN TEORI	7
3.1 Umum	7
3.2 Klasifikasi Tanah	7
3.2.1 Sistem USCS (<i>Unified Soil Classification System</i>).....	8

3.2.2	Sistem AASHTO (<i>American Association of State Highway and Transporting Official</i>).....	8
3.2.3	Hubungan Berat dan Volume.....	8
3.2.4	Gaya Tanah yang Bekerja Pada Kolom.....	11
3.2.5	Tekanan Tanah Aktif dan Pasif.....	12
3.3	Kolom	12
3.4	Balok	13
3.5	Pembebanan	15
3.5.1	Beban Mati.....	15
3.5.2	Beban Hidup.....	16
3.5.3	Beban Angin.....	16
3.5.4	Beban Gempa.....	16
3.6	Kategori Desain Seismik	16
3.7	Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)	17
3.6.1	Prinsip SRPMK.....	17
3.6.2	Kontrol Analisis.....	18
3.8	Gempa Rencana	18
3.7.1	Faktor Keutamaan Gempa dan Kategori Risiko Struktur Bangunan	18
3.9	Pemilihan Sistem Struktur	22
3.10	Penentuan Periode	27
3.11	Simpangan Antar Lantai	29
3.12	<i>P-Delta Effect</i>	31
3.13	Kombinasi Pembebanan	33
BAB IV METODE PENELITIAN		35
4.1	Lokasi Penelitian	35

4.2	Teknik Penelitian	35
4.3	Tahap Pelaksanaan Penelitian	35
4.3	Cara Menganalisis Data	39
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN		41
5.1	Simpangan Antar Lantai.....	41
5.2	P-Delta.....	42
5.3	Gaya Pada Kolom	43
5.4	Kekuatan Kolom Menahan Beban	48
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....		51
6.1	Kesimpulan	51
6.2	Saran	51
DAFTAR PUSTAKA		52

DAFTAR TABEL

Daftar Tabel	Halaman
Tabel 3.1. Nilai Nilai Tipikal Berat Volume Kering dan Berat Volume Jenuh	9
Tabel 3.2. Nilai Empiris Untuk γ_{sat} dan Kuat Tekan Bebas (q_u) dan Konsistensi Dari Tanah Kohesif Berdasarkan Nilai N Koreksi	10
Tabel 3.3. Nilai Nilai Tipikal c' dan Φ'	10
Tabel 3.4 Beban Hidup pada Lantai	17
Tabel 3.5 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode 1 Detik.....	19
Tabel 3.6 Faktor Keutamaan Gempa.....	22
Tabel 3.7 Faktor R , C_d dan Ω_0 Untuk Sistem Pemikul Gaya Seismik.....	23
Tabel 3.8 Koefisien Untuk Batas Atas Pada Periode yang Dihitung	27
Tabel 3.9 Nilai Periode Pendekatan C_t dan x	28
Tabel 3.10 Simpangan Ijin antar Lantai	31
Tabel 5.1 Simpangan Antar Lantai Arah X.....	41
Tabel 5.2 Simpangan Antar Lantai Arah Y.....	41
Tabel 5.3 Tabel P-DELTA Arah X	42
Tabel 5.4 Tabel P-DELTA Arah Y	43
Tabel 5.5 Gaya-gaya yang bekerja pada kolom akibat pembebanan	43
Tabel 5.10 Kemampuan Kolom Dalam Menahan Beban yang Bekerja	49

DAFTAR GAMBAR

Daftar Gambar	Halaman
Gambar 3.1 Simpangan dan Simpangan Antar lantai.....	29
Gambar 3.2 Ilustrasi <i>P-Large Delta</i> ($P-\Delta$) dan <i>P-Small Delta</i> ($P-\delta$).....	32
Gambar 4.1 Bagan Alir Penelitian.....	37
Gambar 4.2 Bagan Alir Analisis	38
Gambar 5.1 Denah Kolom.....	44
Gambar 5.2 Beban Tanah yang Bekerja.....	45
Gambar 5.3 Deformasi	45
Gambar 5.4 Diagram Gaya Akibat Beban Aksial	46
Gambar 5.5 Diagram Gaya Momen	47
Gambar 5.6 Detail Diagram Akibat Beban Aksial.....	47
Gambar 5.6 Detail Diagram Akibat Momen	48
Gambar 5.6 Detail Diagram Interaktif Kolom.....	49

DAFTAR NOTASI

- C_a = koefisien tekan tanah
- C_d = factor Perbesaran defleksi
- h = ketinggian tanah (m)
- h_n = ketinggian struktur (m)
- h_{sx} = tinggi tingkat dibawah tingkat x (mm)
- I_e = factor keutamaan gempa
- I_e = factor keutamaan gempa
- \emptyset = sudut geser
- Θ = Koefisien stabilitas
- P_a = Tekanan tanah (KN/m²)
- P_x = beban desain vertikal total pada dan di atas tingkat x (KN); bila menghitung P_x faktor beban individu tidak perlu melebihi 1.0
- T_a = Periode fundamental
- w = berat tanah (KN/m³)
- δ_x = Defleksi pusat massa di tingkat x (mm)
- δ_{xe} = defleksi pada lokasi yang diisyaratkan yang ditentukan dengan analisis elastis
- Δ = simpangan antar lantai tingkat desai yang terjadi serentak dengan V_x (mm)

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran A : Analisis Data
- Lampiran B : Data-data pendukung dalam penelitian
- Lampiran C : Administrasi dalam melakukan Penelitian



ANALISIS STABILITAS KOLOM BASEMENT GEDUNG AUDITORIUM 3 LANTAI AKIBAT KOMBINASI BEBAN LATERAL

ENCIK AKBAR ANDIKA
163110247

ABSTRAK

Kolom struktur bangunan mempunyai peranan yang vital terhadap struktur. Kolom haruslah mampu menahan gaya-gaya yang bekerja sehingga tidak terjadi kegagalan struktur dan dapat dikatakan stabil. Dalam penelitian ini gedung yang akan dianalisis adalah gedung auditorium sekaligus gedung perkuliahan 3 lantai yang terletak di kota Pekanbaru. Struktur bangunan ini pada lantai dasar bangunan tidak terdapat balok sloof sehingga sangat di khawatirkan kekuatan atau kekakuannya terhadap gaya horizontal dan gaya gempa. Pada kondisi aslinya kolom basement tidak langsung bersentuhan dengan tanah. Tanah di sekitar basement di tahan oleh dinding penahan tanah yang tidak terikat dengan struktur bangunan. Dengan kondisi tersebut untuk meninjau stabilitas kolom pada lantai basement dan diasumsikan bahwan tanah langsung bersentuhan dengan kolom basement. Apakah kolom tersebut masih stabil atau tidak. Serta dengan memperhitungkan beban gempa yang bekerja juga menyebabkan simpangan atau *drift* yang menyebabkan timbulnya eksentrisitas beban gravitasi (P) terhadap sumbu vertikal kolom sehingga perlu di cek terhadap *P-Delta effect*.

Analisis struktur atas dilakukan dengan menggunakan metode elemen hingga. Metode elemen hingga merupakan metode yang banyak digunakan dalam menganalisis perhitungan struktur gedung bertingkat tinggi. Diharapkan dengan metode elemen hingga, analisis struktur gedung auditorium sekaligus gedung perkuliahan 3 lantai tahan gempa bisa lebih sederhana serta stabil dalam menahan gaya-gaya yang bekerja. Peraturan beton yang digunakan mengacu pada persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasan (SNI 2847-2019). Dan peraturan gempa yang di gunakan mengacu pada tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non-gedung (SNI 1726-2019)

Hasil dari penelitian didapat bahwa kolom basement $80 \times 80 \text{ cm}^2$ dapat menahan beban yang bekerja dengan stabil. Jika struktur menggunakan kolom seragam dari lantai atas sampai ke lantai basement, dapat menggunakan kolom $50 \times 50 \text{ cm}^2$ karena kolom sudah mampu menahan beban tanah dan gempa. Simpangan antar lantai yang terjadi masih masuk dalam karegori dimana simpangan yang terjadi lebih kecil dari simpangan izin baik untuk lantai 1 dan 2 serta arah X dan Y. Efek P-Delta pada struktur juga masih masuk dalam kategori dimana koefisien stabilitas (θ) lebih kecil dari koefisien maksimumnya (θ_{max}) maka struktur kolom mampu menahan efek p-delta. Koefisien stabilitas (θ) untuk lantai 1 adalah 0,01 dan lantai 2 adalah 0,01. Dan koefisien stabilitas maksimumnya (θ_{max}) untuk lantai 1 sebesar 0,091 dan untuk lantai 2 sebesar 0,091.

Kata kunci : Stabilitas, Kolom, Beban Lateral, Beban Gempa, P-Delta

STABILITY ANALYSIS OF 3 FLOORS AUDITORIUM BASEMENT COLUMN BUILDING DUE TO COMBINATION OF LATERAL LOAD

ENCIK AKBAR ANDIKA
163110247

ABSTRAK

Planning of building structures, especially high-rise buildings, requires a structural analysis to obtain the most effective and efficient dimensions and configurations of structures that lead to planning that is resistant to earthquake shocks and lateral forces. The column structure of the building which has a vital role in the structure. Columns must be able to withstand the working forces so that no structural failure occurs. In this research, the building that will be analyzed is the auditorium building as well as a 3-storey lecture building located in the city of Pekanbaru. In this structure on the ground floor of the building there are no sloof beams so it is very worried about its strength or stiffness against horizontal forces and earthquake forces.

The analysis of the struktur was carried out using the finite elemnt method. The finite element method is a method that is widely used in analyzing the calculation of hingrise building structure. It is hoped that with the help of this finite element method, analysis of the structure of the auditorium building as well as a 3-story earthquake-resistant lecture building can be simpler and more stable in resisting the working forces.

The results showed $80 \times 80 \text{ cm}^2$ basement can withstand the load that work stably. If the structure uses uniform coloumns from the top floor to the basement floor, it can be use $50 \times 50 \text{ cm}^2$ coloumns because rhe coloumns are able to withstand soil and earthquake load. The deviation beetwen floors that occurs is still included in the category where the deviation that occurs is smaller than allowable deviation for both floors 1 and 2 as well as in the X and Y. The p-delta effect on the structure is also still included in the category where the stability coefficient (θ) is smaller than maximum coefficient (θ_{\max}) then the coloumn structure is able to withstand the effect of p-delta. The coefficient of stability (θ) for the first floor is 0,01 and second floor is 0,001 and the maximum stability coefficient (θ_{\max}) for the first and second floors are 0,091.

Keywords: Stability, Column, Lateral Load, Earthquake Load, P-Delta

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Untuk perencanaan suatu konstruksi bangunan diperlukan analisis struktur dan landasan yang berpedoman pada peraturan yang berlaku di Indonesia. Perencanaan dari suatu bangunan gedung juga harus memenuhi persyaratan struktur bangunan gedung. Gedung tersebut harus memenuhi beberapa kriteria yakni, kuat, kokoh, dan stabil sehingga dapat digunakan sesuai fungsinya. Untuk gedung tinggi, diperlukan kekakuan yang cukup untuk menahan gaya-gaya lateral yang disebabkan oleh angin dan gempa.[1]. Dalam aspek ini kestabilan suatu struktur bangunan dipengaruhi beberapa bagian yakni pondasi untuk menahan beban di atasnya, sloof, kolom dan balok yang tahan terhadap beban sendiri bangunan, beban gempa beban angin beban bergerak dan yang lainnya.

Pada pembangunan salah satu gedung Auditorium di Pekanbaru, Riau terdapat sesuatu struktur bangunan yang tidak biasa. Di area basement bangunan, sloof bangunan juga berfungsi sebagai balok lantai satu, dimana pada lantai basement tidak terdapat balok penahan. Dengan tidak adanya balok sloof, dikhawatirkan akan terjadinya tidak stabil pada bangunan. Akan tetapi pada kondisi basement di lapangan, kolom hanya berfungsi sebagai penahan beban struktur. Beban tanah disekitar basement ditahan oleh dinding penahan tanah yang tidak bersentuhan langsung terhadap struktur bangunan.

Dengan dihilangkannya balok-balok di basement, mengingat fungsi bangunan adalah auditorium dimana akan ada beban yang besar terjadi dikhawatirkan akan terjadinya tidak stabil pada kolom basement. Pengaruh gaya lateral yang di khawatirkan kolom mengalami defleksi lateral (Δ) karena gaya aksial yang bekerja bergeser dalam titik awal dalam arah lateral di kenal dengan sebutan *P-Delta Effect*. Untuk manambah efek lateral yang terjadi maka dengan mengasumsikan bahwa kolom basement menerima beban langsung dari tanah dan

menyebabkan gaya lateral maka perlu dipertimbangkan tentang *P-Delta Effect*. Serta dengan memperhitungkan beban gempa yang bekerja maka akan menimbulkan simpangan atau *Drift* juga akan mengakibatkan *P-Delta Effect*. Jika bangunan tersebut didesain dengan pertimbangan-pertimbangan tersebut maka akan sangat membantu untuk melihat kemampuan struktur kolom dalam menahan beban yang bekerja dengan stabil.

Dari hal tersebut penulis tertarik melakukan analisis stabilitas struktur kolom pada bangunan auditorium 3 lantai di Pekanbaru, Riau. Keriteria stabil dalam penelitian ini adalah kolom aman terhadap efek P-Delta dan mampu menahan beban-beban yang bekerja. Analisis bangunan menggunakan metode elemen hingga dengan analisis penambahan beban horizontal (Tanah) dan penambahan beban gempa untuk mengetahui kestabilan struktur kolom tersebut. Beban tanah yang bekerja hanya ada pada lantai dasar (*basement*). Beban tanah di bedakan dalam jenisnya yaitu tanah lunak, tanah sedang, dan tanah keras sebagai variasi dari beban tanah. Peraturan- peraturan yang digunakan dalam analisis ini mengacu pada SNI 1726-2019 untuk gempa dan SNI 2847-2019 untuk persyaratan beton.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang, maka perumusan masalah dapat digunakan sebagai berikut :

1. Bagaimana hubungan Simpangan antar lantai dan P-Delta?
2. Bagaimana menganalisis stabilitas kolom terhadap beban lateral?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang akan dicapai dalam penulisan dan pembahasan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Menganalisis hubungan simpangan antar lantai dan P-delta
2. Menganalisis stabilitas kolom terhadap beban lateral.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Penulis dapat menganalisis kolom terhadap beban lateral.
2. Menambah ilmu pengetahuan, wawasan, dan pengalaman penulis tentang stabilitas kolom.
3. Bagi mahasiswa sebagai referensi dalam menganalisis mengenai stabilitas kolom.
4. Dapat menjadi referensi bagi pemilik gedung.

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada permasalahan ini adalah sebagai berikut :

1. Struktur yang di tinjau adalah bangunan gedung auditorium 3 lantai dengan konstruksi beton bertulang.
2. Aspek yang di tinjau yaitu stabilitas elemen struktur kolom pada lantai basement.
3. Hubungan balok dan kolom merupakan sambungan kaku (*Rigid*).
4. Tidak merubah mutu baja dan mutu beton yang dipakai (sesuai dengan kondisi eksisting).
5. Perencanaan elemen struktur bangunan menggunakan analisis yang mengacu pada Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan (SNI 2847-2019).
6. Analisis beton bertulang dengan SRPMK (Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus) berdasarkan data Puskim.
http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/
7. Analisa Perhitungan gaya gempa akan menggunakan metode analisis respons spectrum berdasarkan (SNI 1726-2019) tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung.
8. Analisis baja tulangan beton menggunakan peraturan [2] Tentang Baja Tulangan Beton
9. Beban-beban yang ditinjau adalah beban mati, beban hidup, beban tanah

dan beban gempa.

10. Beban Tanah terbagi atas 3 jenis yakni; tanah lunak, tanah sedang, tanah keras.
11. Parameter tanah yang digunakan untuk analisis diambil berdasarkan jenis tanahnya.
12. Parameter yang ditinjau adalah simpangan antar lantai, P-Delta, dimensi kolom dan tulangan kolom.



Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Tinjauan pustaka memuat tentang hasil-hasil penelitian yang didapat oleh peneliti terdahulu serta memiliki hubungan yang erat dengan penelitian yang sedang dilakukan yang dapat membantu memberikan solusi untuk pemecahan masalah pada penelitian yang sedang dilakukan.

2.2 Penelitian Terdahulu

Harriad Akbar Syarif, (2020), dalam penelitiannya tentang “Pengaruh P-Delta Pada Struktur sistem Flat Slab-Drop Panel Pada Gedung Bertingkat tidak Beraturan” masalah yang diangkat dalam penelitian ini adalah menganalisis gedung terhadap efek p-delta dikarenakan beban lateral. Dari hasil penelitian efek p-delta yang terjadi lebih besar dari θ_{max} yang diizinkan. Efek ketidakberaturan juga berdampak terhadap peningkatan kekuatan perlu dari struktur. Efek ini akan menimbulkan p-delta apabila tidak di pertimbangkan dengan tepat [3].

Heri Istiono, (2020), dalam penelitiannya tentang “Analisis Pengaruh *P-Delta Effect* Terhadap Perbedaan Ketinggian Struktur Gedung Tahan Gempa (Studi Kasus: *Non-Highrise Building*)”. Masalah yang diangkat dalam penelitian ini adalah ketika suatu elemen struktur secara keseluruhan mengalami *lateral displacement*, struktur bangunan akan berubah bentuk atau berdeformasi yang menghasilkan momen guling. Analisis tentang *P-Delta Effect* perlu di pertimbangkan dikarenakan kebutuhan bangunan tinggi dari waktu ke waktu. Dari hasil penelitian didapat pengaruh *P-Delta Effect* static memberikan pengaruh momen pada masing-masing lantai tidak melebihi 10% pada tiap-tiap permodelan gedung. Pengecekan teta (θ) P-Delta static pada masing-masing gedung tidak ada yang melebihi teta max (θ_{max}) sehingga gedung tersebut stabil dan tidak perlu dilakukan desain ulang [4].

Frinsilia Jaglien Liando, (2020), dalam penelitiannya tentang “Perencanaan Struktur Beton Bertulang Gedung Kuliah 5 Lantai”. Permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini adalah bagaimana merencanakan elemen struktur bangunan bertingkat dengan material beton bertulang yang tahan gempa sesuai dengan peraturan SNI 2847-2019 guna menaikkan kemampuan manusia dalam menangani permasalahan dalam peroyek. Hasil yang didapat adalah pondasi yang direncanakan untuk bangunan ini adalah pondasi sumuran dengan kedalaman 5,2 m. dinding geser memiliki fungsi utama untuk menahan beban lateral. Dinding geser dalam perencanaan ini digunakan pada lift bangunan. Komponen kolom dan balok mampu menahan gaya geser yang terjadi akibat eban yang ada dimana kapasitas geser nominal (V_n) lebih besar dari gaya geser yang bekerja pada komponen struktur tersebut.

2.3 Keaslian Penelitian

Judul yang diajukan oleh peneliti dalam penelitian Tugas Akhir ini memang terdapat kesamaan dengan judul-judul peneliti terdahulu terutama pada cara analisis dan peraturan-peraturan yang digunakan. Akan tetapi juga terdapat perbedaan seperti lokasi penelitian, fungsi bangunan, keunikan pada struktur dan kondisi tanah.

BAB III LANDASAN TEORI

3.1 Umum

Pada struktur stabil, deformasi yang diakibatkan beban pada umumnya kecil dan gaya dakhil (internal) yang timbul dalam struktur mempunyai kecenderungan mengembalikan bentuk semula apabila bebannya dihilangkan. Pada struktur tidak stabil, deformasi yang diakibatkan oleh beban pada umumnya mempunyai kecenderungan untuk terus bertambah selama struktur dibebani. Struktur yang tidak stabil mudah mengalami keruntuhan secara menyeluruh dan seketika begitu dibebani. berikan gaya horizontal di ujung rangka atas balok tersebut, maka lama kelamaan rangka itu roboh. Salah satu cara untuk membuatnya lebih stabil dengan *bracing* atau mengisinya dengan dinding. Selain dengan yang disebutkan tadi, ketidakstabilan struktur bisa diakibatkan juga oleh kelemahan kolom yang diakibatkan tekuk maupun P-Delta

Salah satu syarat agar sebuah bangunan memenuhi syarat dan layak dipakau adalah ketidakstabilan struktur yang bagus. Kestabilan memiliki arti banguna tidak akan runtuh (*collapse*) jika mendapat pengaruh gaya-gaya dari luar.

Setidaknya ada 3 cara yang bisa dilakukan untuk membuat struktur yang stabil:

1. pemasangan pengku (*diagonal bracing*) pada struktur.
2. Pembuatan bidang rangka yang kaku (*diaphragma*).
3. Pemasangan sambungan kaku (*rigid*)

3.2 Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah yang umum di gunakan yaitu, system USCS (*unified soil classification system*) dan system AASHTO (*American of state highway and transportation official*). System USCS digunakan untuk

pengelompokan tanah secara universal, sedangkan system AASHTO leboh digunakan untuk mengklasifikasikan tanah subgrade.

3.2.1 Sistem USCS (*Unified Soil Classification System*)

System ini pada mulanya diperkenalkan oleh casagrande dalam tahun 1942 untuk dipergunakan pada pekerjaan pembuatan lapangan terbang. Pada kini system klasifikasi tersebut digunakan secara luas oleh para ahli teknik. Sistem USCS mengklasifikasikan tanah pada 2 kelompok besar yaitu.

1. Tanah berbutir kasar (*coarse-grained-soil*), yaitu: tanah kerikil dan sir dimana kurang dari 50% berat total contoh tanah lolos ayakan No. 200. Symbol dari kelompok ini dimulai dengan huruf awal G (*gravel*) atau S (*sand*).
2. Tanah berbutir halus (*fine-grained-soil*), yaitu dimana lebih dari 50% berat total contoh tanah lolos ayakan No. 200. Symbol dari kelompok ini dimulai dari huruf awalan M untuk lanau (*silt*) anorganik, C untuk lempung (*clay*) anorganik. Dan O untuk lanau organik dan lempung organik. Symbol PT digunakan untuk tanah gambut (*peat*), muck, dan tanah lain dengan kadar organik tinggi.

3.2.2 Sistem AASHTO (*American Association of State Highway and Transporting Official*)

Sistem klasifikasi ini dikembangkan dalam tahun 1929 sebagai public road administration classification system. Pada sistem ini, tanah di klasifikasikan ke dalam tujuh kelompok besar, yaitu A-1 sampai dengan A-7. Tanah yang diklasifikasikan ke dalam A-1, A-2, dan A-3 adalah tanah berbutir dimana 35% atau kutang dari jumlah butiran tanah tersebut lolos ayakan No. 200. Tanah dimana lebih dari 35% butirannya lolos ayakan No. 200 diklasifikasikan ke dalam kelompok A-4, A-5, A-6 dan A-7. Butiran dalam kelompok A-4 sampai dengan A-7 tersebut sebagian besar adlah lanau dan lempung.

3.2.3 Hubungan Berat dan Volume

Salah satu parameter fisik yang penting untuk diketahui adalah berat volume tanah. Informasi mengenai nilai tipikal dar berat volume tanah untuk berbagai jenis tanah akan sangat berguna untk memperkirakan tekanan overburden pada

kedalaman yang berbeda (Ameratunga, 2016). *Australian Standard for earth retaining structures* (AS 4678-2002) menyarankan nilai tipikal untuk berat volume kering dan berat volume jenuh pada table 3.1.

Tabel 3.1 Nilai Tipikal Berat Volume Kering dan Berat Volume Jenuh

Jenis Tanah		Berat Volume Kering (KN/m ³)		Berat Volume Jenuh (KN/m ³)	
		Lepas	Padat	Lepas	Padat
Tanah Granuler	Kerikil	16,0	18,0	20,0	21,0
	Pasir bergradasi baik dan Kerikil	19,0	21,0	21,5	23,0
	Pasir kasar atau sedang	16,5	18,5	20,0	21,5
	Pasir bergradasi baik	18,0	21,0	20,5	22,5
	Pasir halus atau kelanauan	17,0	19,0	20,0	21,5
	<i>Rock fill</i>	15,0	17,5	19,5	21,0
	<i>Brick hardcore</i>	13,0	17,5	16,5	19,0
	<i>Slag fill</i>	12,0	15,0	18,0	20,0
	<i>Ash fill</i>	6,5	10,0	13,0	15,0
Tanah kohesif	Gambut (variabilitas)	12,0		12,0	
	Lempung Organik	15,0		15,0	
	Lempung Lunak	17,0		17,0	
	Lempung padat	18,0		18,0	
	Lempung kaku	19,0		19,0	
	Lempung keras	20,0		20,0	
	Lempung glasial keras atau kaku	21,0		21,0	

Sumber : Buku Kumpulan korelasi parameter geoteknik dan pondasi

Bowless (1977) memberikan nilai empiris untuk berat volume jenuh tanah pada table 3.2

Tabel 3.2 Nilai Empiris Untuk γ_{sat} dan Kuat Tekan Bebas (q_u) dan Konsistansi Dari Tanah Kohesif Berdasarkan Nilai N Koreksi (Bowles, 1977)

Konsistansi	Sangat Lunak	Lunak	Sedang	Kenyal	Sangat Kenyal	Keras
q_u (kPa)	0-24	24-28	48-96	96-192	192-384	>384
Nilai N' - SPT terkoreksi	0-2	2-4	10-30	30—50	..>50	>32
Berat volume tanah jenuh (γ_{sat}) (KN/m ³)	15,8-18,8	15,8-18,8	17,3-20,4	18,8-22	18,8-22	18,8-22

Sumber : Buku Kumpulan korelasi parameter geoteknik dan pondasi

Australian Standards for retaining walls (AS 4678) menyarankan nilai untuk c' dan Φ' berdasarkan kelompok tanah seperti yang di sajikan pada table 3.3

Tabel 3.3 Nilai Tipikal c' dan Φ' (AS 4687, 2002)

Kelompok Tanah	Tipikal Tanah	Parameter tanah	
		c' (kPa)	Φ' (degrees)
Buruk	Tanah lempung lunak dan teguh dengan plastisitas sedang ke tinggi; lempung berlanau; isian lempung bervariasi lepas; lanau berpasir lepas	0-5	17-25

Kelompok Tanah	Tipikal Tanah	Parameter tanah	
		c' (kPa)	Φ' (degrees)
Sedang	Lempung berpasir kaku; lempung berkerikil; pasir berlempung padat; lanau berpasir; isian lempung padat.	0-10	26-32
Bagus	Pasir berkerikil; pasir padat; isian kerikil dan batu pasir pecah; pasir padat bergradasi baik.	0-5	32-37
Sangat bagus	Batu terlapukan lemah; isian lapis dasar jalan terkontrol; kerikil dan beton daur ulang.	0-25	36-43

Sumber : Buku Kumpulan korelasi parameter geoteknik dan pondasi

3.2.4 Gaya Tanah yang Bekerja Pada Kolom

Gaya-gaya tanah yang bekerja pada suatu bidang lebih banyak didominasi oleh berat sendiri tanah, serta tekanan tanah di belakang maupun depan bidang struktur tersebut. Beban lain dapat muncul akibat adanya beban luar tambahan yang diberikan di atas timbunan tanah di belakang maupun di depan bidang struktur. Beban gravitasi yang berasal dari berat sendiri tanah dapat ditentukan secara tepat dan benar. Namun besar dan arah dari tekanan tanah yang berada di depan atau belakang konstruksi sangat tergantung pada jenis dan kondisi dari tanah tersebut, sehingga besarnya tekanan tanah tidak dapat ditentukan secara akurat seperti halnya beban gravitasi.

Material tanah butiran, seperti pasir, akan memiliki perilaku yang berbeda dari pada material tanah kohesif seperti lempung, maupun campuran antara keduanya. Karena intensitas tekanan tanah pada suatu bidang cukup kompleks, maka biasanya dapat diambil suatu penyederhanaan dengan mengasumsikan

bahwa tekanan tanah terdistribusi secara linier sepanjang tinggi tanah. Tekanan tanah dapat di asumsikan sebagai suatu fungsi dari tinggi, berat, dan jenis tanah.

3.2.5 Tekanan Tanah Aktif dan Pasif

dalam ilmu mekanika tanah dikenal teori Rankine (1857) untuk menghitung tekanan tanah aktif dan pasif. Teori Rankine mengasumsikan bahwa struktur dalam kondisi vertical, tidak ada gesekan antara tanah dan struktur, tanah homogeny, tak termampatkan dan isotropic. Selain itu tanah adalah lepas dan berada pada keadaan diam (*at rest*). Tekanan tanah aktif di kedalaman h menurut teori Rankine, adalah

$$P_a = C_a wh \quad (3.1)$$

$$C_a = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} \quad (3.2)$$

Keterangan:

P_a = Tekanan tanah (KN/m²)

C_a = koefisien tekan tanah

w = berat tanah (KN/m³)

h = ketinggian tanah (m)

Dimana ϕ = sudut geser dalam dari tanah (diperoleh dari hasil penyelidikan laboratorium) Resultan gaya akibat tekanan tanah aktif adalah.

$$H_a = \frac{wh^2}{2} \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} \quad (3.3)$$

Resultan gaya H_a bekerja pada jarak $H/3$ dari tepi bawah bidang struktur.

3.3 Kolom

Kolom adalah komponen struktur bangunan yang tugas utamanya adalah menahan beban aksial tekan vertikal. Sebagai suatu kerangka bangunan dengan fungsi tersebut, kolom menempati posisi penting dalam sistem struktur bangunan.

Secara garis besar ada 3 jenis kolom yaitu sebagai berikut:

1. Kolom menggunakan pengikat sengkang, Kolom ini merupakan beton yang dituangi dengan batang tulangan pokok memanjang, yang ada pada jarak spasi tertentu dengan pengikat sengkang lateral, sedemikian rupa sehingga penulangan keseluruhan membentuk rangka.
2. Kolom menggunakan pengikat spiral. Bentuknya sama dengan pertama hanya hanya saja sebagai pengikat tulangan pokok memanjang adalah tulangan spiral membentuk heliks menerus sepanjang kolom.
3. Struktur kolom komposit. Merupakan koomponen struktur tekan yang diperkuat pada arah memanjang dengan gealagar baja profil atau pipa dengan atau tanpa diberi batang tulangan pokok memanjang.

Selanjutnya disyaratkan tulangan sengkang atau kait pengikat harus di pasang dan di atur sedemikian rupa sehingga sudut-sudutnya tidak dibengkokkan lebih besar dari 135° . Sengkang atau kait pengikat harus cukup kokoh untuk menopang batyang tulangan pokok memanjang, baik letaknya di pojok maupun di sepanjang sisi kearah lateral. Untuk itu batang tulangan pokok memanjang harus dipasang dengan jarak bersih antaranya tidak lebih dari 150mm di sepanjang sisi kolom agar dukungan lateral dapat berlangsung dengan baik.

3.4 Balok

Balok adalah batang horizontal dari rangka struktural yang memikul beban tegak lurus sepanjang batang tersebut (biasanya berasal dari dinding, pelat atau atap bangunan) dan menyalurkannya pada tumpuan atau pada struktur dibawahnya. Balok juga berfungsi sebagai pengekan dari struktur kolom. Dalam perencanaannya, suatu balok dapat mempunyai bermacam-macam ukuran atau dimensi sesuai dengan beban yang bekerja. Namun dimkensi tersebut harus memiliki efisiensi tinggi agar dapat memenuhi persyaratan yang telah di tetapkan sebagai standar perhitungan struktur beton di indonesia saat ini.

Balok berfungsi menahan kondisi pembebanan yang rumit seperti tekuk

atau lentur. Kombinasi gaya tekan dan gaya tarik di sebut lentur dan tegangannya tersebar tidak merata pada potongan melintang. Elemen-elemen yang berhubungan dengan struktur dihubungkan dengan balok. Kuat hubungan struktural bertambah jika jaraknya diperbesar. Gaya lentur bertambah jika beban pada balok berlebih sehingga pada daerah bertegangan tinggi terjadi aksi sendi (balok patah dan terdapat sendi pada titik ini)

Berdasarkan perencanaan lentur ada beberapa macam bentuk balok beton bertulang, antara lain:

1. Balok persegi dengan tulangan tunggal

Balok persegi dengan tulangan tunggal merupakan balok yang hanya mempunyai tulangan tarik saja dan dapat mengalami keruntuhan akibat lentur.

2. Balok persegi dengan tulangan rangkap

Apabila besar penampang suatu balok dibatasi, mungkin dapat terjadi keadaan dimana kekuatan tekan beton tidak dapat menahan tekanan yang timbul akibat bekerjanya momen lentur. Maka dari itu dipasang tulangan dibagian serat tekan.

3. Balok T

Balok T merupakan balok yang berbentuk huruf T dan bukan bukan berbentuk persegi, sebagian dari pelat akan bekerja sama dengan bagian atas balok untuk memikul tekan. Perencanaan balok T adalah proses menentukan tebal dan lebar flens, lebar dan tinggi efektif balok dan luas tulangan baja tarik.

Berdasarkan tumpuannya ada beberapa macam bentuk balok beton bertulang, antara lain:

1. Balok Induk

Balok Induk adalah balok yang bertumpu pada kolom dan balok yang menghubungkan tarik kolom dengan kolom lainnya. Balok ini berguna

untuk memperkecil tebal pelat lantai dan mengurangi besarnya lendutan yang terjadi. Balok induk direncanakan berdasarkan gaya maksimum yang bekerja pada balok yang berdimensi sama dengan balok induk, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan diantaranya adalah:

- a. Menentukan mutu beton yang akan digunakan
 - b. menghitung pembebanan yang terjadi (Beban Mati, Beban Hidup, Beban Struktur)
2. Balok Anak

Balok anak adalah balok yang bertumpu pada balok induk atau tidak bertumpu langsung pada kolom. Balok anak berguna untuk memperkecil tebal pelat lantai dan mengurangi lendutanya.

3. Balok Bagi

Balok bagi ialah balok yang menghubungkan balok dengan balok anak lainnya atau balok anak dengan balok induk.

3.5 Pembebanan

Berdasarkan kamus besar Bahasa Indonesia, pembebanan berarti proses, cara, perbuatan membebani atau membebankan. Dalam hal ini yaitu suatu proses atau cara membebankan suatu elemen struktur terhadap tinjauan tertentu. Tinjauan pembebanan dapat di bedakan menjadi:

3.5.1 Beban Mati

Beban mati adalah seluruh beban konstruksi bangunan edung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding, pertisi tetap, finishing, dan komponen arsitektural dan struktur lainnya serta peralatan layan. Dalam hal ini dapat berupa:

1. Beban mati akibat berat sendiri

Beban mati didefinisikan sebagai beban yang di timbulkan oleh elemen-elemen struktur bangunan: balok, kolom, dan pelat lantai. Beban ini akan di hitung secara otomatis oleh program ETABS.

2. Beban mati tambahan

Beban mati tambahan didefenisikan sebagai beban mati yang diakibatkan oleh berat dari elemen-elemen tambahan yang bersifat permanen.

3.5.2 Beban Hidup

Beban hidup adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, bean tanah, dan beban banjir.[5]

3.5.3 Beban Angin

Beban angin merupakan beban yang diakibatkan oleh factor lingkungan yaitu factor angin itu sendiri. Adapun parameter dalam perencanaan beban angin adalah: kecepatan angin, faktor arah angin, kategori eksopur, faktor topografi, faktor efek tiupan, klasifikasi tertutupan, koefisien internal.[6]

3.5.4 Beban Gempa

Beban gempa adalah semua beban yang bekerja pada banguna atau bagian bangunan dari pergerakan tanah akibat gempa itu. Pengaruh gempa pada struktur ditentukan berdasarkan analisa dinamik, maka yang diartikan dalam beban gempa itu gaya-gaya didalam strukur tersebut yang terjadi oleh tanah akibat gemoa itu sendiri.

3.6 Kategori Desain Seismik

Struktur harus ditetapkan memiliki suatu kategori desain seismik. Struktur dengan kategori risiko I, II, III, yang berlokasi dimana parameter *respons spectral*

percepatan terpetakan pada periode 1 detik, S_1 , lebih besar dari 1 atau sama dengan 0,75 harus ditetapkan sebagai struktur dengan kategori desain seismik E. struktur yang berkategori risiko IV yang berlokasi dimana parameter *respons spectral* percepatan terpetakan pada periode 1 detik, S_1 , lebih besar dari 1 atau sama dengan 0,75 harus ditetapkan sebagai struktur dengan kategori desain seismik F. semua struktur lainnya harus ditetapkan kategori desain seismiknya berdasarkan kategori risikonya dan parameter *respons spectral* percepatan desainnya, SDS dan $SD1$. Masing-masing bangunan dan struktur harus ditetapkan kedalam kategori desain seismik yang lebih parah, engan mengacu pada Tabel 3.5, terlepas dari nilai periode fundamental struktur, T .

Tabel 3.4 Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan pada Periode 1 Detik

Nilai S_{DS}	Kategori Risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

Sumber : SNI 1726-2019 Persyaratan Beton Struktur Untuk Bangunan Gedung

3.7 Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)

SRPMK (Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus) adalah desain struktur beton bertulang dengan pendetailan yang menghasilkan struktur yang fleksibel (memiliki daktilitas yang tinggi)

3.6.1 Prinsip SRPMK

Struktur SRPMK diharapkan memiliki tingkat daktilitas yang tinggi, yaitu mampu menerima mengalami siklus respon inelastis pada saat menerima beban gempa rencana. Pendetailan dalam ketentuan SRPMK adalah untuk memastikan bahwa respon inelastic dari struktur bersifat daktil [7]. Prinsip ini terdiri adari tiga:

1. Storing-Coloum/Weal-Beam yang bekerja menyebar di sebagian besar lantai.
2. tidak terjadi kegagalan geser pada balok, kolom dan joint.
3. menyediakan detail yang memungkinkan perilaku daktail.

3.6.2 Kontrol Analisis

Setelah permodelan dan analisis struktur selesai dilakukan, maka perlu di cek terhadap standard an persyaratan yang berlaku sebagai berikut:

1. Periode Fundamental Struktur, T
2. Partisipasi Massa
3. Gaya Geser Dasar Nominal (Base Shear)
4. Simpangan Antar Lantai
5. Pengaruh P-Delta

Setelah struktur memenuhi analisis diatas dapat dilanjutkan untuk analisis selanjutnya.

3.8 Gempa Rencana

Tata cara ini menentukan pengaruh gempa rencana yang harus ditinjau dalam perencanaan dan evaluasi struktur bangunan gedung dan nongedung serta berbagai bagian dan peralatannya secara umum. Gempa rencana ditetapkan sebagai gempa engan kemungkinan terlampaui besarnya selama umur struktur bangunan 50 tahun adalah 2%. [8]

3.7.1 Faktor Keutamaan Gempa dan Kategori Risiko Struktur Bangunan

Untuk berbagai kategori risiko struktur bangunan gedung dan nongedung sesuai tabel 3.5 pengaruh gempa rencana harus dikalikan dengan suatu factor keutamaan gempa Ie menurut tabel 3.6. Khusus untuk struktur bangunan dengan kategori risiko IV, bila dibutuhkan pintu masuk untuk operasional dari struktur bangunan yang bersebelahan, maka struktur banguna yang bersebelahan tersebut harus di desain sesuai dengan kategori risiko IV.

Tabel 3.5 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Nongedung Untuk Beban Gempa

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
<p>Gedung dan nongedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan stuktur kecil lainnya 	I
<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam katedori risiko I, III, IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Perumahan - Rumah took dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/ rumah susun - Pusat perbelanjaan/ mall - Banguna industry - Fasilitas manufaktur - Pabrik 	II

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
<p>Gedung dan nongedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Bioskop b. Gedung pertemuan c. Stadion d. Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit beban dan unit gawat darurat e. Fasilitas penitipan anak f. Bangunan untuk orng jompo <p>Gedung pertemuan</p> <p>Gedung dan nongedung, tidak termasuk tidak termasuk dalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Pusat pembangkit listrik biasa b. Fasilitas penanganan air c. Fasilitas penanganan limbah d. Pusat telekomunikasi <p>Gedung dan nongedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak dimana jumlah kandungan bahanya melebihi nilai batas yang di isyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	II

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
<p>Gedung dan nongedung yang dikategorikan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Bangunan-bangunan monumental b. Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan c. Rumah ibadah d. Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat e. Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi keadaan darurat f. Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, tsunami, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya g. Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat h. Pusat pembangkit energy dan fasilitas public lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat i. Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangka penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangka air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang diisyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat <p>Gedung dan nongedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk kedalam kategori risiko IV.</p>	IV

Sumber : SNI 1726-2019 Persyaratan Beton Struktur Untuk Bangunan Gedung

Tabel 3.6 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 Persyaratan Beton Struktur Untuk Bangunan Gedung

3.9 Pemilihan Sistem Struktur

Sistem dasar pemikul gaya seismic lateral dan vertikal harus memenuhi salah satu dari tipe yang ditunjukkan pada tabel 3.7 atau kombinasi sistem seperti 0, 0, dan 0, kecuali apabila sistem struktur tersebut termasuk dalam 0. Masing-masing sistem terbagi berdasarkan tipe elemen vertikal pemikul gaya seismic lateral. Sistem struktur yang digunakan harus sesuai dengan batasan sistem struktur dan batasan ketinggian struktur, h_n yang ditunjukkan pada tabel 3.7. Koefisien modifikasi respons, R , factor kuat lebih sistem, Ω_0 dan factor pembesaran simpangan lateral, C_d yang sesuai sebagaimana yang ditunjukkan pada tabel 3.7 harus digunakan dalam penentuan geser dasar, gaya desai elemen, dan simpangan antar tingkat desain.

Setiap sistem pemikul gaya seismic yang dipilih harus didesain dan didetailkan sesuai dengan persyaratan khusus untuk sistem tersebut sebagaimana ditetapkan dalam dokumen acuan yang berlaku seperti terdaftar dalam tabel 3.7

Tabel 3.7 Faktor R , C_d dan Ω_0 Untuk Sistem Pemikul Gaya Seismik

Sistem pemikul gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R^a	Faktor kuat lebih sistem, Ω_0^b	Faktor pembesaran defleksi, C_d^c	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, $h_n (m)^d$				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D^e	E^e	F^f
C. Sistem rangka pemikul momen								
1. Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	$5^{1/2}$	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	$5^{1/2}$	TB	TB	48	30	TI
3. Rangka baja pemikul momen menengah	$4^{1/2}$	3	4	TB	TB	10^k	TI^k	TI^k

Sistem pemikul gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R^a	Faktor kuat lebih sistem, Ω_0^b	Faktor pembesaran defleksi, C_d^c	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, $h_n (m)^d$				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D^e	E^e	F^f
4. Rangka baja pemikul momen biasa	$3\frac{1}{2}$	3	3	TB	TB	TI'	TI'	TI'
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	$5\frac{1}{2}$	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	$4\frac{1}{2}$	TB	TB	TI	TI	TI

Sistem pemikul gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R^a	Faktor kuat lebih sistem, Ω_0^b	Faktor pembesaran defleksi, C_d^c	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, $h_n (m)^d$				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D^e	E^e	F^f
7. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	$2^{1/2}$	TB	TI	TI	TI	TI
8. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus	8	3	$5^{1/2}$	TB	TB	TB	TB	TB
9. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen menengah	5	3	$4^{1/2}$	TB	TB	TI	TI	TI

Sistem pemikul gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R^a	Faktor kuat lebih sistem, Ω_0^b	Faktor pembesaran defleksi, C_d^c	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, $h_n (m)^d$				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D^e	E^e	F^f
10. Rangka baja dan beton komposit terkekang parsial pemikul momen	6	3	$5\frac{1}{2}$	48	48	30	TI	TI
11. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen biasa	3	3	$2\frac{1}{2}$	TB	TI	TI	TI	TI
12. rangka baja canal dingin pemikul momen khusus dengan pembautan	$3\frac{1}{2}$	3^0	$3\frac{1}{2}$	10	10	10	10	10

Sumber : SNI 1726-2019 Persyaratan Beton Struktur Untuk Bangunan Gedung

CATATAN

- a. Koefisien modifikasi respons, R , untuk penggunaan pada keseluruhan standar. Nilai R mereduksi gaya ke level kekuatan bukan pada level tegangan izin.
- b. Jika nilai pada tabel factor kuat lebih, Ω_0 , lebih besar atau sama dengan 2,5, maka Ω_0 diizinkan untuk direduksi setengah untuk struktur dengan diafragma fleksibel.
- c. Faktor pembesaran simpangan lateral, C_d , untuk penggunaan dalam 0, 0, dan 0.
- d. TB = Tidak Batasi dan TI = Tidak Diizinkan.

3.10 Penentuan Periode

Periode fundamental Struktur, T , dalam arah yang ditinjau harus diperoleh menggunakan sifat struktur dan karakteristik deformasi elemen pemikul dalam analisis yang teruji. Periode fundamental struktur (C_u) dari tabel 3.8 dan periode fundamental pendekatan, T_a , yang ditentukan sesuai 0. Sebagai alternative dalam melakukan analisis untuk menentukan periode fundamental struktur, T_a , diizinkan secara langsung menggunakan periode bangunan pendekatan, T_a , yang dihitung sesuai 0.

Tabel 3.8 Koefisien Untuk Batas Atas Pada Periode yang Dihitung

Parameter percepatan respons spectral desain pada 1 detik, s_{d1}	Koefisien C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5

Parameter percepatan respons spectral desain pada 1 detik, s_{d1}	Koefisien C_u
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

Sumber : SNI 1726-2019 Persyaratan Beton Struktur Untuk Bangunan Gedung

3.9.1 Periode Fundamental Pendekatan

Periode fundamental pendekatan (T_a), dalam detik, harus ditentukan dari persamaan berikut:

$$T_a = C_t h_n^x \quad (3.4)$$

Keterangan:

h_n adalah ketinggian struktur (m), diatas dasar sampai tingkat tertinggi struktur, dan koefisien C_t dan x di tentukan dari tabel 3.9.

Tabel 3.9 Nilai Periode Pendekatan C_t dan x

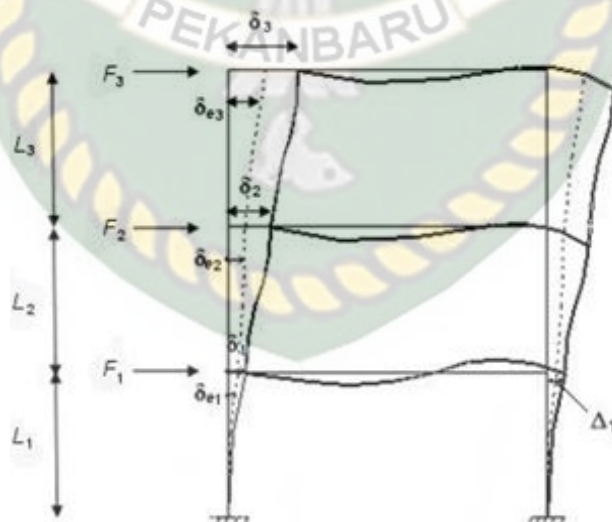
Tipe Struktur	C_t	x
Sistem ranka pemikul momen dimana rangka memikul 100% gaya seismik yang diisyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mecegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya	0,0724	0,8
- Rangka baja pemikul momen	0,0466	0,9
- Rangka beton pemikul momen		
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731	0,75

Tipe Struktur	C_t	x
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488	0,75

Sumber : SNI 1726-2019 Persyaratan Beton Struktur Untuk Bangunan Gedung

3.11 Simpangan Antar Lantai

Penentuan simpangan antar lantai tingkat desain (Δ) harus dihitung sebagai perbedaan defleksi simpangan dan simpangan antar lain dapat dilihat pada gambar 3.1. Apabila pusat massa tidak terletak segaris dalam arah vertikal, diijinkan untuk menghitung efleksi di dasar tingkat berdasarkan proyeksi vertikal dari pusat massa tingkat di atasnya. Jika desain tegangan ijin digunakan, Δ harus dihitung menggunakan gaya gempa tingkat kekuatan yang di tetapkan tanpa reduksi untuk tegangan ijin.



Gambar 3.1 Simpangan dan Simpangan Antar lantai

Bagi struktur di rancang untuk kategori desain seismik C, D, E atau F yang memiliki ketidak beraturan horizontal tipe 1a atau 1b, simpangan antar kantai

desain, Δ , harus dihitung sebagai selisih yang letaknya segaris secara vertikal, di sepanjang satu bagian tipe struktur.

Defleksi pusat massa di tingkat x (δ_x) (mm) harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut ini.

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e} \quad (3.5)$$

Keterangan:

δ_x = Defleksi pusat massa di tingkat x (mm)

C_d = Faktor amplifikasi defleksi

δ_{xe} = defleksi pada lokasi yang diisyaratkan yang ditentukan dengan analisis elastis

I_e = factor keutamaan gempa

Simpangan antara lantai (Δ) dibatasi agar tidak melebihi simpangan antar lantai ijin sebesar Δ_a yang ditentukan. Jika simpangan antar lantai yang terjadi lebih besar dari simpangan antar ijinnya maka struktur di khawatirkan akan tidak stabil, berdasarkan ketentuan pada table berikut ini.

Tabel 3.10 Simpangan Ijin antar Lantai

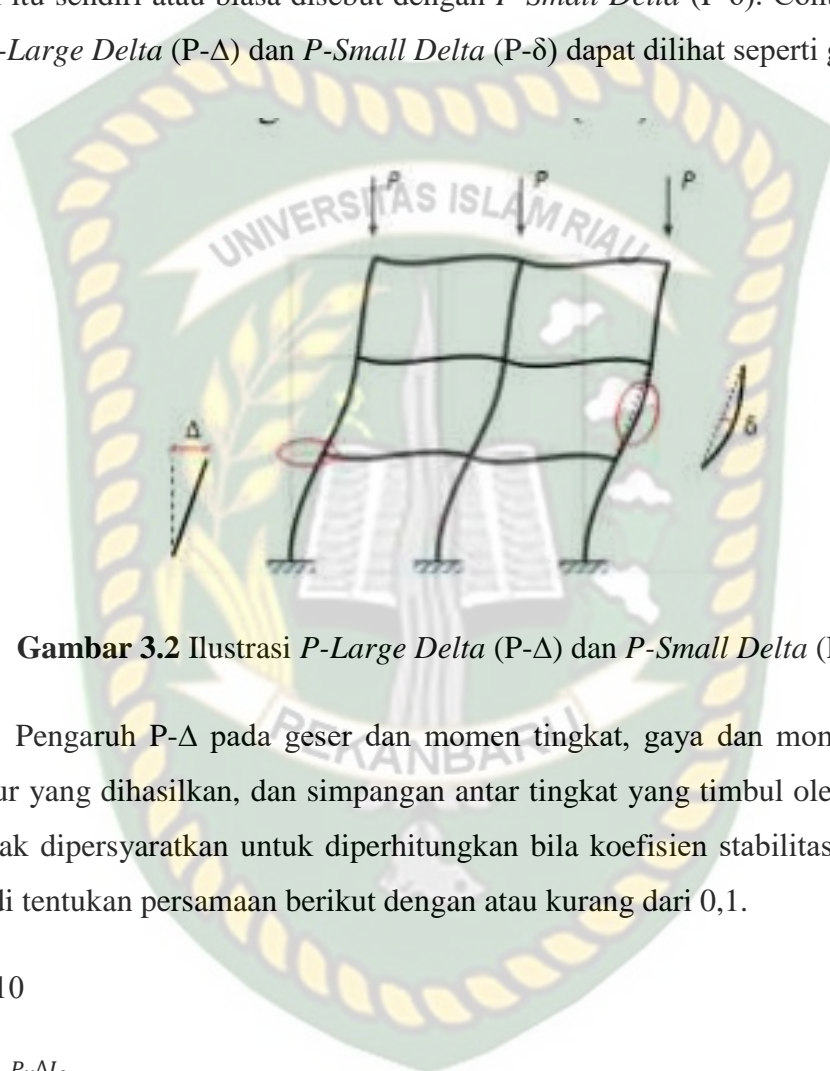
Struktur	Kategori Risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan system dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat.	$0,025h_{sx}$	$0,020h_{sx}$	$0,015h_{sx}$
Struktur dinding geser kantilever batu bata lainnya	$0,010h_{sx}$	$0,010h_{sx}$	$0,010h_{sx}$
Struktur dinding geser batu bata lainnya	$0,007h_{sx}$	$0,007h_{sx}$	$0,007h_{sx}$
Semua struktur lainnya	$0,020h_{sx}$	$0,015h_{sx}$	$0,010h_{sx}$

Sumber : SNI 1726-2019 Persyaratan Beton Struktur Untuk Bangunan Gedung

3.12 *P-Delta Effect*

Beban gravitasi (P) yang memiliki pengaruh perpindahan horizontal (Δ) dikenal dengan sebutan *P-Delta Effect*. ketika beban lateral akibat gempa bekerja pada suatu elemen struktural sehingga menyebabkan simpangan atau *drift* (Δ) yang mengakibatkan timbulnya eksentrisitas beban gravitasi (P) terhadap sumbu vertikal kolom, dari eksentrisitas yang timbul tersebut menghasilkan nmomen internal tambahan yang dapat mempengaruhi momen hasil analisis orde pertama.

P-Delta Effect yang terjadi berasal dari 2 sumber, yaitu perpindahan secara global pada batang kolom yang di akibatkan oleh beban lateral atau biasa disebut dengan *P-Large Delta* ($P-\Delta$) dan deformasi local yang terjadi dari dalam batang kolom itu sendiri atau biasa disebut dengan *P-Small Delta* ($P-\delta$). Contoh ilustrasi dari *P-Large Delta* ($P-\Delta$) dan *P-Small Delta* ($P-\delta$) dapat dilihat seperti gambar 3.2.



Gambar 3.2 Ilustrasi *P-Large Delta* ($P-\Delta$) dan *P-Small Delta* ($P-\delta$)

Pengaruh $P-\Delta$ pada geser dan momen tingkat, gaya dan momen elemen struktur yang dihasilkan, dan simpangan antar tingkat yang timbul oleh pengaruh ini tidak dipersyaratkan untuk diperhitungkan bila koefisien stabilitas (θ) seperti yang di tentukan persamaan berikut dengan atau kurang dari 0,1.

$$\theta \leq 0,10 \quad (3.6)$$

$$\theta = \frac{P_x \Delta l_e}{V_x h_{sx} C_d} \quad (3.7)$$

Keterangan:

P_x = beban desain vertikal total pada dan di atas tingkat x (KN); bila

menghitung P_x faktor beban individu tidak perlu melebihi 1.0

Δ = simpangan antar lantai tingkat desai yang terjadi serentak dengan V_x (mm)

I_e = factor keutamaan gempa

h_{sx} = tinggi tingkat dibawah tingkat x (mm)

C_d = factor Perbesaran defleksi

Koefisien stabilitas (θ) harus tidak melebihi θ_{max} yang ditentukan melalui persamaan dibawah ini.

$$\theta_{max} = \frac{0,5}{\beta C_d} \leq 0,25 \quad (3.8)$$

Nilai β adalah rasio kebutuhan geser terhadap kapasitas geser untuk tingkat antara tingkat x dan x-1. Rasio ini diijinkan secara konservatif diambil sebesar 1,0.

Koefisien stabilitas (θ) yang memiliki nilai lebih besar dari 0,1 dan kurang dari atau sama dengan factor peningkatan terkait dengan pengaruh P- Δ pada perpindahan dan gaya elemen struktur harus ditentukan dengan analisis rasional. Alternatif yang dapat digunakan adalah mengalikan perpindahan dan gaya elemen struktur dengan $\frac{1,0}{1-\theta}$. Struktur yang memiliki nilai $\theta > \theta_{max}$ adalah struktur yang berpotensi tidak stabil dan harus di desain ulang.

3.13 Kombinasi Pembebanan

Struktur, komponen-komponen struktur dan elemen fondasi harus didesain sedemikian rupa hingga kuat rancanganya sama atau melebihi pengaruh beban terfaktor dengan kombinasi-kombinasi. Pengaruh adanya satu atau lebih beban yang tidak bekerja harus ditinjau. Pengaruh yang paling menentukan dari beban angin dan seismic harus ditinjau, tetapi beban tersebut tidak perlu ditinjau secara simultan.

$$1. 1,4D \quad (3.9)$$

$$2. 1,2D + 1,6L + 0,5(Lr \text{ atau } R) \quad (3.10)$$

$$3. 1,2D + 1,6(Lr \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W) \quad (3.11)$$

$$4. 1,2D + 1,0W + L + 0,5(Lr \text{ atau } R) \quad (3.12)$$

$$5. 0,9D + 1,0W \quad (3.13)$$

Bila beban tanah H bekerja pada struktur, maka keberadaannya harus dipertimbangkan sebagai berikut:

1. Bila adanya beban H memperkuat pengaruh variable beban utama, maka perhitungkan beban H dengan faktor beban = 1,6.
2. Bila adanya beban H memberi perlawanan terhadap pengaruh variable beban utama, maka perhitungkan pengaruh H dengan faktor beban = 0,9 (jika bebannya permanen atau dengan faktor beban = 0 (untuk kondisi lainnya)

3.9.1 Kombinasi Pembebanan dengan Pengaruh Beban Seismik

Apabila suatu struktur menerima pengaruh beban seismik, maka kombinasi-kombinasi beban berikut harus diperhitungkan bersama dengan kombinasi beban dasar diatas. Pengaruh beban seismik yang paling menentukan harus ditinjau, tetapi tidak perlu bersamaan dengan beban angin.

Apabila beban seismik yang di maksud, $E = f(E_v E_h)$ dikombinasikan dengan pengaruh beban lainnya, maka kombinassi beban seismik yang harus digunakan adalah:

$$6. 1,2D + E_v + E_h + L \quad (3.14)$$

$$7. 0,9D - E_v + E_h \quad (3.15)$$

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian Tugas Akhir ini yaitu mengambil lokasi dari salah satu Auditorium di salah satu kampus di Pekanbaru, Riau.

4.2 Teknik Penelitian

Metode analisis yang digunakan pada penelitian ini adalah metode elemen hingga. Metode elemen hingga adalah salah satu metode numerik yang cocok diterapkan untuk menghitung gaya-gaya dalam (*internal force*) pada berbagai kasus di bidang rekayasa.

Teknik pengumpulan data yang digunakan didalam penelitian ini dengan cara mengumpulkan data sekunder. Data sekunder adalah sumber penelitian yang diperoleh melalui media perantara atau secara tidak langsung yang berupa buku, catatan, bukti yang telah ada, atau arsip baik yang dipublikasikan maupun tidak di publikasikan secara umum. Adapun data sekunder pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Data gambar gedung auditorium 3 lantai untuk mengetahui dimensi struktur.
2. Data gempa untuk daerah Pekanbaru pada tahun 2021.

4.3 Tahap Pelaksanaan Penelitian

Pada tahap ini memperlihatkan gambaran secara garis besar langkah-langkah penelitian untuk menuntun penulis agar penelitian ini lebih terarah.

Tahapan penelitian sebagai berikut:

1. Persiapan

Tahap persiapan ini adalah langkah pertama yang harus dilakukan dalam penelitian ini, dimana persiapan yang dilakukan adalah mencari referensi yang sesuai dengan judul penelitian.

2. Pengumpulan Data

Dari penelitian ini penulis memerlukan beberapa data dan literature untuk pembahasan dalam menyelesaikan penelitian ini. Data-data yang di kumpulkan berupa data sekunder.

3. Analisis Data

Setelah data-data yang diperlukan terkumpul, setelah itu dilakukan pengolahan dan analisis data. Tahapan untuk menganalisis perhitungan ini sebagai berikut.

- a. Menghitung beban tanah.
- b. Menghitung beban struktur.
- c. Menghitung gempa.
- d. Menghitung simpangan antar lantai.
- e. Menghitung P-Delta.
- f. Menghitung kekuatan kolom menahan gaya.

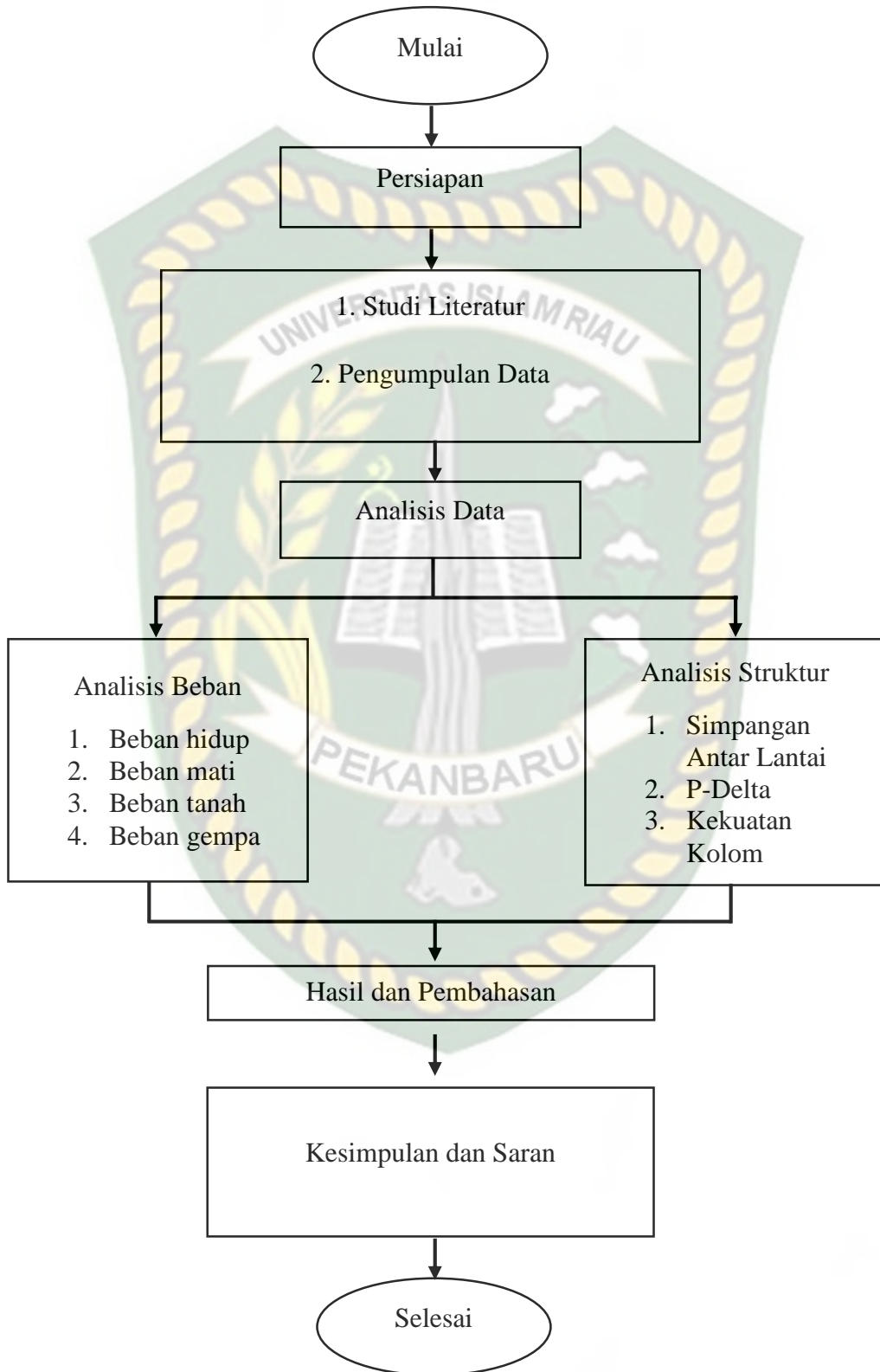
4. Hasil dan Pembahasan

Hasil yang didapat dari metode-metode perhitungan analisis data sebagai acuan penelitian untuk dibuat rangkuman dari analisa perhitungan.

5. Kesimpulan dan Saran

Tahap akhir dari analisis dan pembahasan penelitian yang dilakukan adalah membuat kesimpulan dan saran.

Diagram alir digunakan dalam penyusunan penelitian ini agar pembaca dapat dengan mudah mengetahui langkah-langkah penelitian ini. Tahapan pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Bagan Alir Penelitian (*flow chart*)



Gambar 4.1 Bagan Alir Analisis (*flow chart*)

4.3 Cara Menganalisis Data

Dalam menganalisis data untuk menfapatkan pembahasan permasalahan yang terjadi di lokasi penelitian. Tahapan dalam menganalisis data sebagai berikut:

1. Menghitung simpangan antar lantai dan P-Delta

Untuk menganalisis penulis menggunakan program bantu ETABS. Dalam menganalisis simpangan antar lantai diperlukan data *Story Displacement* dari program ETABS. Data dari *Story Displacement* memperlihatkan pergeseran tiap lantai yang di akibatkan oleh gempa dinamik. Setelah mendapatkan berapa besaran pergerakan tiap lantai, maka simpangan antar lantai dapat di hitung menggunakan persamaan 3.5 dan untuk menghitung simpangan antar lantai maksimumnya dapat menggunakan persamaan pada tabel 3.11. jika simpangan yang terjadi lebih kecil dari simpangan antar lantai maksimumnya maka struktur dapat dikatakan stabil. Untuk menghitung efek P-Delta diperlukan data simpangan antar lantai yang terjadi, berat tiap lantai (P), dan gaya geser dinamik. Gaya geser dinamik dan berat tiap lantai dapat di keluarkan datanya dari ETABS. Setelah data yang dibutuhkan didapatkan maka koefisien stabilitas (θ) dapat di hitung dengan menggunakan persamaan 3.7 dan untuk koefisien stabilitas maksimumnya (θ_{max}) dapat di hitung dengan persamaan 3.8. jika koefisien stabilitas yg terjadi (θ) lebih kecil dari koefisien stabilitas maksimumnya (θ_{max}) maka kolom struktur dapat dikatakan stabil. Dalam menganalisis simpangan antar lantai dan efek P-Delta, analisis yang di lakukan mengacu pada SNI 1726-2019 Tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung dan Non-Gedung.

2. Menghitung kekuatan kolom terhadap beban lateral

Standar yang dipakai untuk menentukan stabilitas kolom terhadap beban yang bekerja adalah apakah kolom mampu menahan gaya-gaya yang bekerja. Menghitung kekuatan kolom menahan beban yang bekerja dibantu dengan menggunakan program ETABS dan pcacol. Pada program etabs berfungsi untuk mendapatkan gaya-gaya dalam seperti P kolom, momen arah x dan momen arah Y. setelah itu data tersebut diinputkan pada program

pcacol untuk mengetahui kolom yg digunakan dapat menahan gaya yg bekerja atau tidak. Peraturan yg digunakan dalam analisis ini mengacu pada SNI 2847-2019 Tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasn, SNI 1726-2019 Tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung dan Non-Gedung dan SNI 2052-2017 Tentang Baja Tulangan Beton



BAB V
HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Simpangan Antar Lantai

Simpangan antar lantai terjadi akibat gaya gempa desain yg terjadi di setiap lantai. Simpangan antar tingkat yang ditinjau merupakan kumulatif simpangan dari lantai dibawahnya sehingga semakin tinggi struktur gedung maka akan semakin beresiko terjadinya simpangan antar lantai. Simpangan yang terjadi harus lebih kecil dari simpangan ijin, jika simpangan antar lantai yang terjadi lebih besar dari simpangan ijinnya maka struktur bangunan gedung berpotensi terjadinya guling.

Untuk itu dilakukan pengecekan simpangan antar lantai dan didapat hasil seperti pada tabel 5.1 dan 5.2 baik untuk arah X dan arah Y.

Tabel 5.1 Simpangan Antar Lantai Arah X

Lantai	hsx	h	\bar{u}_x	Δ	Δ_i	Δ_{ijin}	ket
	(m)	(m)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
Lantai 3	7.65	4.35	7.643	33.6292	23.7996	65.25	OKE
Lantai 2	3.3	3.3	2.234	9.8296	9.8296	49.5	OKE

Dari tabel 5.1 diketahui bahwa simpangan yang terjadi untuk arah X sebesar 9,8 mm untuk story 1 dan 23,8 mm untuk story 2. Dimana lebih kecil dari simpangan izinnya yaitu 49,5 mm untuk story 1 dan 65,25 mm untuk story 2. Maka dari itu gedung masih dalam kategori aman dan stabil.

Tabel 5.2 Simpangan Antar Lantai Arah Y

Lantai	hsx	h	\bar{u}_y	Δ	Δ_i	Δ_{ijin}	ket
	(m)	(m)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
Lantai 3	7.65	4.35	5.346	23.5224	16.7816	65.25	OKE
Lantai 2	3.3	3.3	1.532	6.7408	6.7408	49.5	OKE

Dari tabel 5.2 diketahui bahwa simpangan yang terjadi untuk arah Y sebesar 6,7 mm untuk story 1 dan 16,8 mm untuk story 2. Dimana lebih kecil dari simpangan izinnya yaitu 49,5 mm untuk story 1 dan 65,25 mm untuk story 2. Maka dari itu gedung masih dalam kategori aman dan stabil.

5.2 P-Delta

Efek P-Delta akan berpengaruh terhadap kestabilan dan kapasitas kolom, dikarenakan pada struktur gedung terjadinya gaya aksial kolom (P) karena berat struktur dan gaya lateral yang terjadi akibat beban tanah dan gempa. Gaya lateral mengakibatkan kolom mengalami defleksi lateral (Δ), dengan demikian gaya aksial yang bekerja bergeser terhadap titik awal dalam arah lateral. Pada kondisi ini, kolom akan mendapatkan momen lentur tambahan (momen sekunder) kondisi ini disebut efek P-Delta

Hasil dari efek P-Delta yang terjadi dapat dilihat pada tabel 5.3 untuk arah X dan tabel 5.4 untuk arah Y. Untuk menyatakan bahwa kolom stabil terhadap *P-Delta Effect* koefisien stabilitasnya (θ) harus lebih kecil dari koefisien stabilitas maksimum (θ_{max}).

Tabel 5.3 Tabel Efek P-DELTA Arah X

Lantai	hsx	Δ_i	P	Vx	θ	θ_{max}	ket
	(mm)	(mm)	(KN)	(KN)			
Lantai 3	7650	23.7996	17434.26	1321.349	0.01	0.091	stabil
Lantai 2	3300	9.8296	29249.71	1667.557	0.01	0.091	stabil

Dari tabel 5.3 didapat bahwa koefisien stabilitas (θ) untuk story 1 adalah 0,01 dan story 2 adalah 0,01. Dan koefisien stabilitas maksimumnya (θ_{max}) untuk story 1 sebesar 0,091 dan untuk story 2 sebesar 0,091. Koefisien stabilitas yang terjadi lebih kecil dari koefisien maksimumnya sehingga struktur stabil.

Tabel 5.4 Tabel Efek P-DELTA Arah Y

Lantai	hsx	Δi	P	Vy	θ	θ_{max}	ket
	(mm)	(mm)	(KN)	(KN)			
Lantai 3	4350	16.7816	17434.26	1237.509	0.01	0.091	stabil
Lantai 2	3300	6.7408	29249.71	1667.557	0.01	0.091	stabil

Dari tabel 5.4 didapat bahwa koefisien stabilitas (θ) untuk story 1 adalah 0,01 dan story 2 adalah 0,01. Dan koefisien stabilitas maksimumnya (θ_{max}) untuk story 1 sebesar 0,091 dan untuk story 2 sebesar 0,091. Koefisien stabilitas yang terjadi lebih kecil dari koefisien maksimumnya sehingga struktur stabil.

5.3 Gaya Pada Kolom

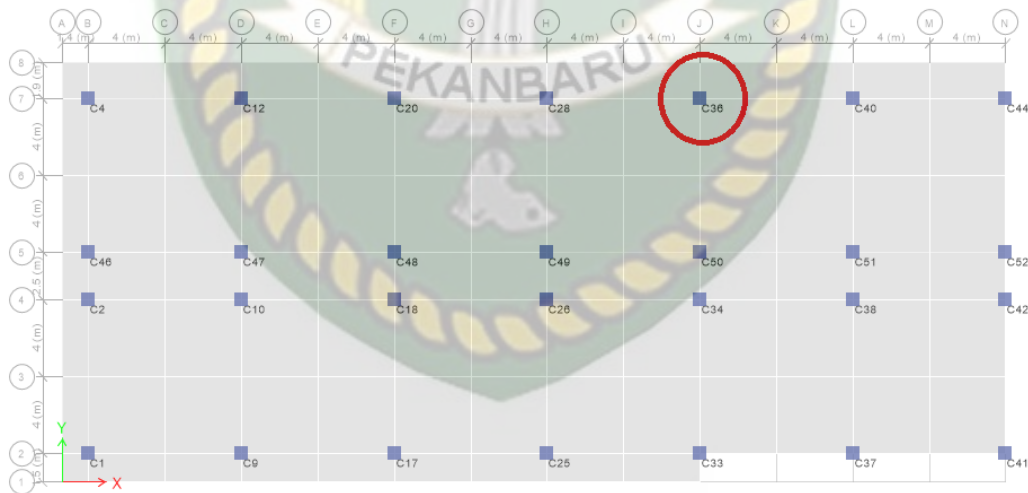
Gaya-gaya dalam pada kolom di perlukan untuk mendesain atau cek struktur kolom apakah kolom mampu untuk menahan gaya yang bekerja. Beban tanah bekerja searah dengan arah sumbu Y bangunan. Sehingga untuk melihat gaya yg bekerja untuk tanah lunak, tanah sedang, tanah keras dan tanah + gempa dapat dilihat pada tabel 5.5.

Tabel 5.5 Gaya-gaya yg bekerja pada kolom akibat pembebanan

Story	Kolom	Kombinasi	P	MY	MX
			KN	KN-m	KN-m
Tanah Lunak					
Lantai basement	C36	C2	2333	99	36
Tanah Sedang					
Lantai basement	C36	C2	2331	56	36

Story	Kolom	Kombinasi	P	MY	MX
			KN	KN-m	KN-m
Tanah Keras					
Lantai basement	C36	C2	2330	22	36
Tanah + Gempa					
Lantai basement	C36	C6-5	2503	330	135

Dapat dilihat bahwa beban yg di akibatkan oleh tanah menyebabkan momen arah Y menjadi beragam tergantung jenis tanahnya. Jika struktur hanya menahan beban tanah maka kondisi yg paling keritis adalah beban tanah lunak akan tetapi jika di tambah beban gempa maka kenaikan dari momen menjadi sangat besar. Kolom yang di tinjau dapat dilihat pada gambar 5.1.



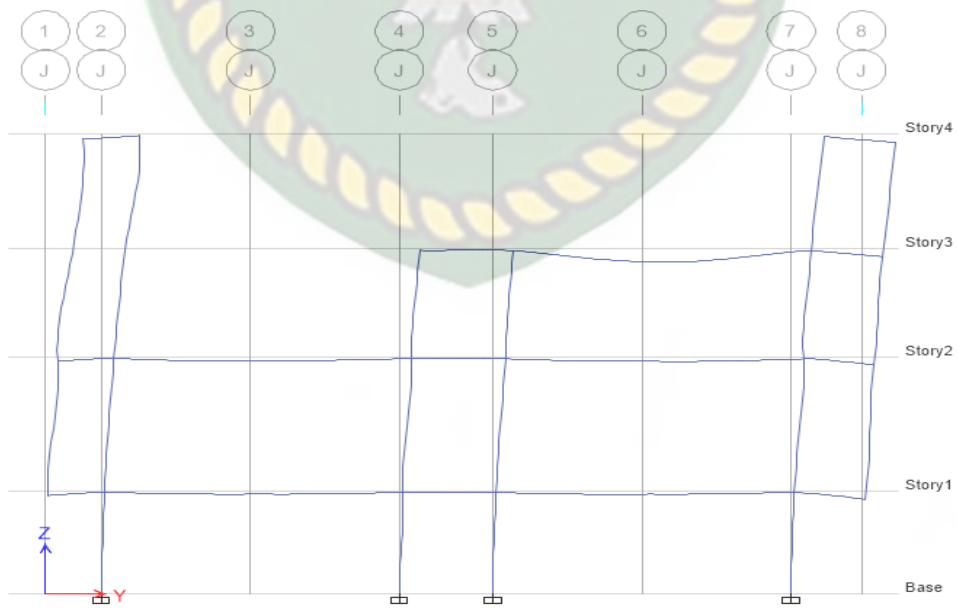
Gambar 5.1 Denah Kolom

Kolom yang di lingkari adalah kolom yang di tinjau dan untuk penginputan beban tanah nya dapat di lihat pada gambar 5.2.



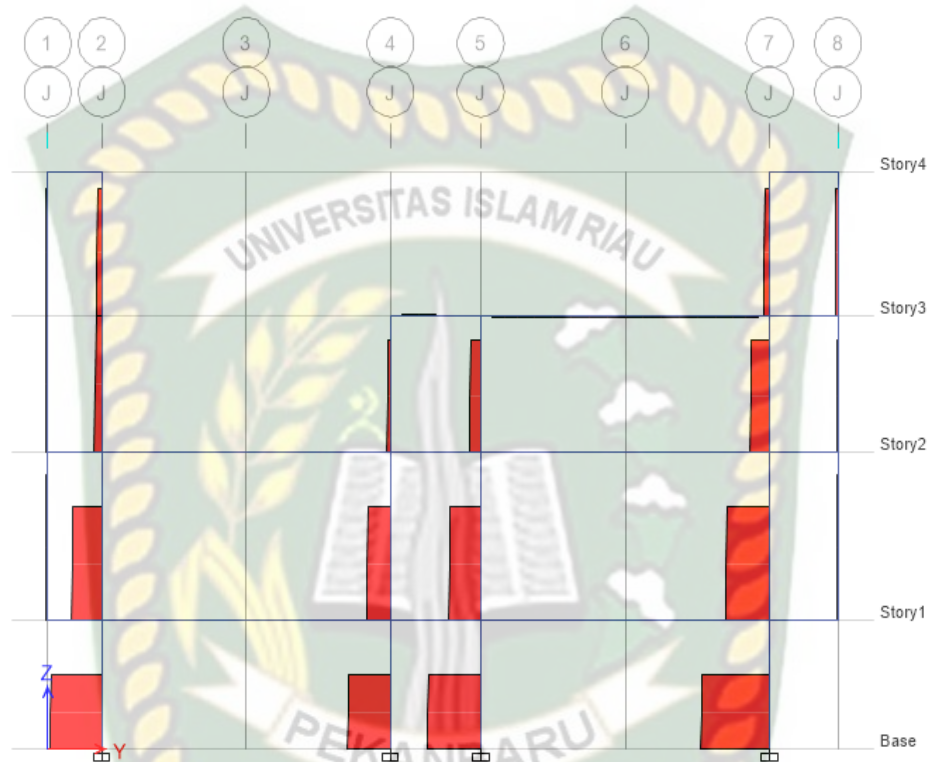
Gambar 5.2 Beban Tanah yang Bekerja

Deformasi yang terjadi akibat beban-beban yang bekerja dapat di lihat pada gambar 5.3.



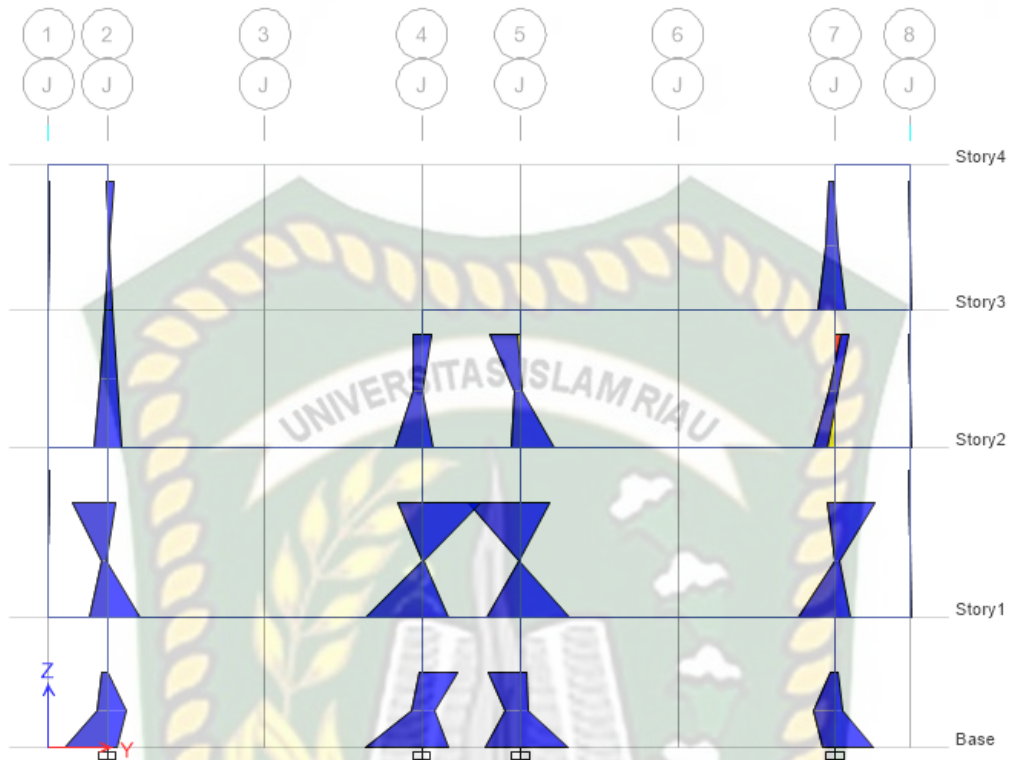
Gambar 5.3 Deformasi

Dari gambar 5.3 deformasi yang terjadi adalah akibat kombinasi beban C6-5, deformasi yg terjadi dominan terhadap arah Y. Diagram gaya akibat beban aksial dapat di lihat pada gambar 5.4.



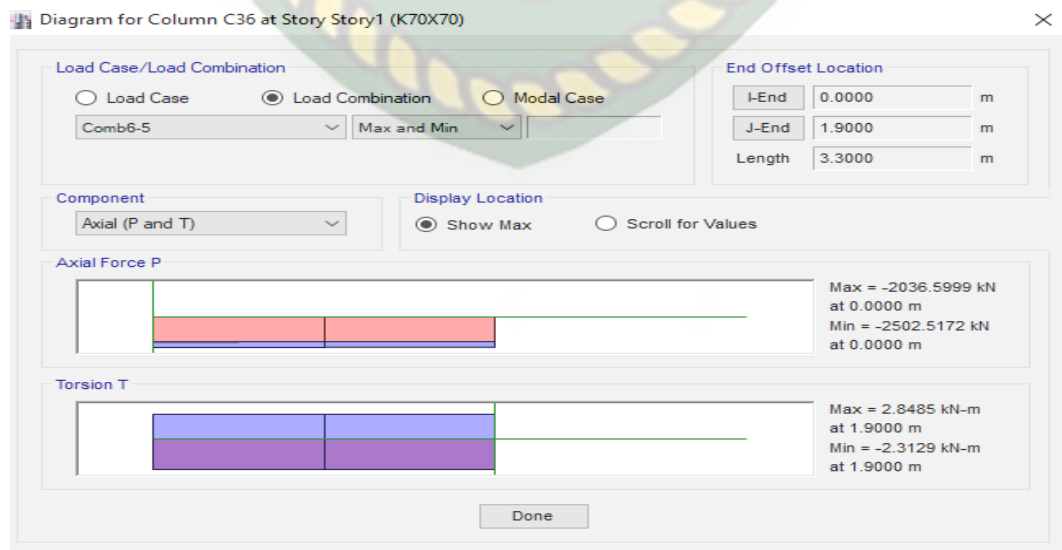
Gambar 5.4 Diagram Gaya Akibat Beban Aksial

Dari diagram gaya akibat beban aksial menunjukkan bahwa potongan yang di tinjau menerima beban yang paling besar dibandingkan kolom-kolom yang lainnya. Untuk diagram momennya dapat di lihat pada gambar 5.5.



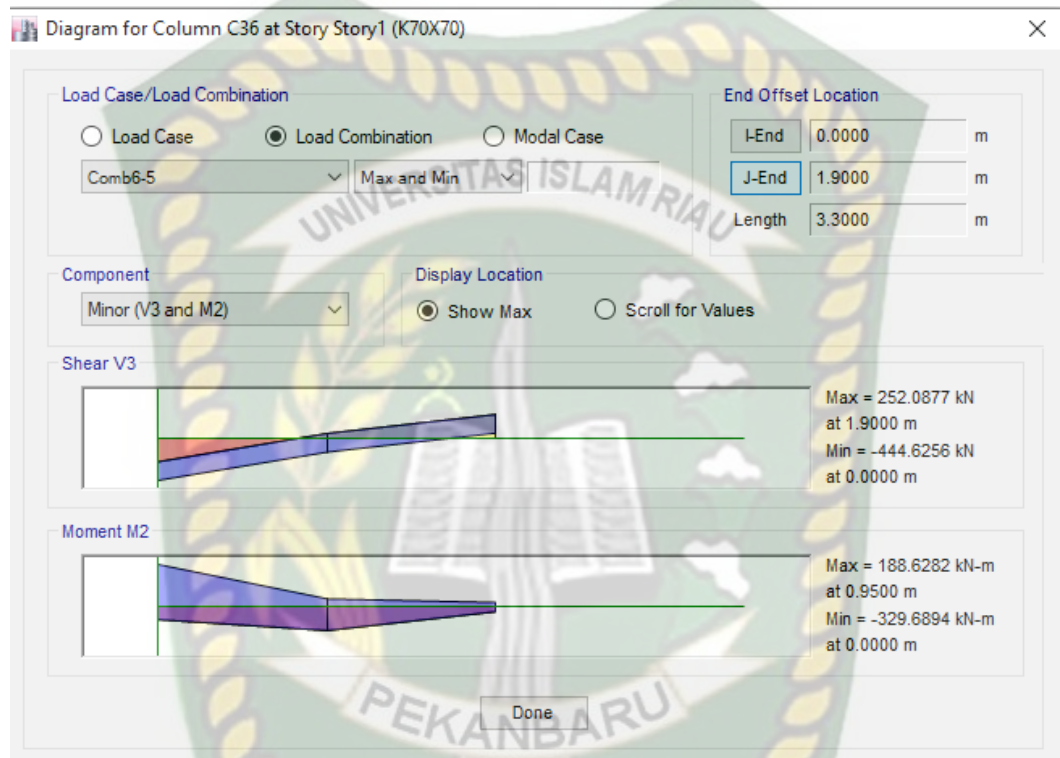
Gambar 5.5 Diagram Gaya Momen

Dari gambar 5.5 dapat dilihat kolom yang di tinjau bukan merupakan momen terbesar di antara kolom lainnya. Momen yang di akibatkan oleh beban tanah tidak terlalu signifikan terhadap struktur. Untuk detail dari diagram dan detail dari gambar 5.4 dan 5.5 dapat di lihat pada gambar 5.6 dan gambar 5.7.



Gambr 5.6 Detail Diagram Akibat Beban Aksial

Dari gambar 5.6 data yang disajikan adalah kolom C36 dan dapat di lihat besaran nilai P yang bekerja dan torsinya baik maksimum dan minimumnya berdasarkan kombinasi C6-5.



Gambr 5.7 Detail Diagram Akibat Momen

Dari gambar 5.7 data yang disajikan adalah kolom C36 dan dapat di lihat besaran nilai momen arah Y yang bekerja dan geser arah Y baik maksimum dan minimumnya berdasarkan kombinasi C6-5.

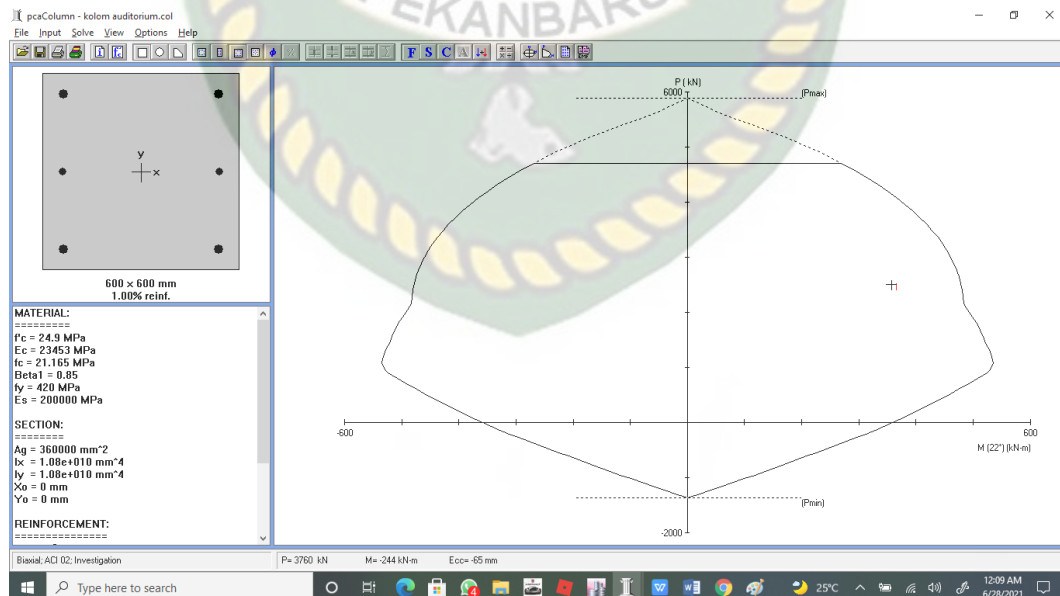
5.4 Kekuatan Kolom Menahan Beban

Pada penelitian ini kolom struktur yang digunakan untuk lantai basement adalah kolom $80 \times 80 \text{ cm}^2$ dan kolom untuk lantai di atasnya bervariasi antara $50 \times 50 \text{ cm}^2$ dan $60 \times 60 \text{ cm}^2$. Pada sub bab ini kolom lantai basement di uji dengan ketiga ukuran kolom tersebut. Hasil dari analisis ini adalah menentukan apakah kolom masih stabil setelah diberikan gaya, dan didapat dimensi kolom yang mampu untuk menahan beban yg bekerja seperti pada tabel 5.6.

Tabel 5.6 Kemampuan Kolom Dalam Menahan Beban yang Bekerja

Kolom (cm^2)	Tanah keras	Tanah sedang	Tanah lunak	Tanah + Gempa
50X50	Oke	Oke	Oke	Oke
60X60	Oke	Oke	Oke	Oke
80X80	Oke	Oke	Oke	Oke

Dari tabel 5.6 yang dimaksud oke adalah kolom mampu menahan beban yg bekerja dengan rasio tulangan antara tulangan minimum dan tulangan maksimumnya. Dan untuk yang berlebihan disini penulis mengklasifikasikannya karena kolom mampu menahan beban yang bekerja akan tetapi tulangan yang diperlukannya tidak mencapai tulangan minimum. Luas tulangan longitudinal harus sekurang-kurangnya $0,01A_g$, dan tidak boleh melebihi $0,08A_g$ [9]. Akan tetapi dengan kolom $50X50\text{ cm}^2$ struktur sudah stabil sehingga kolom $50X50\text{ cm}^2$ menjadi kolom yang paling efektif gunakan dan struktur dapat menggunakan kolom seragam untuk setiap lantainya.



Gambr 5.8 Diagram Interaktif Kolom

Dari gambar 5.8 dapat di lihat bahwa akibat beban (P , M_y , M_x) masih masuk dalam kategori aman. Jika titik tersebut keluar dari daerah yang tersedia maka kolom harus di ubah jumlah tulangan, ukuran tulangan atau ukuran penampang kolom tersebut.



BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

1. Simpangan antar lantai yang terjadi pada tiap lantai dan dan tiap sumbu (arah X dan Y) tidak ada yang melebihi simpangan antar lantai maksimumnya sehingga kondisi gedung tersebut stabil.
2. Dari hasil analisis efek p-delta pada kolom, koefisien stabilitas untuk arah X dan arah Y adalah 0,01 lebih kecil dari koefisien stabilitas maksimumnya dimana sebesar 0,91. Dengan demikian kolom struktur stabil.
3. Kolom lantai basement sudah mampu menahan gaya-gaya yang bekerja dimana luas tulangan yang digunakan masih dalam kisaran 1%-8% luas penampang sehingga kolom dapat dikatakan stabil.

6.2 Saran

Saran yang dapat diberikan dari hasil penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Jika dilakukan penelitian yang sama penelitian ini penulis hanya menganalisis dengan menggunakan gempa di Pekanbaru ada baiknya untuk di analisis di zona gempa yg lebih kuat atau penambahan lantai untuk melihat kekuatan struktur.
2. Di penelitian ini penulis hanya menggunakan beban-beban maksimum untuk menganalisis ada baiknya untuk cek probabilitas untuk melihat kekuatan struktur yang lebih detail. Baik dalam hal keandalan maupun kegagalan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Kurnia, S. H. Dewi, and M. Kurniawan, "Pengaruh Posisi Dinding Geser Terhadap Kinerja Struktur Pada Gedung Tidak Beraturan Dengan Menggunakan Metode Response Spectrum," *J. Saintis*, vol. 18, no. 1, pp. 15–24, 2018, doi: 10.25299/saintis.2018.vol18(1).2809.
- [2] SNI 2052, "Baja tulangan beton," *Badan Standarisasi Nas.*, p. 15, 2017.
- [3] H. A. Syarif *et al.*, "PENGARUH P-DELTA PADA STRUKTUR SISTEM FLAT SLAB-DROP," 2020.
- [4] "ANALISIS PENGARUH P-DELTA EFFECT TERHADAP PERBEDAAN KETINGGIAN STRUKTUR GEDUNG TAHAN GEMPA (STUDI KASUS : NON-HIGHRISE BUILDING) Dosen / Jurusan Teknik Sipil , Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan / Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya Mahasiswa / Jur." 2020.
- [5] D. Ristanto, E., "Analisis Joint Balok Kolom dengan Metode SNI-287-2013 dan ACI-352R-2002 Pada Hotel Serela Lampung," *Jrsdd*, vol. 3, no. 3, pp. 521–540, 2015.
- [6] SNI - 1727, "Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain," *Bandung Badan Stand. Indones.*, p. 196, 2013, [Online]. Available: www.bsn.go.id.
- [7] F. J. Liando, S. O. Dapas, and S. E. Wallah, "Perencanaan Struktur Beton Bertulang Gedung Kuliah 5 Lantai," *J. Sipil Statik*, vol. 8, no. 4, pp. 471–482, 2020, [Online]. Available: <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jss/article/view/29894>.
- [8] Badan Standardisasi Nasional, "Sni 1726-2019," *Tata Cara Perenc. Ketahanan Gempa Untuk Strukt. Bangunan Gedung dan Non Gedung*, no. 8, p. 254, 2019.
- [9] SNI 2847-2019, "Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung Dan Penjelasan Sebagai Revisi Dari Standar Nasional Indonesia. SNI 03-2847:2019," *Sni 28472019*, no. 8, pp. 1–695, 2019.