

TUGAS AKHIR

**PERBANDINGAN NILAI TEGANGAN DAN DEFORMASI
ANTARA PENAMPANG KOLOM PERSEGI, PERSEGI
PANJANG, DAN LINGKARAN AKIBAT KOMBINASI BEBAN
AKSIAL DAN BEBAN LATERAL**

**Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan dalam Menyelesaikan
Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung**



Disusun Oleh :

Aurielia Shaiva Devany

NIM : 30202100045

Indah Rahmawati

NIM : 30202100102

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG**

2025

TUGAS AKHIR

**PERBANDINGAN NILAI TEGANGAN DAN DEFORMASI
ANTARA PENAMPANG KOLOM PERSEGI, PERSEGI
PANJANG, DAN LINGKARAN AKIBAT KOMBINASI BEBAN
AKSIAL DAN BEBAN LATERAL**

**Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan dalam Menyelesaikan
Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung**



Disusun Oleh :

Aurielia Shaiva Devany

NIM : 30202100045

Indah Rahmawati

NIM : 30202100102

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG**

2025

LEMBAR PENGESAHAN

PERBANDINGAN NILAI TEGANGAN DAN DEFORMASI ANTARA
KOLOM PENAMPANG PERSEGI, LINGKARAN DAN PERSEGI PANJANG
AKIBAT KOMBINASI BEBAN AKSIAL DAN BEBAN LATERAL



Aurielia Shaiva Devany
NIM : 30202100045



Indah Rahmawati
NIM : 30202100102

Telah disetujui dan disahkan di Semarang, Januari 2025

Tim Penguji

1. **Muhammad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.**
NIDN: 0625059102
2. **Prof. Dr. Ir. Antonius., MT**
NIDN: 0605046703

Tanda Tangan

Two handwritten signatures in blue ink, one above the other, corresponding to the names in the list of examiners.

Ketua Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas Islam Sultan Agung

A handwritten signature in blue ink, corresponding to the name of the program coordinator.

Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.
NIDN: 0625059102

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR

No: 16 / A.2 / SA – T / 1 / 2025

Pada hari ini tanggal 08-01-2025 berdasarkan surat keputusan Dekan Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung perihal penunjukan Dosen Pembimbing Utama :

Nama : Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng
Jabatan Akademik : Lektor
Jabatan : Dosen Pembimbing Utama

Dengan ini menyatakan bahwa mahasiswa yang tersebut di bawah ini telah menyelesaikan bimbingan Tugas Akhir :

Aurielia Shaiva Devany
NIM : 30202100045

Indah Rahmawati
NIM : 30202100102

Judul : Perbandingan Nilai Tegangan dan Deformasi Antara Kolom Penampang Persegi, Persegi Panjang, dan Lingkaran Akibat Kombinasi Beban Aksial dan Beban Lateral

Dengan tahapan sebagai berikut :

No	Tahapan	Tanggal	Keterangan
1	Penunjukan dosen pembimbing	09/10/2024	
2	Seminar Proposal	19/11/2024	ACC
3	Pengumpulan data	09/12/2024	
4	Analisis data	17/12/2024	
5	Penyusunan laporan	19/12/2024	
6	Selesai laporan	08/01/2025	ACC

Demikian Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir / Skripsi ini dibuat untuk diketahui dan dipergunakan seperlunya oleh pihak-pihak yang berkepentingan.

Mengetahui :

Ketua Program Studi Teknik Sipil

Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.

Dosen Pembimbing

Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

NAMA : Aurielia Shaiva Devany (30202100045)
: Indah Rahmawati (30202100102)
JURUSAN : Teknik Sipil

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul :
Perbandingan Nilai Tegangan Dan Deformasi Antara Kolom Penampang Persegi,
Persegi Panjang, Dan Lingkaran Akibat Kombinasi Beban Aksial Dan Beban
Lateral

Demikian surat pernyataan ini saya buat untuk dipergunakan sebagaimana
mestinya.

Semarang, 22 Januari 2025
Yang membuat pernyataan,



Aurielia Shaiva Devany
NIM : 30202100045

Indah Rahmawati
NIM : 30202100102

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

NAMA : Aurielia Shaiva Devany (30202100045)
: Indah Rahmawati (30202100102)
JUDUL TUGAS AKHIR : Perbandingan Nilai Tegangan Dan Deformasi
Antara Kolom Penampang Persegi, Persegi Panjang, Dan Lingkaran Akibat
Kombinasi Beban Aksial Dan Beban Lateral

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir ini merupakan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli saya sendiri. Saya tidak mencantumkan tanpa pengakuan bahan - bahan yang telah dipublikasikan sebelumnya atau ditulis oleh orang lain, atau sebagai bahan yang pernah diajukan untuk gelar atau ijazah pada Universitas Islam Sultan Agung Semarang atau perguruan tinggi lainnya.

Apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Demikian pernyataan ini saya buat.

Semarang, 22 Januari 2025
Yang membuat pernyataan,


Aurielia Shaiva Devany
NIM : 30202100045


Indah Rahmawati
NIM : 30202100102



MOTTO

“Boleh jadi kamu membenci sesuatu, padahal ia amat baik bagimu, dan boleh jadi (pula) kamu menyukai sesuatu, padahal ia amat buruk bagimu. Allah mengetahui, sedang kamu tidak mengetahui.”

(Q.S. Al-Baqarah : 216)

“Dialah yang menjadikan bumi untuk kamu yang mudah dijelajahi, maka jelajahilah di segala penjurunya dan makanlah sebagian dari rezeki-Nya. Dan hanya kepada-Nyalah kamu (kembali setelah) dibangkitkan.”

(Q.S. Al-Mulk : 15)

“Jika kamu tidak menolongnya (Muhammad), sesungguhnya Allah telah menolongnya (yaitu) ketika orang-orang kafir mengusirnya (dari Mekkah); sedang dia salah seorang dari dua orang ketika keduanya berada dalam gua, ketika itu dia berkata kepada sahabatnya, "Janganlah engkau bersedih, sesungguhnya Allah bersama kita." Maka Allah menurunkan ketenangan kepadanya (Muhammad) dan membantu dengan bala tentara (malaikat-malaikat) yang tidak terlihat olehmu, dan Dia menjadikan seruan orang-orang kafir itu rendah. Dan firman Allah itulah yang tinggi. Allah Mahaperkasa, Mahabijaksana.”

Q.S. At-Tawbah : 40

“Jangan takut jatuh, karena yang tidak pernah memanjat lah yang tidak pernah jatuh. Yang takut gagal, karena yang tidak pernah gagal hanyalah orang-orang yang tidak pernah melangkah. Jangan takut salah, karena dengan kesalahan yang pertama kita dapat menambah pengetahuan untuk mencari jalan yang benar pada langkah yang kedua.”

(Abdul Malik Karim Amrullah)

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, Puji Syukur ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis bisa menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini. Laporan Tugas Akhir ini penulis persembahkan untuk :

1. Allah SWT, Sang Maha Ilmu, tujuan pertama dan utama, yang telah memberi begitu banyak kenikmatan dalam hidup.
2. Rasulullah Muhammad SAW, Sang pemimpin sekaligus teladan terhebat yang pernah lahir di dunia ini.
3. Kepada Ibu saya tercinta, terimakasih sudah berjuang sejauh ini dan orang yang selalu senantiasa memberikan doa, dukungan, dan menemani dalam suka maupun duka serta selalu mengusahakan apa yang saya perlukan sehingga laporan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan. Dan kepada Ayah saya tercinta, terimakasih untuk pelajaran hidup yang telah diberikan sehingga menjadikan saya wanita yang kuat.
4. Bapak Muhammad Rusli Ahyar, ST., M.Eng yang telah berkenan membimbing saya dari awal hingga akhir laporan ini dibuat. Sangat bersyukur mempunyai pembimbing yang selalu memberikan dukungan supaya segera bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini dan memberikan solusi yang terbaik.
5. Sahabat sekaligus partner saya Indah Rahmawati, terimakasih sudah menjadi sahabat yang selalu memberi dukungan secara moril, dan selalu menemani serta membantu dalam suka maupun duka sehingga laporan Tugas Akhir ini bisa terselesaikan.
6. Teman-teman angkatan 2021 yang sudah banyak membantu dan menyemangati selama proses penyusunan Tugas Akhir.

Semarang, 22 Januari 2025

Aurielia Shaiva Devany
30202100045

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, Puji Syukur ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis bisa menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini. Laporan Tugas Akhir ini penulis persembahkan untuk :

1. Allah SWT, Sang Maha Ilmu, tujuan pertama dan utama, yang telah memberi begitu banyak kenikmatan dalam hidup.
2. Rasulullah Muhammad SAW, Sang pemimpin sekaligus teladan terhebat yang pernah lahir di dunia ini.
3. Kedua orang tua saya tercinta, Ayah dan Bunda yang selalu senantiasa memberikan dukungan, do'a, motivasi, dan support secara moral maupun secara materiil sehingga laporan Tugas Akhir ini selesai. Serta kakak dan adik yang selalu mendukung dalam suka maupun duka.
4. Bapak Muhammad Rusli Ahyar, ST., M.Eng yang telah berkenan membimbing saya dari awal hingga akhir laporan ini dibuat. Sangat bersyukur mempunyai pembimbing yang selalu memberikan dukungan supaya segera bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini dan memberikan solusi yang terbaik.
5. Sahabat sekaligus partner Tugas Akhir Aurielia Shaiva Devany yang selalu memberi dukungan secara moral sehingga laporan Tugas Akhir ini bisa terselesaikan.
6. Teman-teman angkatan 2021 yang sudah banyak membantu dan menyemangati selama proses penyusunan Tugas Akhir.

Semarang, 22 Januari 2025

Indah Rahmawati
30202100102

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb

Alhamdulillah Puji dan Syukur kami panjatkan ke-hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Perbandingan Nilai Tegangan Dan Deformasi Antara Kolom Penampang Persegi, Persegi Panjang, Dan Lingkaran Akibat Kombinasi Beban Aksial Dan Beban Lateral” guna memenuhi salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung.

Penulis menyadari kelemahan serta keterbatasan yang ada sehingga dalam menyelesaikan skripsi ini memperoleh bantuan dari berbagai pihak, dalam kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Abdul Rochim, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung.
2. Bapak Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil UNISSULA yang telah memberikan kelancaran pelayanan dalam urusan Akademik.
3. Bapak Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng selaku Dosen Pembimbing Utama yang selalu memberikan waktu bimbingan dan arahan selama penyusunan skripsi ini.
4. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Sipil UNISSULA yang telah memberikan ilmunya kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan baik isi maupun susunannya. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat tidak hanya bagi penulis juga bagi para pembaca.

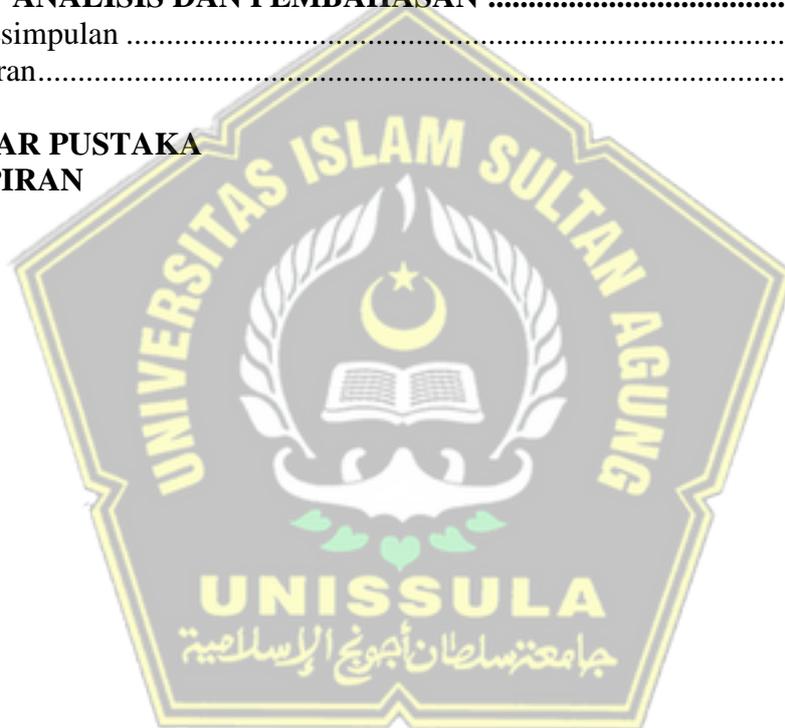
Semarang, 22 Januari 2025

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
BERITA ACARA	iv
BEBAS PLAGIASI	v
PERNYATAAN KEASLIAN.....	vi
MOTTO	vii
PERSEMBAHAN.....	viii
KATA PENGANTAR.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR NOTASI.....	xvi
ABSTRAK	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Maksud dan Tujuan	2
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1. Teori Dasar Struktur Kolom	4
2.1.1. Pengertian Kolom	5
2.1.2. Jenis-jenis Kolom.....	6
2.1.3. Karakteristik Mekanik Kolom	7
2.2. Beban Aksial dan Lateral	7
2.2.1. Definisi Beban Aksial	8
2.2.2. Definisi Beban Lateral	8
2.2.3. Kombinasi Beban dalam Struktur	9
2.3. Analisis Struktur Menggunakan Metode Elemen Hingga	10
2.3.1. Pengenalan Analisis Elemen Hingga	10
2.3.2. Metode Numerik dalam Analisis Struktural	11
2.3.3. Keunggulan Metode Elemen Hingga dalam Analisis Kolom.....	12
2.4. Desain Kolom Penampang	14
2.5. Peninjauan Penelitian Terdahulu.....	15
BAB III METODE PENULISAN.....	24
3.1. Desain Penelitian.....	24
3.1.1. Deskripsi Penampang Kolom Lingkaran	24
3.1.2. Deskripsi Penampang Kolom Persegi.....	24
3.1.3. Deskripsi Penampang Kolom Persegi Panjang.....	25
3.1.4. Spesifikasi Dimensi dan Material	25
3.2. Penentuan Kombinasi Beban	26
3.2.1. Beban Aksial dan Lateral.....	26
3.3. Penggunaan Metode Elemen Hingga	28

3.3.1. Pembuatan Model Kolom	29
3.3.2. Penentuan <i>Boundary Conditions</i>	37
3.3.3. Pengaturan Analisis	39
3.4. Diagram Alir Penulisan	39
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	41
4.1. Deskripsi Model dan Kondisi Uji	41
4.1.1. Grafik Hubungan Interaksi Kolom	41
4.1.2. Penentuan Kombinasi Beban Aksial dan Lateral.....	43
4.2. Hasil Analisis	45
4.2.1. Model Kontur Deformasi Pada Kolom	46
4.2.2. Modul Kontur Tegangan Pada Kolom.....	50
4.3. Perbandingan Hasil Analisis	55
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN	56
5.1. Kesimpulan	56
5.2. Saran.....	56
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	



DAFTAR TABEL

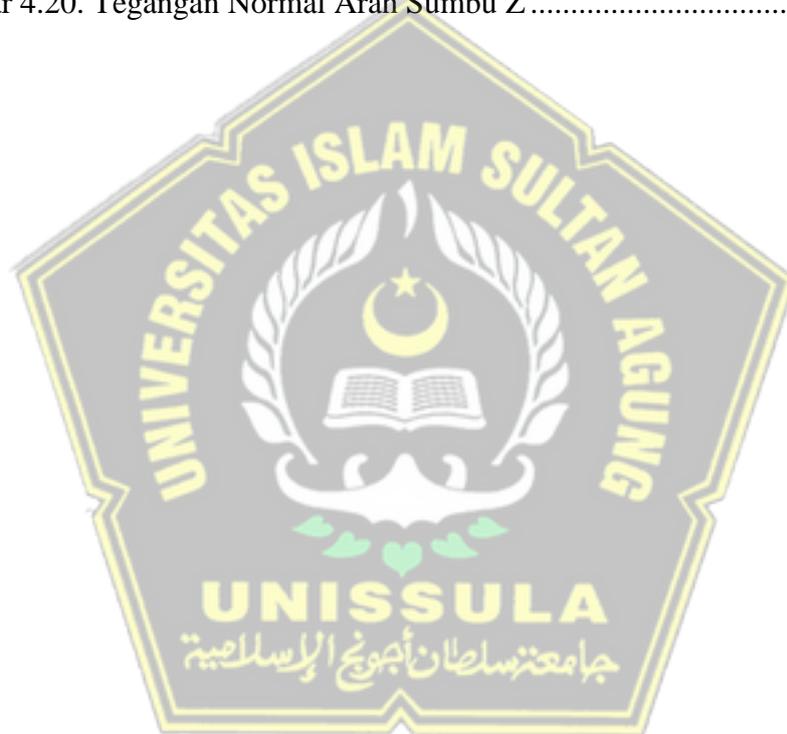
Tabel 2.1. Pengaruh Jumlah Tulangan Terhadap Gaya Aksial Kolom Persegi..	17
Tabel 2.2. Pengaruh Jumlah Tulangan Terhadap Gaya Aksial Kolom Bulat	17
Tabel 2.3. Hasil Perhitungan P,V2,V3,T,M2 dan M3 dari SAP 2000	23
Tabel 4.1. <i>Output</i> Nilai Deformasi.....	45
Tabel 4.2. <i>Output</i> Nilai Tegangan Normal	46
Tabel 4.3. Hasil <i>Output</i> dari Beban Kombinasi	55
Tabel 4.4. Momen Inersia Kolom	55



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Diagram Interaksi Kolom.....	15
Gambar 2.2. Pengaruh Jumlah Tulangan Terhadap Gaya Aksial Kolom Persegi	17
Gambar 2.3. Pengaruh Jumlah Tulangan Terhadap Gaya Aksial Kolom Bulat .	18
Gambar 2.4. Kontur Tegangan <i>Misses</i> Kolom A	19
Gambar 2.5. Kontur Tegangan <i>Misses</i> Kolom B	19
Gambar 2.6. Kontur Tegangan <i>Misses</i> Kolom C	20
Gambar 2.7. Kontur Tegangan <i>Misses</i> Kolom D.....	20
Gambar 2.8. Kontur Tegangan <i>Misses</i> Kolom E	20
Gambar 2.9. Diagram Tegangan-Regangan (<i>Stress-Strain</i>)	21
Gambar 3.1. Desain Kolom Penampang Lingkaran.....	24
Gambar 3.2. Desain Kolom Penampang Persegi	25
Gambar 3.3. Desain Kolom Penampang Persegi Panjang	25
Gambar 3.4. Peletakan Kombinasi Beban.....	26
Gambar 3.5. Pengaturan Beban Kombinasi Penampang Lingkaran	27
Gambar 3.6. Pengaturan Beban Kombinasi Penampang Persegi.....	28
Gambar 3.7. Pengaturan Beban Kombinasi Penampang Persegi Panjang.....	28
Gambar 3.8. <i>Part</i>	29
Gambar 3.9. Penentuan Panjang Kolom	29
Gambar 3.10. Input <i>Concrete Section</i>	30
Gambar 3.11. Input <i>Long Steel Section</i>	30
Gambar 3.12. Input <i>Section</i>	30
Gambar 3.13. Aplikasikan <i>concrete Section</i>	31
Gambar 3.14. Aplikasikan <i>long steel Section</i>	31
Gambar 3.15. Aplikasikan sengkang <i>Section</i>	31
Gambar 3.16. Input Tulangan Sengkang.....	32
Gambar 3.17. Model Tulangan Sengkang Dalam Kolom.....	32
Gambar 3.18. Pengaturan Ketebalan Selimut Beton.....	33
Gambar 3.19. <i>Create Step</i>	33
Gambar 3.20. <i>Field Output Manager</i>	34
Gambar 3.21. <i>Interaction</i>	34
Gambar 3.22. Pengaturan <i>Property</i> Masa Jenis Material Beton	35
Gambar 3.23. Pengaturan <i>Property</i> Elastisitas Material Beton	35
Gambar 3.24. Pengaturan <i>Property</i> Masa Jenis Material Baja	36
Gambar 3.25. Pengaturan <i>Property</i> Elastisitas Material Baja.....	36
Gambar 3.26. Pengaturan <i>Property</i> Plastisitas Material Baja.....	37
Gambar 3.27. <i>Boundary Conditions</i>	38
Gambar 3.28. Pengaturan Titik Pembebanan.....	38
Gambar 3.29. Input Beban Aksial dan Lateral.....	38
Gambar 3.30. Pengaturan <i>Mesh</i> Pada Kolom	39
Gambar 3.31. Diagram Alir Penulisan	40
Gambar 4.1. Diagram Interaksi Kolom Lingkaran	42
Gambar 4.2. Diagram Interaksi Kolom Persegi	42
Gambar 4.3. Diagram Interaksi Kolom Persegi Panjang	43
Gambar 4.4. Penentuan Kombinasi Beban Aksial dan Lateral.....	44
Gambar 4.5. Input Beban Kombinasi.....	45

Gambar 4.6. Deformasi Arah Sumbu Y.....	47
Gambar 4.7. Deformasi Arah Sumbu Z.....	47
Gambar 4.8. Deformasi Arah Sumbu Y.....	48
Gambar 4.9. Deformasi Arah Sumbu Z.....	48
Gambar 4.10. Deformasi Arah Sumbu Y.....	49
Gambar 4.11. Deformasi Arah Sumbu Z.....	50
Gambar 4.12. Tegangan Normal Arah Sumbu X.....	51
Gambar 4.13. Tegangan Normal Arah Sumbu Y.....	51
Gambar 4.14. Tegangan Normal Arah Sumbu Z.....	52
Gambar 4.15. Tegangan Normal Arah Sumbu X.....	52
Gambar 4.16. Tegangan Normal Arah Sumbu Y.....	53
Gambar 4.17. Tegangan Normal Arah Sumbu Z.....	53
Gambar 4.18. Tegangan Normal Arah Sumbu X.....	54
Gambar 4.19. Tegangan Normal Arah Sumbu Y.....	54
Gambar 4.20. Tegangan Normal Arah Sumbu Z.....	54



DAFTAR NOTASI

- P_u = Beban Aksial Ter-faktor (kN)
 ϕ = Faktor Reduksi Kolom
 A_{gr} = Luas Penampang Bruto Kolom (mm²)
 A = Luas Penampang Kolom (mm²)
 f'_c = Mutu Beton (MPa)
 e_t = Eksentrisitas
 U_2 = Deformasi Arah Sumbu Y
 U_3 = Deformasi Arah Sumbu Z
 S_{11} = Tegangan Arah Sumbu X
 S_{22} = Tegangan Arah Sumbu Y
 S_{33} = Tegangan Arah Sumbu Z



PERBANDINGAN NILAI TEGANGAN DAN DEFORMASI ANTARA KOLOM PENAMPANG PERSEGI, LINGKARAN, DAN PERSEGI PANJANG AKIBAT KOMBINASI BEBAN

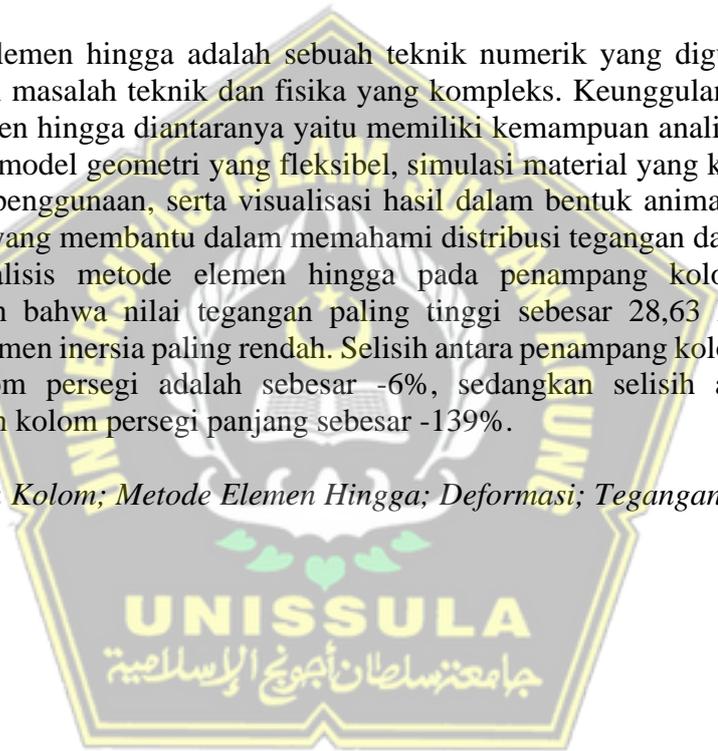
Abstrak

Pada masa perkembangan negara yang begitu pesat, beton banyak digunakan untuk merencanakan bangunan sederhana sampai bangunan modern. Perancangan struktur merupakan faktor penting dalam menjamin kekuatan dan keamanan bangunan. Kolom merupakan salah satu struktur yang mempunyai peranan penting pada suatu bangunan, sehingga keruntuhan pada kolom merupakan tempat yang sangat penting yang dapat menyebabkan terjadinya longsor lantai dan runtuhnya seluruh bangunan konstruksi. Material yang digunakan untuk membuat kolom sangat bervariasi sesuai dengan jenis konstruksi yang di rencanakan dan kebutuhan struktural.

Metode elemen hingga adalah sebuah teknik numerik yang digunakan untuk memecahkan masalah teknik dan fisika yang kompleks. Keunggulan penggunaan metode elemen hingga diantaranya yaitu memiliki kemampuan analisis yang luas, kemampuan model geometri yang fleksibel, simulasi material yang kompleks, dan kemudahan penggunaan, serta visualisasi hasil dalam bentuk animasi atau grafik 2D dan 3D, yang membantu dalam memahami distribusi tegangan dan deformasi.

Hasil analisis metode elemen hingga pada penampang kolom lingkaran menunjukkan bahwa nilai tegangan paling tinggi sebesar 28,63 MPa, dengan kapasitas momen inersia paling rendah. Selisih antara penampang kolom Lingkaran dengan kolom persegi adalah sebesar -6%, sedangkan selisih antara kolom lingkaran dan kolom persegi panjang sebesar -139%.

Kata Kunci: *Kolom; Metode Elemen Hingga; Deformasi; Tegangan*



COMPARISON OF STRESS AND DEFORMATION VALUES BETWEEN SQUARE, CIRCULAR, AND RECTANGULAR CROSS-SECTIONAL COLUMNS DUE TO A COMBINATION OF LOADS

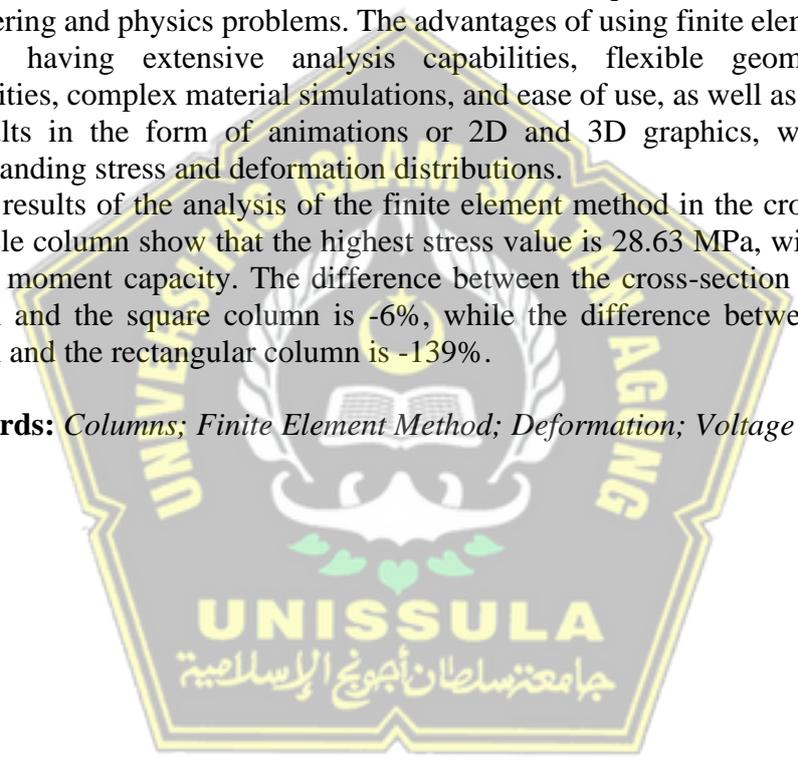
Abstract

During the country's rapid development, concrete was widely used to plan simple buildings to modern buildings. Structural design is an important factor in ensuring the strength and safety of buildings. Columns are one of the structures that have an important role in a building, so the collapse of columns is a very important place that can cause floor landslides and the collapse of entire construction buildings. The materials used to make the columns vary greatly according to the type of construction planned and structural needs.

The finite element method is a numerical technique used to solve complex engineering and physics problems. The advantages of using finite element methods include having extensive analysis capabilities, flexible geometric model capabilities, complex material simulations, and ease of use, as well as visualization of results in the form of animations or 2D and 3D graphics, which help in understanding stress and deformation distributions.

The results of the analysis of the finite element method in the cross-section of the circle column show that the highest stress value is 28.63 MPa, with the lowest inertial moment capacity. The difference between the cross-section of the Circle column and the square column is -6%, while the difference between the circle column and the rectangular column is -139%.

Keywords: *Columns; Finite Element Method; Deformation; Voltage*



BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pada masa perkembangan negara saat ini yang begitu pesat, beton banyak digunakan untuk merencanakan bangunan sederhana sampai bangunan modern. Perancangan struktur merupakan faktor penting dalam menjamin kekuatan dan keamanan bangunan, karena bentuk bangunan tergantung pada kekuatan bangunan itu sendiri, terutama pada bangunan dengan banyak lantai yang sangat mempengaruhi desain. Selain itu, dalam perancangan struktur juga harus diperhatikan nilai ekonomisnya. Proses desain bangunan yang penting yaitu menentukan penampang balok, kolom, dan elemen struktur lainnya.

Menurut Sudarmoko (1996), kolom merupakan salah satu struktur yang mempunyai peranan penting pada suatu bangunan, sehingga keruntuhan pada kolom merupakan tempat yang sangat penting yang dapat menyebabkan terjadinya longsor lantai dan runtuhnya seluruh bangunan konstruksi. Di dalam sebuah konstruksi bangunan, kolom berperan sebagai penopang untuk memindahkan beban dari balok dan pelat menuju ke pondasi. Tegangan-tegangan yang timbul dari balok dan pelat tersebut berupa beban aksial tekan dan momen lentur (akibat konstruksi menerus). Oleh karena itu, kolom dapat didefinisikan sebagai suatu struktur yang memikul beban aksial tanpa momen lentur.

Material yang digunakan untuk membuat kolom sangat bervariasi sesuai dengan jenis konstruksi yang di rencanakan dan kebutuhan struktural. Struktur kolom biasanya terbuat dari baja dan beton. Dari ke dua bahan ini memiliki sifat yang sangat baik, dengan baja yang memiliki bobot paling besar. Saat ini beton merupakan material yang tahan terhadap tekanan. Perpaduan kedua material tersebut pada suatu struktur beton membuat kolom dan komponen struktur lainnya seperti balok dan beton dapat menahan gaya tekan dan gaya tarik pada bangunan.

Menurut bentuk dan susunan tulangnya, tiang kolom dibedakan menjadi 3 jenis, yaitu kolom persegi, kolom lingkaran, dan kolom persegi panjang. Terdapat perbedaan mendasar dari desain kolom persegi, kolom lingkaran, dan kolom persegi panjang, dimana kolom lingkaran lebih efisien dibandingkan dengan kolom

persegi dalam hal peningkatan kekuatan tiang (Jack C McCormac, 2003). Selain itu, kolom lingkaran dengan penampang spiral mempunyai penampang yang paling dekat dengan kolom persegi yang berbentuk pengaduk tunggal dengan jarak antar keduanya yang relatif jauh, sehingga keberadaan spiral ini mempengaruhi baik beban akhir maupun kegagalan pada kolom yang sama tetapi dengan pengaduk (George Winter dan Arthur H Nielson, 1993).

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui dan memahami perhitungan struktur beton melalui analisis keruntuhan kolom dan diagram interaksi kolom, serta dapat menganalisis perbandingan tiga kolom yaitu kolom persegi, kolom lingkaran, dan kolom persegi panjang, layak untuk mengambil torsi pengenal optimal.

1.2. Rumusan Masalah

Dalam penyusunan penelitian ini ada beberapa unsur untuk membatasi permasalahan penelitian ini agar terfokus dan tidak meluas, batasan masalah penelitian ini adalah :

1. Bagaimana hasil perbandingan nilai deformasi yang terjadi pada kolom penampang lingkaran, kolom penampang persegi, dan kolom penampang persegi panjang akibat kombinasi beban aksial dan beban lateral menggunakan metode elemen hingga?
2. Bagaimana hasil perbandingan nilai tegangan pada kolom penampang lingkaran, kolom penampang persegi, dan kolom penampang persegi panjang akibat kombinasi beban aksial dan beban lateral menggunakan metode elemen hingga?

1.3. Maksud dan Tujuan

Dari adanya rumusan masalah diatas, maka dari itu kita mendapatkan beberapa tujuan dari penelitian ini, tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Membandingkan nilai deformasi pada kolom penampang lingkaran, kolom penampang persegi, dan kolom penampang persegi panjang yang diberikan kombinasi beban aksial dan beban lateral dengan luasan penampang yang berbeda.

2. Mengetahui hasil perbandingan nilai tegangan pada kolom penampang lingkaran, kolom penampang persegi, dan kolom penampang persegi panjang yang diberikan kombinasi beban aksial dan beban lateral.

1.4. Batasan Masalah

Dari adanya rumusan masalah diatas, maka dari itu kita mendapatkan beberapa batasan-batasan permasalahan agar penulisan ini dapat terfokus dan tidak melebar kemana-mana, di antaranya :

1. Mengetahui hasil perbandingan nilai deformasi dari kolom penampang lingkaran, kolom penampang persegi, dan kolom penampang persegi panjang.
2. Untuk mengetahui perbedaan nilai tegangan dari kolom penampang lingkaran, kolom penampang persegi, dan kolom penampang persegi panjang.

1.5. Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini akan menguraikan tentang latar belakang, rumusan masalah, maksud dan tujuan, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini akan menguraikan tentang teori dasar struktur kolom, beban aksial dan lateral, analisis menggunakan metode elemen hingga, dan metodologi analisis struktural.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini akan menguraikan tentang desain penelitian, penggunaan metode elemen hingga, prosedur analisis, dan metode analisis data.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini akan menguraikan tentang hasil analisis kolom penampang lingkaran, kolom penampang persegi, dan kolom penampang persegi panjang, perbandingan hasil analisis, diskusi hasil, dan implikasi terhadap desain konstruksi.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini akan menguraikan tentang kesimpulan dari analisis, dan memberikan saran kepada analisis yang telah dilakukan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Teori Dasar Struktur Kolom

Dalam perencanaan bangunan gedung, kolom merupakan bagian struktur perencanaan yang sangat penting. Salah satu fungsi kolom diantaranya yaitu untuk mendukung beban vertikal dari elemen-elemen struktur yang berada di atasnya. Beban vertikal yang di maksud seperti berat sendiri kolom, berat sendiri balok, dan beban pelat, sekaligus meneruskan beban yang bertumpu di atasnya menuju ke pondasi. Kolom di bagi menjadi tiga jenis kolom yaitu :

1. Kolom Beton Bertulang

Kolom beton bertulang merupakan struktur kolom dengan menggunakan komponen yang berbahan utama beton. Beton di gunakan sebagai komponen utama dalam perencanaan kolom beton bertulang agar kolom dapat diperkuat dengan tulangan baja. Bertujuan untuk meningkatkan daya tahan kolom terhadap beban tekan nantinya.

2. Kolom Baja

Kolom baja merupakan struktur kolom dengan menggunakan komponen yang berbahan utama profil baja. Kolom yang di desain dengan profil baja ini memiliki kekuatan yang relative tinggi, sehingga sering digunakan dalam perencanaan struktur gedung tinggi.

3. Kolom Kayu

Kolom kayu merupakan struktur kolom dengan menggunakan komponen berbahan utama kayu. Pada umumnya kolom kayu digunakan dalam perencanaan bangunan tradisional. Kolom yang di desain dengan berbahan kayu ini sangat ramah karena cukup ringan dan terjangkau, akan tetapi perlu perawatan yang khusus. Kolom kayu sangat tidak di rekomendasikan dalam jangka waktu penggunaan di masa yang akan datang, karena mudah pupus apabila terkena serangga dibandingkan dengan kolom beton bertulang dan kolom baja.

Sifat utama kolom dengan adanya pembebanan vertikal biasanya dirancang agar kolom dapat menahan beban tekan yang timbul nantinya. Apabila beban tekan ini melebihi kapasitas kolom, maka dapat mengakibatkan kolom menjadi runtuh yang

berupa pemampatan (lenturan). Ketidakstabilan kolom yang tinggi juga dapat mengakibatkan kolom akan rentan terhadap instabilitas dan fenomena tekuk, terutama jika kolom tidak memiliki penyangga lateral yang cukup kuat.

Dalam perencanaan sebuah struktur pasti akan diperhitungkan se detail mungkin untuk mendapatkan sebuah bangunan yang aman, nyaman, dan ekonomis. Dalam perhitungan daya dukung kolom melibatkan analisa gaya dan analisa momen yang akan timbul nantinya, serta menggunakan teori elastisitas dan teori plastisitas. Dalam mendesain kolom, hal yang sangat penting untuk dipertimbangkan salah satunya yaitu faktor-faktor seperti, dimensi kolom, material yang digunakan, serta melibatkan kondisi lingkungan sekitar. Tidak lupa dengan menggunakan acuan standar SNI yang berlaku, dan kode bangunan yang harus di ikut sertakan untuk menjamin keselamatan.

2.1.1. Pengertian Kolom

Kolom termasuk struktur utama untuk meneruskan berat bangunan dan beban lain seperti beban hidup (manusia dan barang-barang), serta beban embusan angin dari bagian bangunan yang berfungsi untuk meneruskan gaya-gaya beban dari atas bangunan dan beban-beban sementara diteruskan ke pondasi.

Kolom utama sering disebut kolom induk yang berfungsi untuk menyangga atau menahan beban utama pada gedung atau pada atasnya, kolom utama dapat didesain dengan dimensi yang besar mengikuti seberapa besar beban yang akan ditahan di atasnya. Pada perencanaan bangunan Gedung biasanya terdapat beberapa jenis kolom dengan bentuk dan dimensi yang bervariasi.

Kolom praktis merupakan kolom yang berfungsi sebagai struktur kolom pembantu, pada hal ini sebenarnya kolom praktis termasuk dalam pekerjaan arsitek bukan termasuk pada bagian pekerjaan struktur, akan tetapi mengingat kondisi yang berada di lapangan kolom praktis digunakan sebagai kolom yang dapat menahan beban sehingga dimasukkan juga dalam pekerjaan struktur.

2.1.2. Jenis-jenis Kolom

Pada perencanaan bangunan gedung biasanya terdapat beberapa jenis kolom dengan bentuk dan dimensi yang bervariasi. Kolom diklasifikasikan berdasarkan bentuk, sistem susunan penulangan, dan posisi pembebanan yang terpusat pada penampang nya. Kolom dapat dibagi menjadi tiga jenis yaitu :

- a. Kolom segiempat atau lebih sering di kenal dengan kolom persegi, perencanaan kolom persegi ini biasanya beda dengan perencanaan kolom lain. Kolom persegi di desain dengan pengikat sengkang lateral.
- b. Kolom persegi panjang
- c. Kolom lingkaran perencanaan kolom lingkaran ini biasanya beda dengan perencanaan kolom persegi. Kolom lingkaran ini di desain dengan pengikat spiral.

Berikut ini adapun uraian lebih lanjut dari masing-masing kolom yang sudah di jelaskan diatas sebelumnya, sebagai berikut :

a. Kolom Lingkaran

Kolom lingkaran merupakan jenis kolom yang memiliki penampang berbentuk lingkaran. Kolom lingkaran memiliki penampang melintang yang simetris, yang memungkinkan distribusi beban yang merata. Ukuran kolom lingkaran biasanya memiliki diameter kolom yang bervariasi sesuai dengan kebutuhan *structural*.

Bentuk penampang lingkaran memberikan kekuatan yang cukup baik terhadap beam tekan dan lenturan. Kolom lingkaran cenderung lebih tahan terhadap tekanan dan gaya lateral dibandingkan dengan kolom berbentuk persegi. Kolom lingkaran biasanya terbuat dari bahan, seperti beton bertulang, baja, atau komposit. Pemilihan material dapat mempengaruhi daya dukung dan kinerja kolom.

Kolom lingkaran sering di gunakan dalam desain arsitektur untuk memberikan tampilan yang cantik dan elegan. Dalam mendesain kolom lingkaran perlu diperhatikan faktor-faktor seperti momen inersia dan distribusi beban agar kolom dapat berfungsi secara optimal.

b. Kolom Persegi

Kolom segiempat atau kolom persegi merupakan jenis kolom yang memiliki penampang berbentuk persegi. Kolom persegi memiliki empat sisi yang sama

panjang. Ukuran sisi kolom persegi dapat bervariasi tergantung kebutuhan struktural dan beban yang harus di tanggung. Kolom persegi lebih mudah dalam perhitungan kekuatan dan stabilitas karena bentuknya yang simetris.

Kelebihan dari kolom persegi yaitu dapat menahan beban vertikal dengan sangat baik dan memiliki daya dukung yang sangat tinggi. Kolom persegi terbuat dari berbagai bahan, seperti beton bertulang, baja, dan kayu. Pemilihan material tergantung pada desain struktur. Kolom persegi lebih banyak di gunakan dalam konstruksi Gedung bertingkat, seperti jembatan, dan struktur lainnya di mana beban vertical perlu di distribusikan secara efisien.

2.1.3. Karakteristik Mekanik Kolom

Karakteristik mekanik kolom sangat penting untuk memahami bagaimana kolom itu dapat berfungsi dengan baik dalam perencanaan struktur dan bagaimana cara kolom tersebut merespon beban yang ada. Karakteristik mekanik utama kolom diantaranya yaitu :

- a. Kuat tekan kolom, di rancang untuk menahan beban tekan. Kekuatan tekan tergantung pada material penyusun kolom, ukuran penampang kolom, dan panjang kolom.
- b. Kekakuan kolom, merupakan kemampuan kolom untuk mempertahankan bentuk kolom ketika diberi beban pada kolom. Kolom yang kaku cenderung mengalami deformasi yang lebih sedikit di bawah beban.
- c. Tekuk kolom, terjadi pada kolom yang tinggi dan bentuk yang ramping, kolom yang memiliki bentuk seperti ini biasanya rentan terhadap kegagalan akibat gaya lateral, dan sering terjadi ketika beban tekan melebihi kapasitas kekuatan kritis kolom.

2.2. Beban Aksial dan Lateral

Beban aksial dan lateral pada kolom adalah dua jenis beban yang dapat mempengaruhi daya dukung struktur kolom dalam konstruksi bangunan. Masing-masing beban ini memiliki pengaruh yang berbeda terhadap kekuatan dan stabilitas kolom. Berikut penjelasan mengenai beban aksial dan lateral :

2.2.1. Definisi Beban Aksial

Beban aksial adalah gaya yang bekerja sepanjang sumbu sebuah benda, baik itu menarik (tarik) maupun menekan (tekan). Gaya ini bekerja secara langsung pada sumbu pusat yang ditinjau, sehingga tidak menimbulkan momen lentur. Beban aksial diklasifikasikan menjadi dua jenis yaitu :

- a. Beban tarik, gaya yang berusaha untuk memperpanjang atau meregangkan benda.
- b. Beban tekan, gaya yang berusaha untuk mendekatkan atau memadatkan benda.

Penyebab timbulnya faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya beban aksial diantaranya yaitu :

- a. Besar gaya, semakin besar gaya yang bekerja, semakin besar pula tegangan yang timbul.
- b. Luas penampang, semakin kecil luas penampang semakin besar tegangan yang timbul.
- c. Material benda, sifat material seperti modulus elastisitas dan kekuatan tarik akan mempengaruhi besarnya deformasi dan tegangan yang terjadi.

2.2.2. Definisi Beban Lateral

Perilaku kolom terhadap beban lateral sangat penting untuk di per hitungkan dalam perencanaan desain struktur, hal ini dikarenakan beban lateral dapat mengakibatkan kolom mengalami pembengkokan, tekuk, bahkan dapat mengalami keruntuhan apabila perencanaan tidak di per hitungkan dengan baik. Secara umum, kolom memiliki dua respons utama terhadap adanya beban lateral, yaitu bengkok dan tekuk, dimana keduanya dapat mempengaruhi kekuatan dan kestabilan struktur kolom nantinya.

Ketika beban lateral diterapkan pada kolom, maka kolom akan mengalami pembengkokan. Pembengkokan ini terjadi karena adanya gaya lateral yang dapat menyebabkan pendistribusian momen lentur di sepanjang penampang kolom. Faktor yang mempengaruhi pembengkokan kolom yaitu kekakuan kolom, kolom yang lebih kaku (dengan bahan material yang lebih kuat) akan lebih sulit membengkok dibandingkan dengan kolom yang lebih lemah atau lebih kecil.

Faktor selanjutnya panjang kolom, kolom yang lebih panjang lebih rentan terhadap pembengkokan, karena perbandingan antara panjang kolom dan tinggi kolom menambah potensi untuk deformasi lateral.

2.2.3. Kombinasi Beban dalam Struktur

Kombinasi beban dalam struktur merupakan metode analisis yang digunakan untuk menentukan bagaimana berbagai macam jenis beban itu bekerja secara bersamaan dalam suatu struktur. Beban yang dimaksud seperti beban mati (*dead load*), beban hidup (*live load*), beban angin, dan beban gempa. Hal ini penting untuk memastikan bahwa struktur yang direncanakan dapat menahan berbagai macam kondisi yang mungkin saja dapat terjadi selama masa pemakaiannya.

Jenis kombinasi beban dalam struktur diantaranya yaitu :

- a. Beban mati (*dead load*), beban yang selalu ada yang berasal dari berat elemen (balok, kolom, dan dinding) struktur itu sendiri.
- b. Beban hidup (*live load*), beban yang tidak pasti karena dapat berubah-ubah. Beban hidup berasal dari manusia, perabotan, kendaraan, dll.
- c. Beban lingkungan, beban yang berasal dari akibat kondisi lingkungan di sekitar. Seperti beban angin yang disebabkan dengan adanya tekanan angin pada permukaan struktur, dan beban gempa yang terjadi akibat pergerakan tanah saat berlangsungnya gempa bumi.

Dalam suatu perencanaan dan analisis, beban ini sering di kombinasi kan dengan tujuan untuk mendapatkan keadaan paling kritis dari struktur yang akan di per hitungkan. Beberapa kombinasi umum yang digunakan yaitu :

- a. Kombinasi Beban Dasar
 - Beban mati (*dead load*) + beban hidup (*live load*)
 - Beban mati (*dead load*) + beban angin
 - Beban mati (*dead load*) + beban gempa
- b. Kombinasi terbentuk merupakan kombinasi yang mengonsumsi kan beban hidup (*live load*) pada nilai maksimum dan beban mati (*dead load*) pada nilai tertentu,

2.3. Analisis Struktur Menggunakan Metode Elemen Hingga

Analisis struktur kolom menggunakan metode elemen hingga merupakan bagian penting dalam perancangan struktur, terutama untuk memastikan bahwa kolom mampu menahan beban aksial dan lateral yang diberikan dengan aman. Analisis yang digunakan untuk perhitungan struktur kolom penelitian ini yaitu metode elemen hingga.

Metode elemen hingga adalah sebuah teknik numerik yang digunakan untuk memecahkan masalah teknik dan fisika yang kompleks. Keunggulan penggunaan metode elemen hingga diantaranya yaitu memiliki kemampuan analisis yang luas, kemampuan model geometri yang fleksibel, simulasi material yang kompleks, dan kemudahan penggunaan, serta visualisasi hasil dalam bentuk animasi atau grafik 2D dan 3D, yang membantu dalam memahami distribusi tegangan, deformasi, dan respons dinamis pada struktur.

2.3.1. Pengenalan Analisis Elemen Hingga

Analisis Elemen Hingga adalah sebuah metode yang dapat mengubah masalah yang memiliki bentuk matematis yang rumit menjadi bentuk yang lebih simpel dan sederhana dengan membaginya menjadi bagian-bagian kecil yang disebut elemen.

Analisis Elemen Hingga pertama kali dikembangkan pada akhir tahun 1950-an oleh insinyur dan ilmuwan dalam konteks analisis struktur. Pada masa itu, masalah teknik yang sulit untuk diselesaikan apabila menggunakan metode analisis tradisional. Dengan bertambahnya kompleksitas dan ukuran masalah, maka diperlukan inovasi penggunaan metode baru yang dapat memecahkan pokok-pokok permasalahan secara numerik.

Pada tahun 1956 Pionir Awal penggunaan metode elemen hingga mulai dikenal ketika insinyur *R. Courant* menerapkan perubahan konsep pada masalah yang melibatkan elastisitas, membagi struktur besar menjadi bagian-bagian yang kecil yang lebih mudah dianalisis. *R. Courant* hanya mengembangkan teknik ini dalam konteks masalah struktur linier.

Pada era modern tahun 1990-an sampai sekarang metode elemen hingga semakin canggih dan dapat digunakan dalam berbagai ilmu rekayasa, Teknologi

yang semakin kuat memungkinkan simulasi yang lebih realistis, termasuk analisis non-linier dan simulasi material yang canggih. Saat ini, para *engineer* biasanya memakai perangkat lunak simulasi khusus dari berbagai vendor yang berbeda untuk mempermudah mensimulasikan atribut desain.

2.3.2. Metode Numerik dalam Analisis Struktural

Metode numerik merupakan pendekatan yang sangat kuat dalam menganalisis struktur, terutama ketika solusi analisis sulit diperoleh. Metode elemen hingga adalah salah satu perangkat lunak elemen hingga yang paling populer digunakan untuk melakukan analisis numerik.

Analisis elemen hingga adalah metode numerik yang membagi suatu struktur kompleks menjadi elemen-elemen yang lebih kecil (elemen hingga). Setiap elemen ini diasumsikan memiliki sifat material dan geometri yang seragam. Dengan menghubungkan elemen-elemen ini, kita dapat memperoleh suatu model numerik dari struktur asli.

Proses analisis menggunakan metode elemen hingga :

a. *Pre-Processing*

- Pembuatan model geometri, dalam pembuatan model geometri struktur dibagi menjadi elemen-elemen hingga menggunakan berbagai jenis elemen seperti balok, plat, dan solid.
- Definisi material, definisi material seperti sifat material setiap elemen misalnya, modulus elastisitas, tegangan luluh yang ditentukan.
- Pemberian beban dan kondisi batas, beban yang bekerja pada struktur misalnya, beban terpusat, beban merata, dan momen, kondisi batas misalnya, jepitan, dan rol yang diterapkan pada model.

b. Analisis

- Penyelesaian persamaan, metode elemen hingga menyelesaikan sistem persamaan yang dihasilkan dari menurunkan persamaan struktur menjadi elemen hingga.
- Perhitungan tegangan, deformasi, dan besaran lainnya, metode elemen hingga menghitung tegangan, deformasi, dan besaran lain yang relevan di setiap titik dalam model.

c. *Post-processing*

- Visualisasi hasil, hasil analisis ditampilkan dalam bentuk grafik, kontur, atau animasi.
- Evaluasi hasil, analisis hasil akan dievaluasi untuk memastikan bahwa struktur memenuhi persyaratan desain.

Keunggulan metode numerik dalam metode elemen hingga:

- a. Fleksibilitas, metode elemen hingga dapat digunakan untuk menganalisis berbagai jenis struktur dengan geometri yang kompleks dan kondisi pembebanan yang beragam.
- b. Akurat, dengan jumlah elemen yang cukup, hasil analisis numerik dapat mendekati solusi analisis yang sebenarnya.
- c. Visualisasi, metode elemen hingga menyediakan alat visualisasi yang sangat baik untuk memahami perilaku struktur.
- d. Otomatisasi, banyak tugas dalam analisis numerik dapat di otomatisasi, sehingga menghemat waktu dan tenaga.

Analisis struktur dalam metode elemen hingga:

- a. Analisis tegangan dan deformasi, menentukan distribusi tegangan dan deformasi pada struktur di bawah berbagai kondisi beban.
- b. Analisis stabilitas, menganalisis respons struktur untuk mengalami tekuk dan runtuh.
- c. Analisis dinamis, menganalisis respons struktur terhadap beban dinamis, seperti beban gempa atau beban angin.
- d. Analisis non-linear, menganalisis perilaku struktur yang tidak linear, seperti plastisitas, kerusakan, dan kontak.

2.3.3. Keunggulan Metode Elemen Hingga dalam Analisis Kolom

Metode elemen hingga ini sangat efektif dalam menganalisis non-linier, baik dari segi material maupun geometri, sehingga memungkinkan *engineer* untuk menganalisis perilaku struktur lebih kompleks seperti :

- a. Fleksibilitas Dalam Model
 - Geometri yang kompleks, dalam penggunaan metode elemen hingga terdapat berbagai jenis elemen (balok, pelat, solid) yang memungkinkan

pemilihan elemen yang paling sesuai dengan bentuk kolom yang sangat beragam, mulai dari yang sederhana hingga yang sangat kompleks, termasuk lubang, sambungan, dan penampang tidak beraturan.

- Material, penggunaan metode elemen hingga mendukung berbagai jenis material mulai dari material linear elastis sampai material non-linear, seperti beton bertulang, baja, dan komposit, yang sangat relevan dalam kondisi nyata.
- Kondisi batas yang beragam, terdapat berbagai jenis tumpuan dan beban yang kompleks, sehingga model analisis menjadi lebih realistis.

b. Analisis Non-Linier Yang Detail

- Non-linear geometri, metode elemen hingga dapat menganalisis efek besar yang sering terjadi pada kolom ketika beban semakin tinggi.
- Non-linear material, metode elemen hingga mampu mensimulasikan perilaku material yang kompleks seperti plastisitas, kerusakan, dan retak yang mungkin terjadi pada kolom.
- Analisis stabilitas, metode elemen hingga dapat memprediksi terjadinya tekuk pada kolom, yang merupakan fenomena penting dalam desain struktur.

c. Perpustakaan Elemen Yang Lengkap

- Elemen struktur, metode elemen hingga menyediakan berbagai jenis elemen seperti balok, kolom, dll. Sehingga kita dapat memilih elemen yang paling sesuai untuk per model yang kita inginkan.
- Elemen khusus, metode elemen hingga juga memiliki elemen khusus untuk memodelkan perilaku material tertentu, seperti retakan pada beton atau serat pada bahan penyusun.

d. Visualisasi Hasil Yang Menarik

- Kontur tegangan dan deformasi, metode elemen hingga dapat melihat distribusi tegangan dan deformasi pada kolom secara visual, sehingga lebih mudah untuk memahami hasil analisis.
- Animasi, di dalam metode elemen hingga kita dapat membuat animasi yang menunjukkan bagaimana kolom berubah bentuk ketika diberi beban.

e. Integritas Dengan Software Lain

- *Pre-Processor*, analisis elemen hingga dapat di integrasikan dengan berbagai perangkat lunak lainnya untuk memudahkan pembuatan per model.
- *Post-Processor*, analisis elemen hingga juga dapat diintegrasikan dengan perangkat lunak lain untuk visualisasi dan analisis lebih lanjut hasil simulasi.

2.4. Desain Kolom Penampang

Desain kolom penampang di desain dengan menggunakan grafik – grafik diagram interaksi *non-dimensional* yang sudah banyak dikembangkan. Grafik diagram interaksi tersebut, dapat digunakan untuk mendesain kombinasi beban untuk kolom penampang lingkaran, kolom penampang persegi, maupun kolom penampang persegi panjang.

Grafik diagram interaksi tersebut pada sumbu vertikal dinyatakan dalam besaran tidak berdimensi (*non-dimensional*), sebagai berikut :

$$\frac{P_u}{\phi \times A_{gr} \times 0,85 \times F_c'} \quad (2.1)$$

Dan pada sumbu horizontal dinyatakan, sebagai berikut :

$$\frac{P_u}{\phi \times A_{gr} \times 0,85 \times F_c'} \left\{ \frac{e_t}{h} \right\} \quad (2.2)$$

Keterangan :

P_u = Beban Aksial Ter-faktor (kN)

ϕ = Faktor Reduksi Kolom

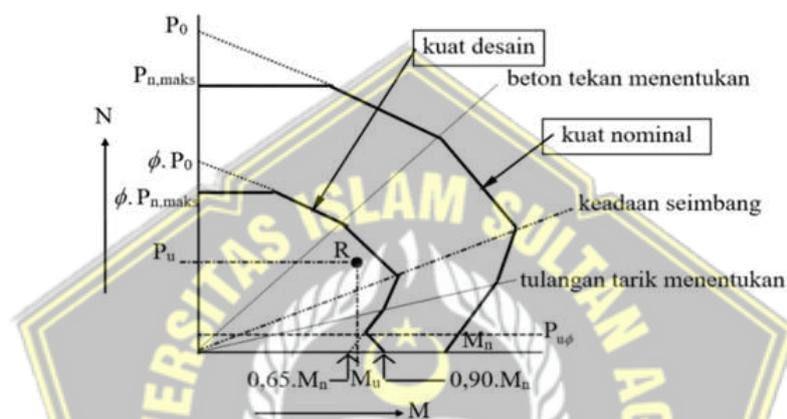
A_{gr} = Luas Penampang Bruto Kolom (mm²)

f_c' = Mutu Beton (MPa)

e_t = Eksentrisitas = M_u/P_u

Untuk mengetahui kekuatan desain kolom kantilever dalam memikul beban, maka didasarkan pada kemampuannya saat memikul kombinasi gaya nominal (P_n) dan momen (M_n) secara bersamaan dalam bentuk suatu kurva interaksi kolom

antara kedua gaya dalam yang ditimbulkan. Gambar 2.1 memperlihatkan contoh diagram tersebut. Setiap titik dalam kurva ini menunjukkan kombinasi kekuatan gaya nominal (P_n) dan kekuatan momen nominal (M_n) yang sesuai dengan lokasi sumbu netral nya. Diagram interaksi kolom tersebut dapat dibagi menjadi dua daerah, yaitu daerah yang ditentukan oleh keruntuhan tarik dan daerah yang ditentukan oleh keruntuhan tekan, dengan pembatas nya adalah titik *balanced*. Berikut contoh mengilustrasikan pembuatan diagram P-M untuk penampang kolom.



Gambar 2.1 Diagram Interaksi Kolom
(Sumber : Ali Asroni, 2010)

2.5. Peninjauan Penelitian Terdahulu

Peninjauan penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kelebihan dan kekurangan jurnal sebelumnya terhadap perkembangan ilmu pengetahuan, serta untuk memberikan perspektif yang mendalam terkait hasil, temuan, dan kesimpulan yang disampaikan pada peneliti. Dengan demikian, melalui peninjauan penelitian ini diharapkan dapat memperoleh pemahaman yang lebih jelas dan kritis tentang bagaimana penelitian yang dilakukan dalam penelitian sebelumnya.

Berikut beberapa topik yang di tinjau pada penelitian sebelumnya yaitu :

- A. Analisis Perbandingan Kolom Persegi dan Kolom Bulat dengan Mutu Beton, Luas Penampang, dan Luas Tulangan Yang Sama. (Simanjuntak dan Harefa)
- Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui dan memahami perhitungan struktur beton melalui analisis keruntuhan kolom dan diagram interaksi kolom,

serta menganalisis perbandingan antara kolom persegi, dan kolom bulat untuk mendapatkan kapasitas momen nominal yang optimum.

Untuk metode penelitian dalam jurnal ini menggunakan beberapa metode di antaranya yaitu :

- a. Analisis perbandingan kolom persegi dan kolom bulat dengan mutu beton, luas penampang, dan luas Tulangan yang sama.
- b. Analisis dilakukan dengan meninjau 5 kondisi pembebanan kolom :
 1. Kondisi beban sentris
 2. Kondisi keruntuhan tekan
 3. Kondisi keruntuhan seimbang (*balance*)
 4. Kondisi keruntuhan
 5. Kondisi saat beban $P_n = 0$
- c. Hasil Analisis di sajikan dalam bentuk tabel dan diagram interaksi untuk masing-masing jenis kolom.

Untuk model pada penelitian ini menggunakan dua data kolom yang sama, yaitu kolom dengan mutu beton $f'_c = 25$ MPa, dan kolom mutu baja $f_y = 350$ MPa, dengan dimensi kolom persegi yang digunakan sebesar 620/620, dimensi kolom bulat sebesar $\varnothing 700$ dengan luas tulangan baja sama. Pada perencanaan tulangan kolom persegi digunakan variasi tulangan 4D26, 12D15, 16D13, dan pada kolom bulat digunakan variasi tulangan 4D26, 6D12, 12D15, 16D13. Perbedaan dari kedua kolom yaitu dari jenis kolom yang terdiri dari kolom persegi dan kolom bulat, dengan tujuan untuk mendapatkan kapasitas momen nominal yang optimum.

- Hasil penelitian di atas didapatkan hasil pengaruh tulangan terhadap gaya aksial terhadap penampang kolom persegi.

Hasil analisa menunjukkan penampang kolom persegi dipengaruhi oleh jumlah tulangan terhadap gaya aksial kolom persegi dijabarkan pada Tabel 2.1 dan Gambar 2.2.

Tabel 2.1 Pengaruh Jumlah Tulangan Terhadap Gaya Aksial Kolom Persegi.

No	Kolom	Tulangan	Nominal (kN)	Rencana (kN)
1.	Kolom Persegi	3D26	3917,03	2546,07
2.	Kolom Persegi	12D15	4010,02	2606,51
3.	Kolom Persegi	16D13	4021,83	2614,19

(Sumber : Simanjuntak dan Harefa, 2021)



Gambar 2.2 Pengaruh Jumlah Tulangan Terhadap Gaya Aksial Kolom Persegi

(Sumber : Simanjuntak dan Harefa, 2021)

- Hasil penelitian di atas didapatkan berdasarkan hasil pengaruh tulangan terhadap gaya aksial kolom bulat.

Hasil analisa menunjukkan penampang kolom bulat dipengaruhi oleh jumlah tulangan terhadap gaya aksial kolom bulat yang dijabarkan pada Tabel 2.2 dan Gambar 2.3.

Tabel 2.2 Pengaruh Jumlah Tulangan Terhadap Gaya Aksial Kolom Bulat

No	Jenis Kolom	Tulangan	Kuat Nominal (kN)	Kuat Rencana (kN)
1.	Kolom Bulat	4D26	3275,89	2456,92
2.	Kolom Bulat	6D21	3682,94	2762,20
3.	Kolom Bulat	12D15	4004,09	3003,07
4.	Kolom Bulat	16D13	4054,78	3041,08

(Sumber : Simanjuntak dan Harefa, 2021)



Gambar 2.3 Pengaruh Jumlah Tulangan Terhadap Gaya Aksial Kolom Bulat.
(Sumber : Simanjuntak dan Harefa, 2021)

Dari tabel dan gambar di atas dapat disimpulkan bahwa :

1. Nilai momen nominal (M_n) pada kolom persegi lebih besar daripada kolom bulat.
 2. Nilai kuat rencana kolom bulat lebih besar daripada kolom persegi karena faktor nilai reduksi yang lebih besar untuk kolom bulat.
 3. Semakin besar eksentrisitas (e) maka akan menghasilkan momen yang semakin besar.
 4. Semakin banyak jumlah tulangan, nilai gaya aksial kolom semakin bertambah.
- B. Perbandingan Kapasitas Kolom Beton Bertulang Berdasarkan Variasi Bentuk Sengkang dengan Analisis Finite Element Method. (Anam, Amir, dan Sutrisno)

Tujuan penelitian ini yaitu membandingkan nilai kapasitas kolom beton bertulang dengan variasi bentuk sengkang menggunakan metode analisis *Finite Element Method* (FEM). Tujuan utamanya yaitu untuk mengetahui pengaruh bentuk sengkang terhadap kapasitas kolom beton bertulang.

Dari Penelitian di atas menggunakan beberapa metode penelitian yaitu :

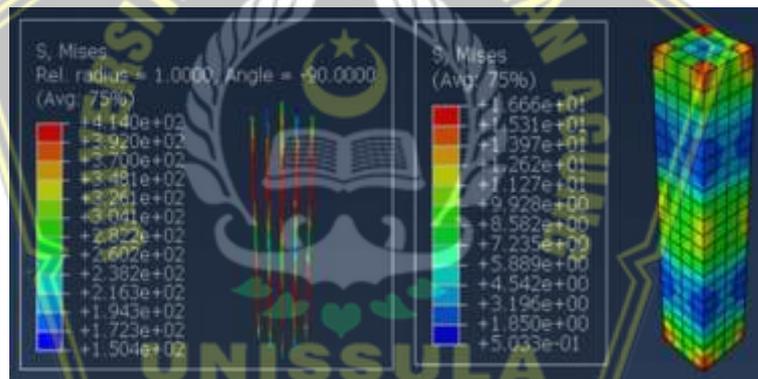
- Analisis FEM, dengan parameter utama berupa *Concrete Damage Plasticity* (CDP).
- Analisis konvensional sebagai pembanding hasil analisis FEM.

- Kolom beton bertulang dengan variasi bentuk sengkang menghasilkan kapasitas kolom beton bertulang memberikan dukungan berupa kapasitas gaya geser yang dapat mempertahankan nilai kapasitas kuat tekan aksial kolom.
- Peningkatan nilai kapasitas kuat tekan aksial dengan variasi bentuk sengkang untuk penampang kolom B, C, D, dan E terhadap penampang kolom A (tanpa sengkang) adalah 115%, 120%, 121%, dan 119% secara berurutan.
- Kolom D dengan variasi penampang sengkang diamond memiliki kekuatan beton paling tinggi, sedangkan kolom E dengan variasi penampang sengkang bulat memiliki sifat paling daktail.

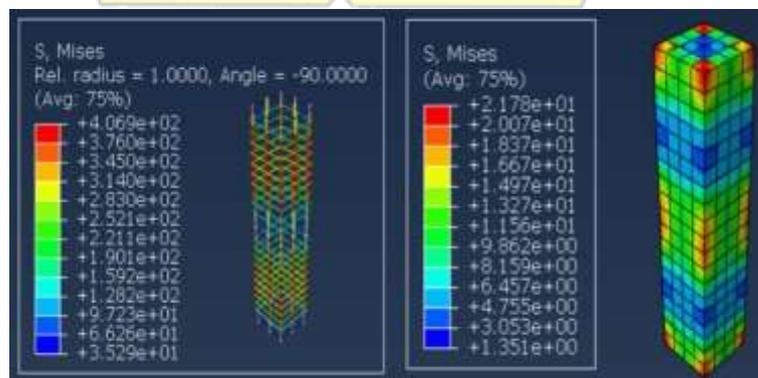
Hasil yang di dapatkan yaitu berupa :

➤ Model Kontur Tegangan Misses Pada Kolom

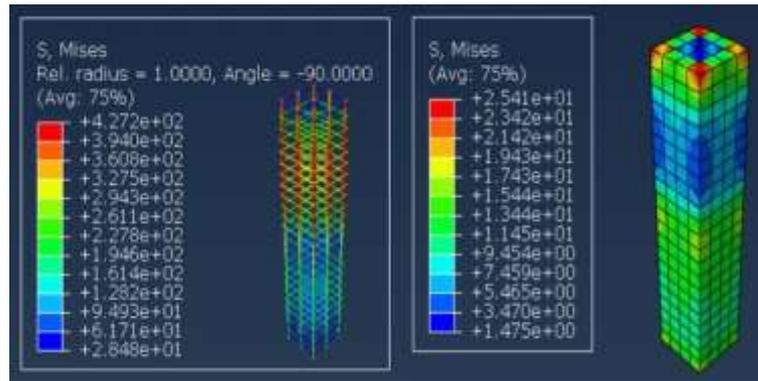
Model kontur tegangan misses pada kolom dapat dilihat pada Gambar 2.4, Gambar 2.5, Gambar 2.6, Gambar 2.7, dan Gambar 2.8.



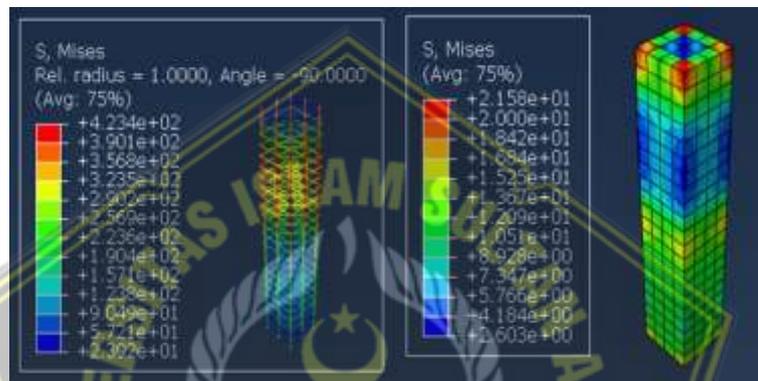
Gambar 2.4 Kontur Tegangan *Misses* Kolom A
(Sumber : Anama, Amir, dan Sutrisno, 2024)



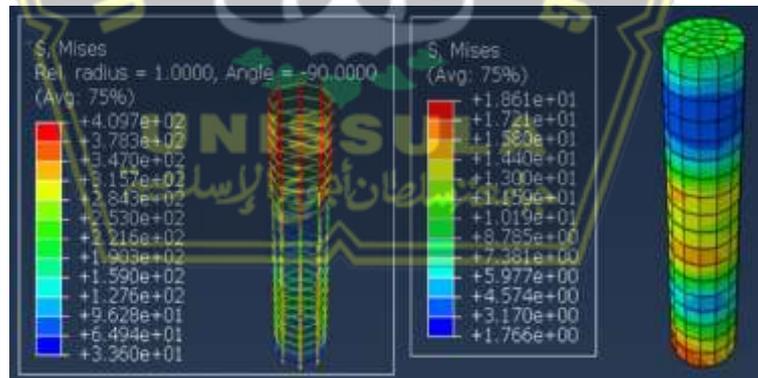
Gambar 2.5 Kontur Tegangan *Misses* Kolom B
(Sumber : Anama, Amir, dan Sutrisno, 2024)



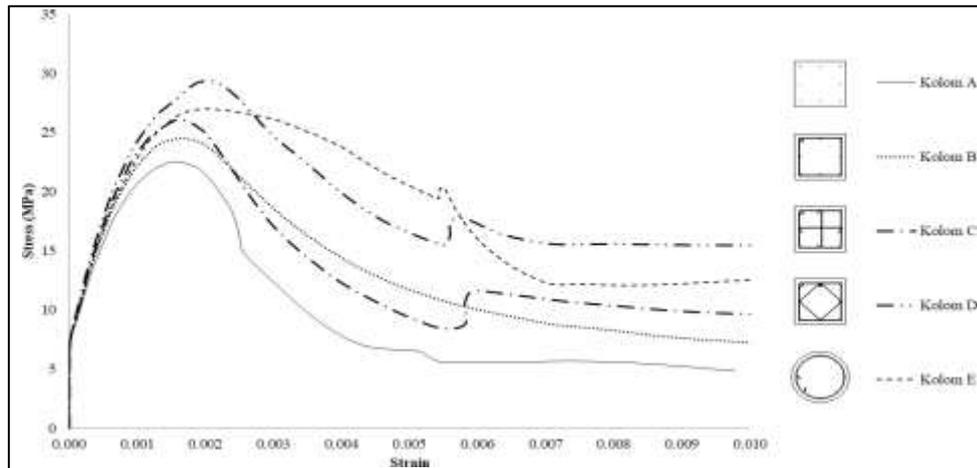
Gambar 2.6 Kontur Tegangan *Mises* Kolom C
(Sumber : Anama, Amir, dan Sutrisno, 2024)



Gambar 2.7 Kontur Tegangan *Mises* Kolom D
(Sumber : Anama, Amir, dan Sutrisno, 2024)



Gambar 2.8 Kontur Tegangan *Mises* Kolom E
(Sumber : Anama, Amir, dan Sutrisno, 2024)



Gambar 2.9 Diagram Tegangan-Regangan (*Stress-Strain*)

(Sumber : Anama, Amir, dan Sutrisno, 2024)

Dari penelitian diatas dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Kolom beton bertulang dengan variasi bentuk sengkang sengkang memberikan dukungan berupa kapasitas gaya geser yang dapat mempertahankan nilai kapasitas kuat tekan aksial kolom.
- Peningkatan nilai kapasitas kuat tekan aksial dengan variasi bentuk sengkang untuk penampang kolom B, C, D, dan E terhadap penampang kolom A (tanpa sengkang) adalah 115%, 120%, 121%, dan 119% secara berurutan.
- Kolom D dengan variasi penampang sengkang diamond memiliki kekuatan beton paling tinggi, sedangkan kolom E dengan variasi penampang sengkang bulat memiliki sifat paling daktail.

C. Studi Perbandingan Analisis Kolom Beton Bertulang Berbentuk + (*Plus-Shaped Column*) dengan Kolom Berbentuk Persegi. (Ramosta, Islam, Wahyuni, Gunawan, dan Afrizal)

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perbandingan gaya aksial (P_n) antara kolom penampang (*Plus-shaped column*) dan kolom penampang persegi. Serta mengetahui perbandingan momen nominal (M_n) antara kolom penampang (*Plus-shaped column*) dan kolom penampang persegi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh perubahan bentuk kolom terhadap kekuatan struktur kolom. Perhitungan ini terdiri dari 120 sampel dengan perbedaan mutu beton (f_c)

) yang digunakan, rasio tulangan, dan dimensi kolom pada masing-masing sampel.

Penelitian ini menggunakan beberapa metode penelitian diantaranya yaitu menggunakan metode analisis dengan aplikasi *spreadsheet*, serta menggunakan hubungan tegangan-regangan *Hognestad* untuk analisis kolom. Penelitian ini juga melibatkan perhitungan berulang untuk mendapatkan hasil yang akurat dan ekonomis.

Hasil penelitian ini menunjukkan perbandingan kekuatan kolom penampang (*Plus-shaped column*) dan kolom penampang persegi dengan detail spesifik mengenai hasil numerik pada kesimpulan akhir. Kapasitas momen nominal kolom persegi lebih besar dibandingkan kapasitas momen nominal kolom penampang (*Plus-shaped column*). Semakin tinggi mutu beton maka persentase selisih kapasitas momen nominal semakin kecil.

D. Analisis Struktur Kolom Beton Bertulang Persegi Dan Bulat Dengan Program SAP 2000. (Surya, Sebayang, dan Paundra)

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membandingkan perilaku dan efisiensi biaya antara kolom beton bertulang persegi dan melingkar menggunakan program SAP 2000.

Metode yang digunakan dalam peneliti ialah menganalisis kolom persegi 40 × 40 cm dan kolom melingkar berdiameter 451 cm, menghitung gaya internal (P, V2, V3, T, M2, M3) dan biaya konstruksi.

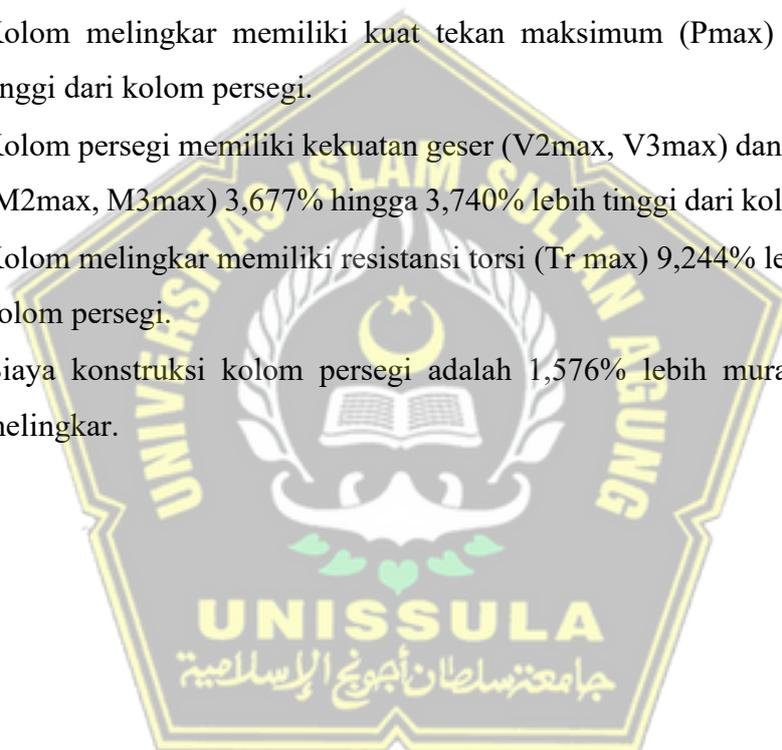
Hasil dari perhitungan analisis struktur kolom penampang persegi dan kolom penampang bulat menggunakan Program SAP 2000 dapat dilihat pada Tabel 2.3 sebagai berikut :

Tabel 2.3 Hasil Perhitungan P,V2,V3,T, M2 dan M3 dari SAP 2000

NO	Gaya	Satuan	kolom persegi	kolom bulat	Selisih	Persentase	Keterangan
1	P Max	KN	-2288,453	-2289,019	-0,566	0,025%	P < B
2	V2 Max	KN	-9,811	-9,463	-0,348	3,677%	P > B
3	V3 Max	KN	-11,370	-10,966	-0,404	3,684%	P > B
4	T Max	KN-m	-0,0001309	-0,000143	-0,0000121	9,244%	P < B
5	M2 Max	KN-m	-23,616	-22,767	-0,849	3,731%	P > B
6	M3 Max	KN-m	-20,345	-19,611	-0,733	3,740%	P > B

(Sumber : Surya, Sebayang, dan Paundra, 2019)

- Kolom melingkar memiliki kuat tekan maksimum (Pmax) 0,025% lebih tinggi dari kolom persegi.
- Kolom persegi memiliki kekuatan geser (V2max, V3max) dan momen lentur (M2max, M3max) 3,677% hingga 3,740% lebih tinggi dari kolom melingkar.
- Kolom melingkar memiliki resistansi torsi (Tr max) 9,244% lebih tinggi dari kolom persegi.
- Biaya konstruksi kolom persegi adalah 1,576% lebih murah dari kolom melingkar.



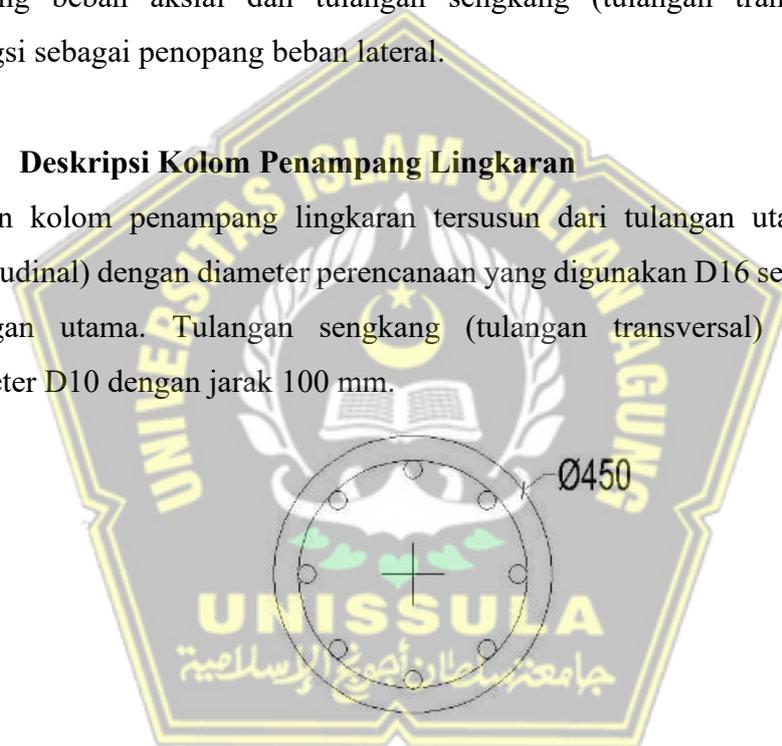
BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Desain Penelitian

Desain penelitian yang digunakan pada penelitian ini menggunakan data geometri kolom dan data properti kolom beton bertulang. Data geometri terdiri dari satu kolom penampang lingkaran, satu kolom penampang persegi, dan satu kolom penampang persegi panjang. Struktur kolom beton bertulang tersusun dari dua jenis tulangan yaitu tulangan utama (tulangan longitudinal) yang berfungsi sebagai penopang beban aksial dan tulangan sengkang (tulangan transversal) yang berfungsi sebagai penopang beban lateral.

3.1.1. Deskripsi Kolom Penampang Lingkaran

Desain kolom penampang lingkaran tersusun dari tulangan utama (tulangan longitudinal) dengan diameter perencanaan yang digunakan D16 sebanyak 8 buah tulangan utama. Tulangan sengkang (tulangan transversal) menggunakan diameter D10 dengan jarak 100 mm.

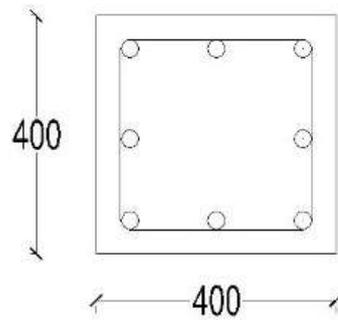


Gambar 3.1 Desain Kolom Penampang Lingkaran

(Sumber : Pribadi)

3.1.2 Deskripsi Kolom Penampang Persegi

Desain kolom penampang persegi tersusun dari tulangan utama (tulangan longitudinal) dengan diameter perencanaan yang digunakan D16 sebanyak 8 buah tulangan utama. Tulangan sengkang (tulangan transversal) menggunakan diameter D10 dengan jarak 100 mm.



Gambar 3.2 Desain Kolom Penampang Persegi
(Sumber : Pribadi)

3.1.3 Deskripsi Kolom Penampang Persegi

Desain kolom penampang persegi panjang tersusun dari tulangan utama (tulangan longitudinal) dengan diameter perencanaan yang digunakan D16 sebanyak 8 buah tulangan utama. Tulangan sengkang (tulangan transversal) menggunakan diameter D10 dengan jarak 100 mm.



Gambar 3.3 Desain Kolom Penampang Persegi Panjang
(Sumber : Pribadi)

3.1.4. Spesifikasi Dimensi dan Material

Data bahan dan material kolom terdiri dari *mass density*, modulus elastisitas, angka *poisson*, *concrete damage plasticity (CDP)*, dan *plastic strain*.

a. Data Material

- Tegangan putus beton, f'_c = 30 MPa
- Modulus elastisitas beton, E_c = 27000 Mpa
- Modulus elastisitas baja, E_s = 200000 Mpa
- Berat isi beton, γ_c = 24 kN/m³

- Berat isi baja, γ_s = 78,50 kN/m³
- Angka *poisson* beton, μ_c = 0,2
- Angka *poisson* baja, μ_s = 0,3

b. Data Geometri

- Panjang kolom, L = 3,0 m
- Luas penampang, A = 0,16 m²

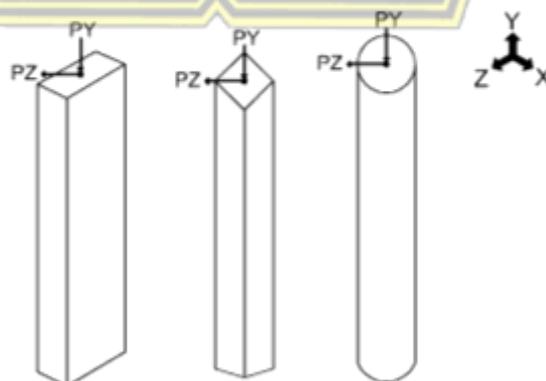
3.2. Penentuan Kombinasi Beban

Penentuan beban aksial dan beban lateral di dalam penggunaan metode elemen hingga, hal yang perlu di pahami yaitu cara mendefinisikan beban dan pengaruhnya terhadap struktur kolom yang di desain.

3.2.1. Beban Aksial dan Beban Lateral

Beban aksial adalah beban yang bekerja sepanjang sumbu utama. Beban aksial dapat berupa gaya tekan yang dapat mendorong kolom lebih mengecil, dan berupa gaya tarik yang membuat kolom menjadi lebih panjang. Pada gambar 3.5 menjelaskan mengenai per letakkan beban aksial yang searah dengan sumbu y, sesuai dengan arah gravitasi.

Beban lateral adalah beban yang bekerja searah sumbu horizontal tegak lurus terhadap sumbu utama. Beban aksial dapat menimbulkan pergeseran atau pembengkokan pada kolom. Pada gambar 3.6 menjelaskan mengenai per letakkan beban lateral yang searah dengan sumbu z.



Gambar 3.4 Peletakan Kombinasi Beban

(Sumber : Pribadi)

Dalam simulasi elemen hingga menggunakan, pengaturan beban aksial dan lateral merupakan hal yang sangat penting untuk menganalisis respons struktur terhadap gaya atau beban yang diberikan atau direncanakan. Berikut cara pengaturan beban aksial dan lateral dalam analisis elemen hingga.

Berikut pengaturan kombinasi beban aksial dan beban lateral penggunaan metode elemen hingga :

a. Kolom Penampang Lingkaran

Kolom penampang lingkaran merupakan jenis kolom yang memiliki penampang berbentuk lingkaran. Kolom lingkaran memiliki penampang melintang yang simetris, yang memungkinkan distribusi beban yang merata. Dimensi kolom lingkaran di desain menggunakan D450 mm.

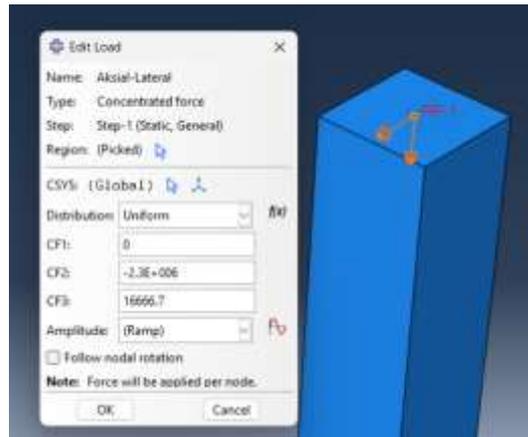


Gambar 3.5 Pengaturan Beban Kombinasi Penampang Lingkaran

(Sumber : Pribadi)

b. Kolom Penampang Persegi

Kolom penampang segiempat atau kolom penampang persegi merupakan jenis kolom yang memiliki penampang berbentuk persegi. Kolom persegi memiliki empat sisi yang sama panjang. Desain penampang persegi menggunakan dimensi kolom dengan ukuran kolom 400×400 mm.



Gambar 3.6 Pengaturan Beban Kombinasi Penampang Persegi
(Sumber : Pribadi)

c. Kolom Penampang Persegi Panjang

Kolom penampang persegi panjang merupakan jenis kolom yang memiliki penampang berbentuk persegi panjang. Kolom persegi panjang memiliki empat sisi. Desain penampang persegi menggunakan dimensi kolom dengan ukuran kolom 600×270 mm.



Gambar 3.7 Pengaturan Beban Kombinasi Penampang Persegi Panjang
(Sumber : Pribadi)

3.3. Penggunaan Metode Elemen Hingga

Penggunaan metode elemen hingga untuk menganalisis struktur kolom sangat efektif, terutama untuk analisis yang melibatkan perilaku material kompleks, geometri yang tidak sederhana, dan beban yang dapat menyebabkan deformasi besar atau kerusakan. Analisis elemen hingga menyediakan berbagai alat dan teknik untuk menganalisis kolom dengan berbagai kondisi dan jenis beban, baik beban

aksial (tekan atau tarik) maupun beban lateral (misalnya angin atau gempa). Berikut adalah langkah-langkah penggunaan metode elemen hingga untuk menganalisis struktur kolom :

3.3.1. Pembuatan Model Kolom

Berikut langkah-langkah pembuatan model penampang kolom menggunakan metode elemen hingga :

a. Langkah-langkah Pembuatan Model

1. Buat model baru dengan menu → *File* → *New* → Model.
2. Untuk per model an → *part* → *create* → *part* → *continue*.



Gambar 3.8 Part

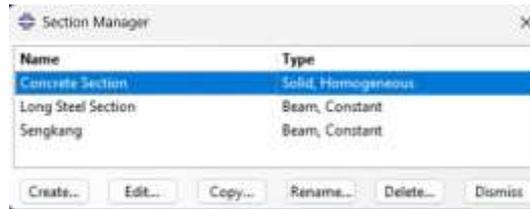
(Sumber : Pribadi)

3. Pilih menu sketch untuk membuat sketsa profil penampang yang diinginkan → *add dimension* → *done*.
4. Lalu klik *extrude* untuk sketsa membentuk kolom 3D. Kemudian tentukan panjang kolom pada saat ekstrusi.

Gambar 3.9 Penentuan Panjang Kolom

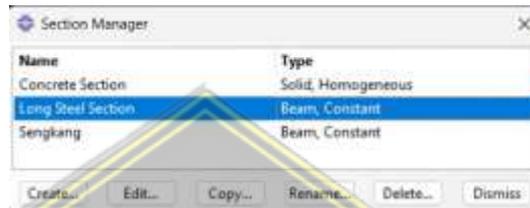
(Sumber : Pribadi)

5. *Create section* → *concrete section* → kategori solid → *type homogeneous* → *continue*.



Gambar 3.10 Input *Concrete Section*
(Sumber : Pribadi)

6. *Create section* → *long steel section* → kategori beam → *type constant* → *continue*.



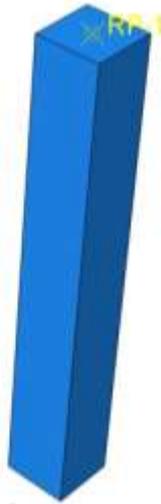
Gambar 3.11 Input *Long Steel Section*
(Sumber : Pribadi)

7. *Create section* → *sengklang section* → kategori beam → *type constant* → *continue*. Edit *beam section* → *during analysis* → *profile name 1* → *profile shape* → *circular*. Kemudian masukkan dimensi profil Tulangan D10 dan D16.



Gambar 3.12 Input *Section*
(Sumber : Pribadi)

8. *Assign Section* → edit *section assignment* → *section* → *concrete section* → oke.



Gambar 3.13 Aplikasikan *concrete Section*

(Sumber : Pribadi)

9. *Assign Section* → edit *section assignment* → *section* → *long steel* → oke.



Gambar 3.14 Aplikasikan *long steel Section*

(Sumber : Pribadi)

10. *Assign Section* → edit *section assignment* → *section* → sengkang → oke.



Gambar 3.15 Aplikasikan sengkang *Section*

(Sumber : Pribadi)

11. Pengaturan *assembly* → *create instance* → *parts select concrete column, long steel, sengkang*, → oke.



Gambar 3.16 Input Tulangan Sengkang

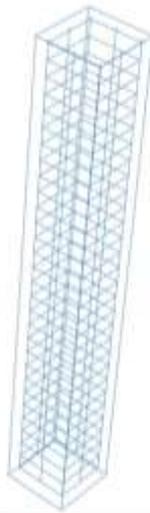
(Sumber : Pribadi)

12. *Linear patter* → *select sengkang* → masukkan jarak dan dimensi dengan ukuran D10-100.

Gambar 3.17 Model Tulangan Sengkang Dalam Kolom

(Sumber : Pribadi)

13. *Translate Instance* → *select Tulangan sengkang yang sudah jadi* → dengan ketebalan selimut beton 40 mm.



Gambar 3.18 Pengaturan Ketebalan Selimut Beton

(Sumber : Pribadi)

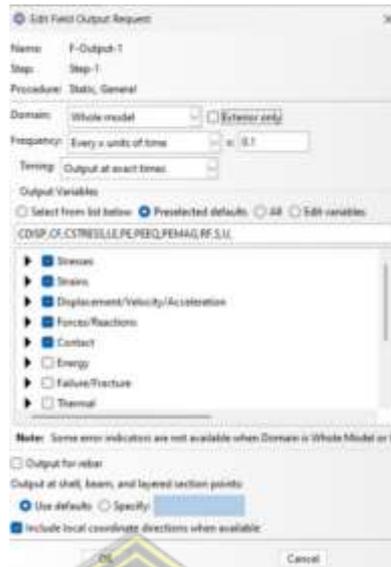
14. *Create step* → *procedure type* → *static, general* → *continue* → *incrementation* → masukan angka 0,001.



Gambar 3.19 *Create Step*

(Sumber : Pribadi)

15. *Field output manager* → *every unit of time 0.1* → Oke.



Gambar 3.20 *Field Output Manager*

(Sumber : Pribadi)

16. Pengaturan *interaction* → *create constraint* → *embedded region* → *continue* → *selec* sengkang → *selec region* → oke.

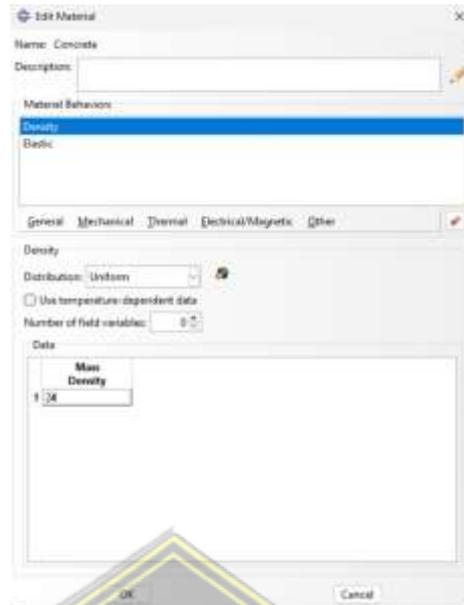


Gambar 3.21 *Interaction*

(Sumber : Pribadi)

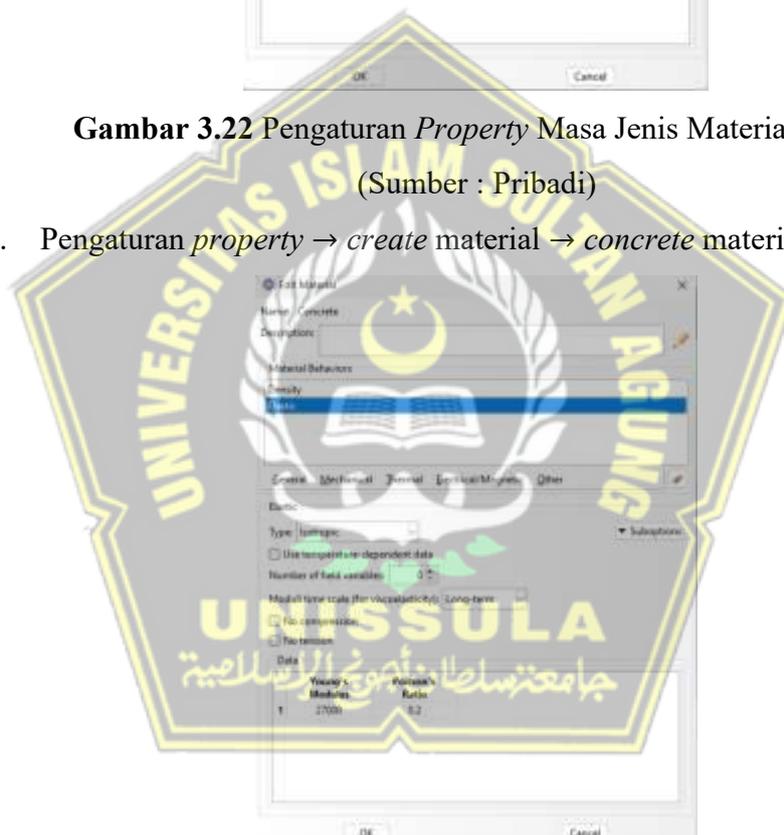
b. Pengaturan Parameter Material

1. Pengaturan *property* → *create material* → *concrete material* → *density*.



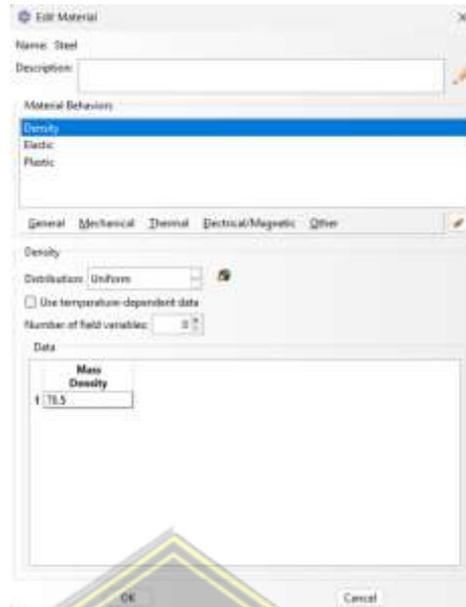
Gambar 3.22 Pengaturan *Property* Masa Jenis Material Beton
(Sumber : Pribadi)

2. Pengaturan *property* → *create material* → *concrete material* → *elastic*.



Gambar 3.23 Pengaturan *Property* Elastisitas Material Beton
(Sumber : Pribadi)

3. Pengaturan *property* → *create material* → *steel material* → *density*.



Gambar 3.24 Pengaturan *Property* Masa Jenis Material Baja
(Sumber : Pribadi)

4. Pengaturan *property* → *create material* → *steel material* → *elastic*.

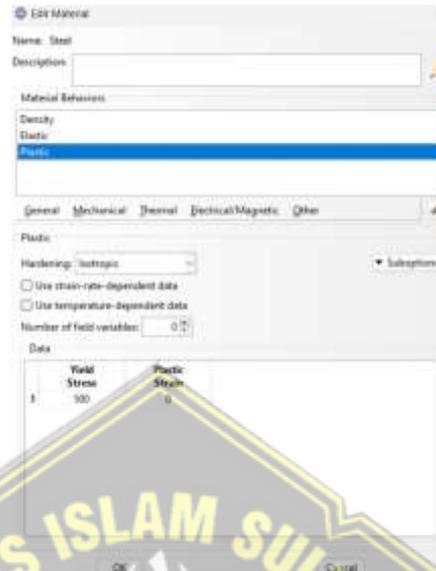


Gambar 3.25 Pengaturan *Property* Elastisitas Material Baja
(Sumber : Pribadi)

Nilai modulus elastisitas beton merupakan nilai yang menunjukkan besar kecilnya beton dapat mengalami deformasi elastis ketika dikenakan gaya. Ini merupakan rasio antara tegangan yang diterima dan regangan pada kondisi elastis. Modulus elastisitas yang tinggi menunjukkan bahwa beton tersebut

lebih kaku dan mampu menahan beban tanpa mengalami deformasi yang signifikan.

5. Pengaturan *property* → *create material* → *steel material* → *plastic*.



Gambar 3.26 Pengaturan *Property* Plastisitas Material Baja

(Sumber : Pribadi)

Nilai plastisitas atau *plastic* beton merupakan nilai kemampuan beton untuk mengalami deformasi permanen ketika diberi gaya. Hal ini berarti bahwa beton dapat berubah bentuk secara permanen tanpa rusak sepenuhnya, meskipun telah melewati batas elastisitas nya.

3.3.2. Penentuan *Boundary Conditions*

Boundary condition (BC) merupakan syarat batas yang digunakan untuk menentukan arah gerakan part pada proses analisis. Berikut penentuan *boundary conditions* :

1. *Load* → *create boundary* → kategori *mechanical* → *type symmetry or anti symmetry*.

3.3.3. Pengaturan Analisis

Pengaturan analisis diawali dengan penentuan *mesh (meshing)* dalam perangkat lunak simulasi elemen hingga. Berikut cara penentuan *mesh* :

a. *Discretization dan Mesh Generation*

1. Pengaturan *mesh* → part pilih *concrete column* → *global seeds* → *global size 100 mm* → *mesh part* → oke.

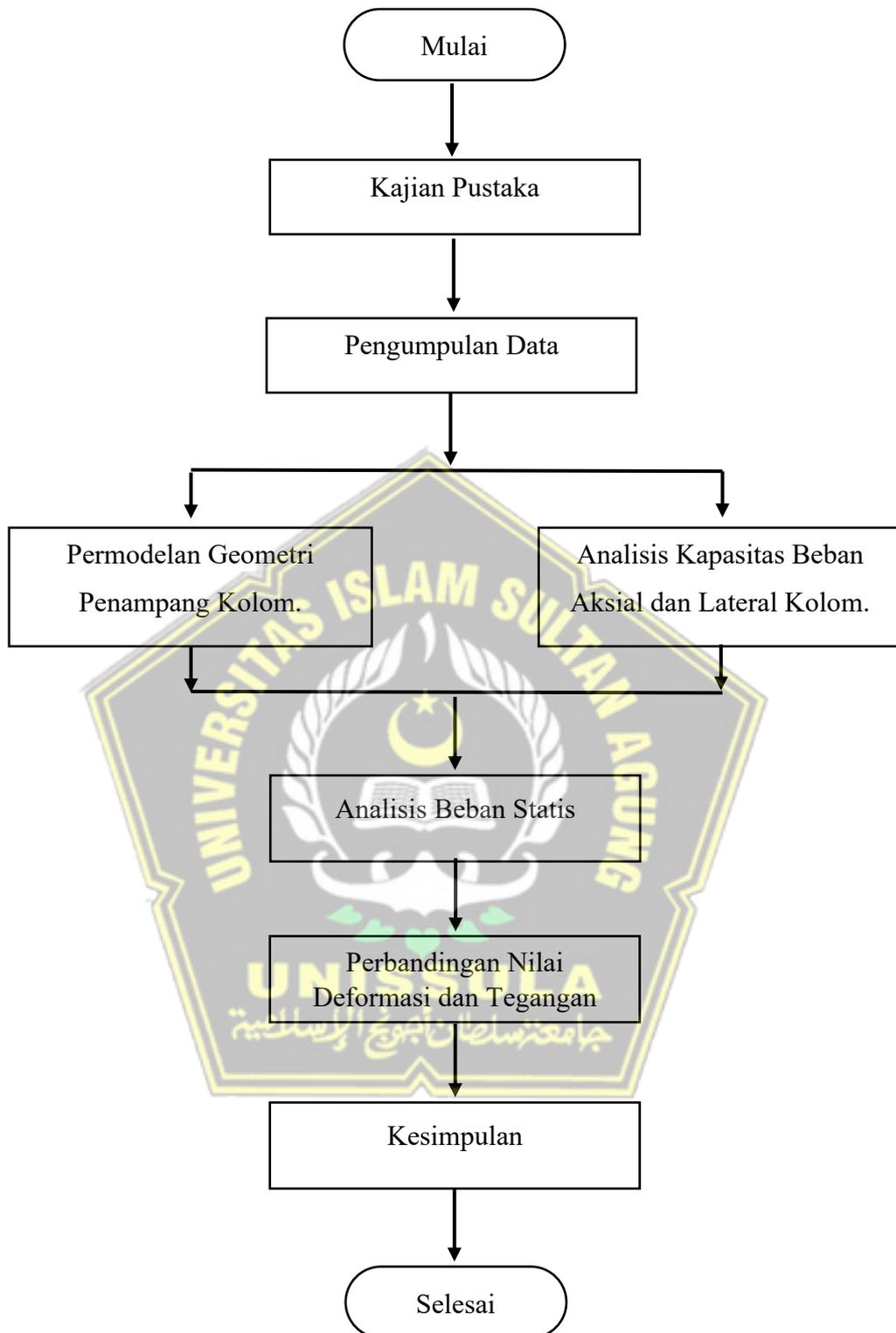


Gambar 3.30 Pengaturan *Mesh* Pada Kolom
(Sumber : Pribadi)

2. Pengaturan *mesh* → part pilih *long steel* → *global seeds* → *global size 100 mm* → *mesh part* → oke.
3. Pengaturan *mesh* → part pilih sengkang → *global seeds* → *global size 100 mm* → *mesh part* → oke.

3.4. Diagram Alir Penulisan

Dibawah ini merupakan urutan dan bagan pengerjaan yang sudah dilakukan untuk memudahkan proses pengerjaan dalam analisis kolom persegi, persegi panjang, dan kolom lingkaran sebagai berikut :



Gambar 3.31 Diagram Alir Penulisan

(Sumber : Penulis)

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1. Deskripsi Model dan Kondisi Uji

Kolom yang diuji pada penelitian ini, yaitu kolom persegi, kolom lingkaran (bulat), dan kolom persegi panjang. Ketiga kolom ini memiliki panjang yang sama, tetapi dengan dimensi penampang yang berbeda. Kolom persegi memiliki penampang berbentuk persegi panjang atau bujur sangkar, sedangkan kolom lingkaran memiliki penampang berbentuk lingkaran.

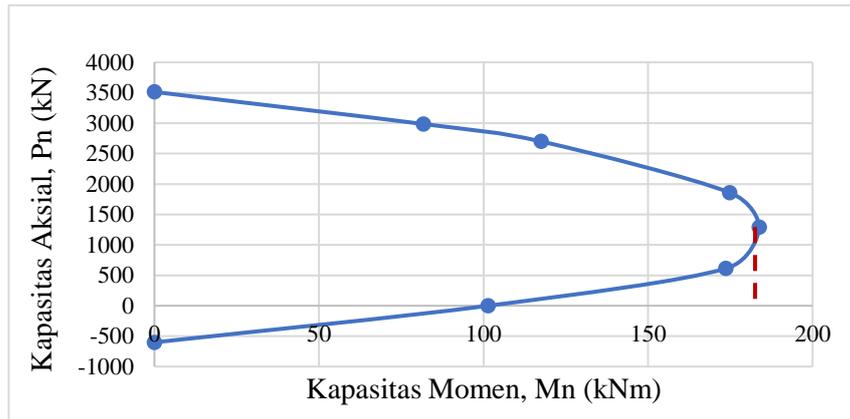
4.1.1. Grafik Hubungan Interaksi Kolom

Variasi bentuk penampang kolom yang ditinjau adalah tiga bentuk penampang kolom yaitu kolom dengan penampang persegi, penampang lingkaran, dan penampang persegi panjang. Kolom didesain dengan luas penampang beton dan luas tulangan yang sama. Berikut ini adalah dimensi kolom yang didapat dari metode trial and error pada perangkat lunak *SP Column*.

Berdasarkan hasil uji numerik dari ketiga model bentuk penampang kolom yang didesain dengan mutu beton yang sama menggunakan software *SP Column* dapat diperoleh kurva hubungan kombinasi beban aksial dan beban lateral sebagaimana yang ditunjukkan pada gambar 4.1, gambar 4.2, dan gambar 4.3 di bawah ini.

a. Diagram Interaksi Kolom Penampang Lingkaran

Data output kolom lingkaran di dapatkan hasil dari software *SP Column* sebagai berikut :



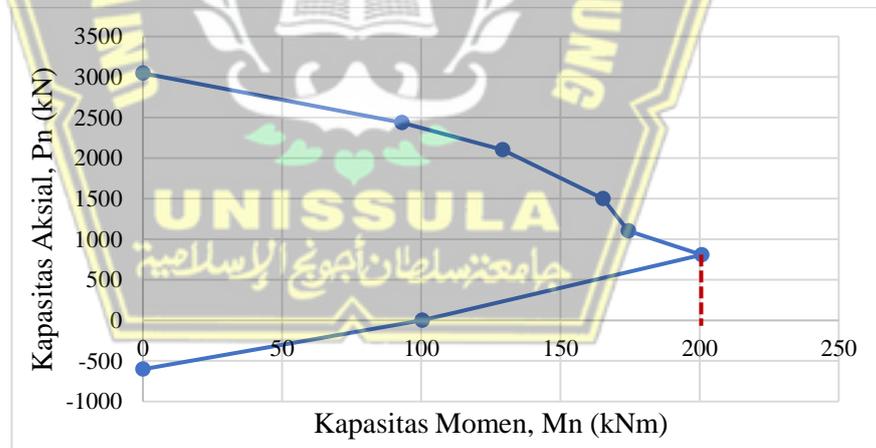
Gambar 4.1 Diagram Interaksi Kolom Lingkaran

(Sumber : Pribadi)

Diagram interaksi kolom lingkaran di atas menunjukkan besarnya beban aksial yang mampu ditahan kolom lingkaran dengan diameter kolom D 450 mm sebesar 3512 kN, dengan kapasitas batas momen sebesar 184 kNm.

b. Diagram Interaksi Kolom Penampang Persegi

Data output kolom persegi di dapatkan hasil dari software *SP Column* sebagai berikut :



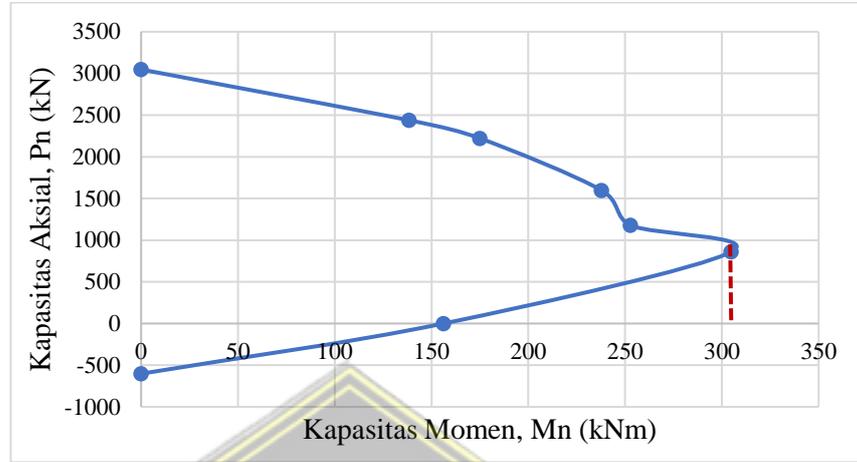
Gambar 4.2 Diagram Interaksi Kolom Persegi

(Sumber : Pribadi)

Diagram interaksi kolom persegi diatas menunjukkan besarnya beban aksial yang mampu ditahan kolom persegi dengan dimensi kolom 400 × 400 mm sebesar 3047 kN, dengan kapasitas batas momen sebesar 200 kNm.

c. **Diagram Interaksi Kolom Penampang Persegi Panjang**

Data output kolom persegi panjang di dapatkan hasil dari software *SP Column* sebagai berikut :



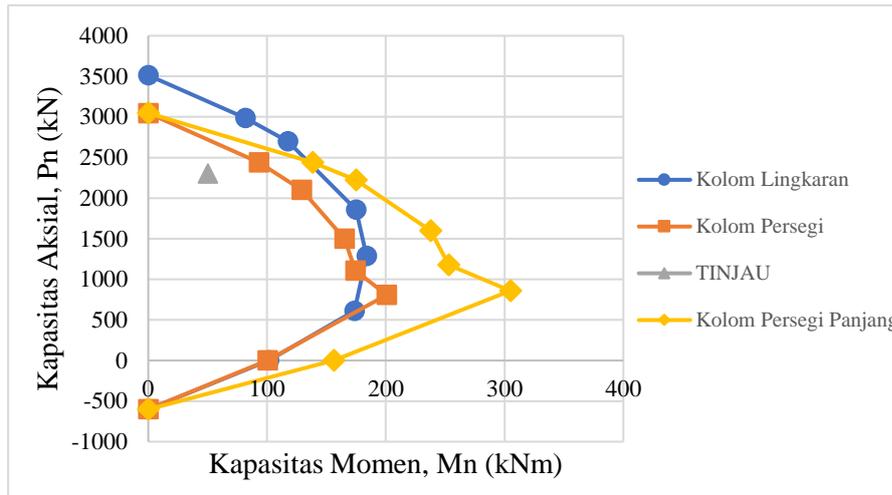
Gambar 4.3 Diagram Interaksi Kolom Persegi Panjang

(Sumber : Pribadi)

Diagram interaksi kolom persegi panjang diatas menunjukkan besarnya beban aksial yang mampu ditahan kolom persegi panjang dengan dimensi kolom 600×270 mm sebesar 3047 kN, dengan kapasitas batas momen sebesar 305 kNm.

4.1.2. Penentuan Kombinasi Beban Aksial dan Lateral

Penentuan kombinasi beban aksial dan beban lateral di pilih dari titik tinjau diagram interaksi kolom, dimana diagram interaksi kolom ini didapatkan dari hasil *output* software *SP Column*. Untuk menentukan besarnya kombinasi beban yang telah di rencanakan dapat di lihat pada grafik gambar 4.4 di bawah ini :



Gambar 4.4 Penentuan Kombinasi Beban Aksial dan Lateral

(Sumber : Pribadi)

Grafik diatas menunjukkan besarnya kombinasi beban aksial dan beban lateral yang akan digunakan dalam mendesain model penampang kolom. Pada arah sumbu y menunjukkan kekuatan gaya nominal (Pn), dan untuk arah sumbu x menunjukkan besarnya momen nominal (Mn).

Perhitungan penentuan besarnya beban aksial dan beban lateral dapat dilihat pada hasil tampilan diagram diatas, sebagai berikut :

Data Hasil :

$$P_n = 2300 \text{ kN} \approx 2300000 \text{ N}$$

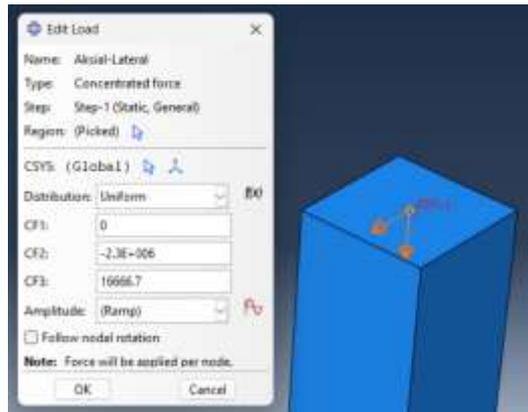
$$M_n = 50 \text{ kNm}$$

Penentuan beban lateral dapat di hitung menggunakan Rumus sebagai berikut :

$$M = P \times L \dots\dots\dots 4.1$$

$$\begin{aligned}
 P \text{ Lateral} &= \frac{\text{Momen}}{\text{Panjang Bentang Kolom}} \\
 &= \frac{50}{3} \\
 &= 16,6666 \text{ kNm} \\
 &= 16666,7 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Jadi, untuk input kombinasi beban dalam analisis metode elemen hingga beban aksial sebesar 2300000 N dan beban lateral sebesar 16666,7 N.



Gambar 4.5 Input Beban Kombinasi
(Sumber : Pribadi)

4.2. Hasil Analisis

Dalam penelitian ini, model didesain menggunakan metode elemen hingga untuk melakukan analisis elemen hingga pada struktur kolom kantilever. Hasil analisis menunjukkan bahwa struktur kolom mampu menahan beban yang diberikan dengan baik, dengan faktor keamanan yang memenuhi standar yang ditetapkan. Melalui analisis, peneliti dapat mengamati distribusi tegangan dan deformasi pada elemen-elemen struktur, yang dimana memberikan gambaran jelas tentang perilaku material di bawah kondisi beban tertentu.

Dalam melakukan analisis metode elemen hingga daerah titik sambungan atau kolom pengait (*Boundary Conditions*) mengalami konsentrasi tegangan yang lebih tinggi dibandingkan dengan bagian lain. Hasil yang didapatkan dapat dilihat pada visualisasi kontur tegangan yang dihasilkan dari penggunaan metode elemen hingga, di mana warna merah menunjukkan area dengan tegangan maksimum, sedangkan warna biru menunjukkan area dengan tegangan minimum.

Tabel 4.1 Output Nilai Deformasi

Dimensi (mm)	Deformasi (mm)		Luas Penampang (mm ²)
	U2	U3	
D450	-1,93	2,94	158963
400 × 400	-1,74	2,52	160000
600 × 270	-1,65	1,12	162000

(Sumber : Pribadi)

Tabel 4.2 *Output* Nilai Tegangan Normal

Dimensi	Tegangan S11 (MPa)		Tegangan S22 (MPa)		Tegangan S33 (MPa)	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max
D450	-139,00	28,63	-20,18	-9,68	-2,52	0,51
400 × 400	-123,50	24,90	-18,60	-9,72	-2,42	0,56
600 × 270	-114,60	24,72	-17,94	-10,56	2,65	0,45

(Sumber : Pribadi)

4.2.1. Model Kontur Deformasi Pada Kolom

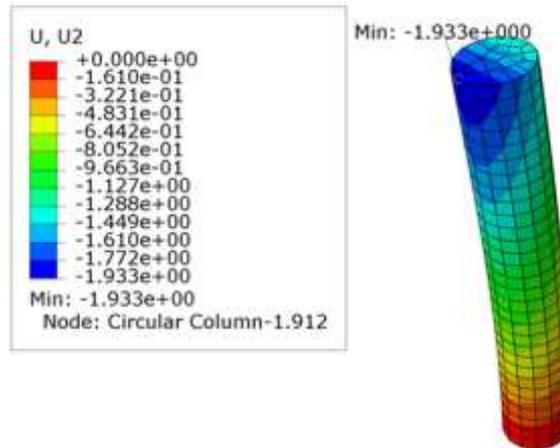
Model kontur deformasi pada kolom digunakan untuk memvisualisasikan kolom yang mengalami perubahan bentuk akibat beban yang diterima. Deformasi pada kolom terjadi akibat adanya respons kolom terhadap beban tekan dan tarik, yang menyebabkan kolom dapat mengalami pergeseran.

Kontur deformasi memberikan gambaran visual mengenai seberapa besar deformasi yang terjadi pada posisi titik kolom. Kontur deformasi ini dapat berupa deformasi geser (kolom yang mengalami pemendekan), deformasi aksial (kolom yang mengalami perubahan panjang), dan deformasi lentur (kolom yang mengalami pembengkokan).

a. Kolom Lingkaran

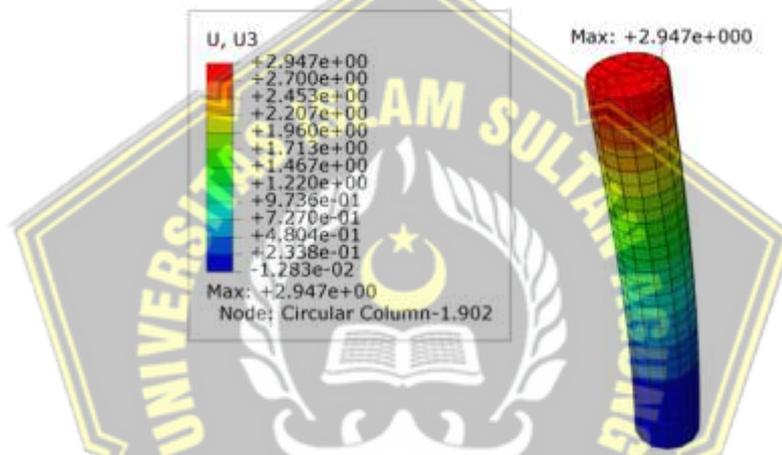
Modul kontur deformasi pada kolom penampang lingkaran metode elemen hingga membantu visualisasi dan analisis bagaimana kolom lingkaran ter deformasi akibat beban yang ditimbulkan. Dengan hasil analisis, kolom lingkaran terdistribusi di sepanjang kolom.

Model kontur deformasi ini menggambarkan sejauh mana kolom penampang lingkaran mengalami perubahan bentuk atau mengalami pergeseran pada titik tertentu dalam model.



Gambar 4.6 Deformasi Arah Sumbu Y

(Sumber : Pribadi)



Gambar 4.7 Deformasi Arah Sumbu Z

(Sumber : Pribadi)

Hasil kontur deformasi pada kolom penampang lingkaran arah sumbu y dan arah sumbu z menunjukkan distribusi perubahan bentuk terjadi akibat gaya yang diberikan pada struktur kolom penampang lingkaran.

Pada arah sumbu y deformasi terjadi pada bagian tengah yang mengalami beban paling besar pada arah gaya yang dipusatkan. Kolom Penampang lingkaran cenderung menunjukkan perubahan bentuk relatif tinggi diakibatkan adanya deformasi yang cukup besar. Pada bawah penampang kolom menunjukkan nilai deformasi diperoleh sebesar -1,93 mm.

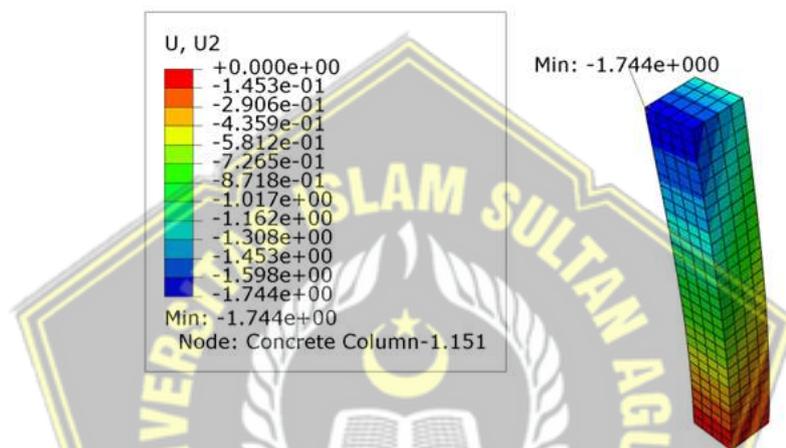
Sementara arah sumbu z deformasi terjadi pada bagian atas kolom penampang lingkaran sebesar 2,94 mm sehingga pada bagian bawah kolom

penampang lingkaran menunjukkan penampang kolom mengalami deformasi yang paling tinggi diantara ketiga variasi penampang kolom.

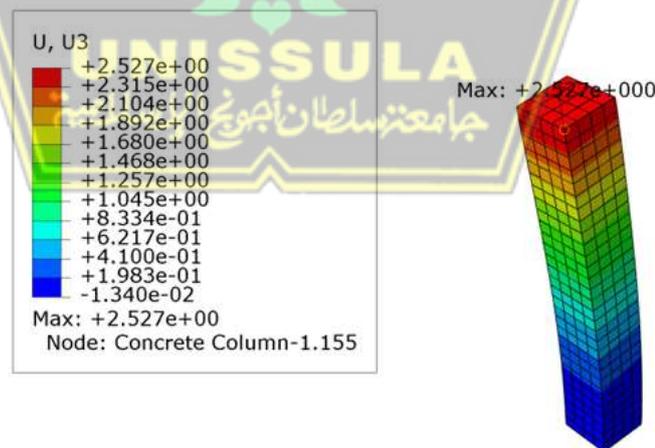
b. Kolom Persegi

Model kontur deformasi pada kolom penampang persegi dalam analisis elemen hingga menggambarkan distribusi perubahan bentuk atau deformasi yang di alami pada struktur kolom persegi akibat beban yang diberikan.

Model kontur deformasi ini menggambarkan sejauh mana kolom penampang persegi mengalami perubahan bentuk atau mengalami pergeseran pada titik tertentu dalam model.



Gambar 4.8 Deformasi Arah Sumbu Y
(Sumber : Pribadi)



Gambar 4.9 Deformasi Arah Sumbu Z
(Sumber : Pribadi)

Hasil kontur deformasi pada kolom penampang persegi arah sumbu y dan arah sumbu z menunjukkan distribusi perubahan bentuk terjadi akibat gaya yang diberikan pada struktur kolom penampang persegi.

Pada arah sumbu y deformasi terjadi pada bagian tengah yang mengalami beban paling besar pada arah gaya yang dipusatkan. Kolom penampang persegi cenderung menunjukkan perubahan bentuk relatif tinggi diakibatkan adanya deformasi yang cukup besar. Pada bawah kolom penampang persegi menunjukkan nilai deformasi yang berbeda dari kolom penampang lingkaran, dimana kolom penampang persegi memiliki nilai deformasi sebesar -1,74 mm.

Pada arah sumbu z deformasi kolom penampang persegi terjadi pada bagian atas kolom penampang persegi sebesar 2,52 mm sehingga pada bagian bawah kolom penampang persegi menunjukkan kolom penampang persegi mengalami deformasi yang relative tinggi.

c. Kolom Persegi Panjang

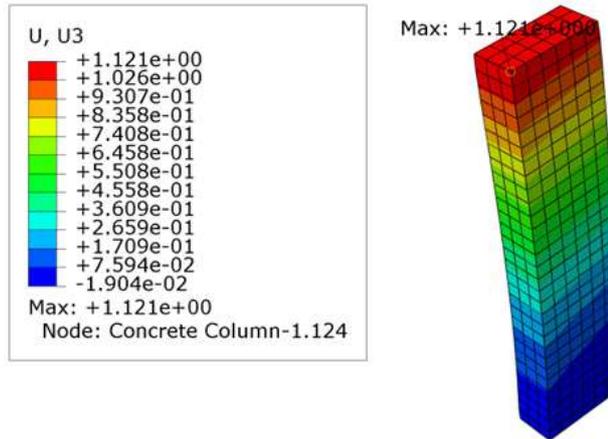
Modul kontur deformasi pada kolom penampang persegi panjang dalam analisis elemen hingga menggambarkan distribusi deformasi atau pergeseran yang terjadi pada kolom persegi panjang akibat beban yang diterapkan.

Model kontur deformasi ini menggambarkan sejauh mana kolom penampang lingkaran mengalami perubahan bentuk atau mengalami pergeseran pada titik tertentu dalam model.



Gambar 4.10 Deformasi Arah Sumbu Y

(Sumber : Pribadi)



Gambar 4.11 Deformasi Arah Sumbu Z

(Sumber : Pribadi)

Hasil kontur deformasi pada kolom penampang persegi panjang arah sumbu y dan arah sumbu z menunjukkan distribusi perubahan bentuk terjadi akibat gaya yang diberikan pada struktur kolom penampang persegi panjang.

Pada arah sumbu y deformasi terjadi pada bagian tengah yang mengalami beban paling besar pada arah gaya yang dipusatkan. Kolom penampang persegi panjang cenderung menunjukkan perubahan bentuk relatif kecil diakibatkan adanya deformasi yang cukup besar. Pada bawah kolom penampang persegi panjang menunjukkan nilai deformasi yang berbeda dari kolom penampang lingkaran dan kolom penampang persegi, dimana kolom penampang persegi panjang memiliki nilai deformasi sebesar -1,65 mm.

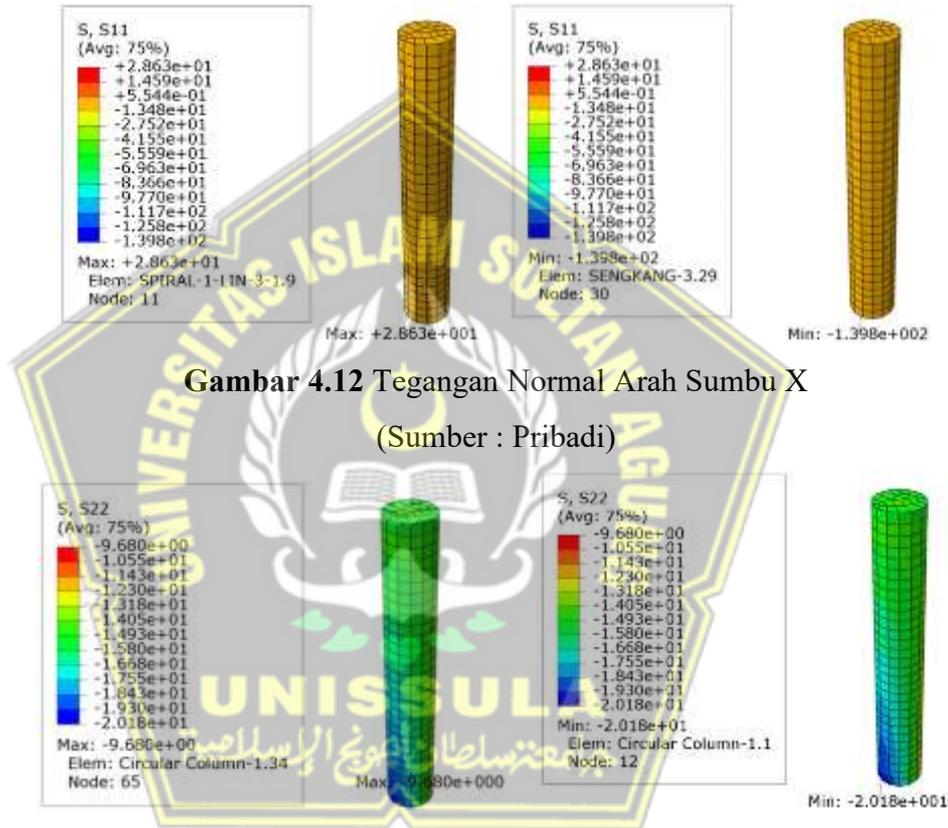
Pada arah sumbu z deformasi kolom penampang persegi panjang terjadi pada bagian atas kolom penampang persegi panjang sebesar 1,12 mm sehingga pada bagian bawah kolom penampang persegi panjang menunjukkan kolom penampang persegi panjang mengalami deformasi yang relative kecil, dari kedua variasi kolom.

4.2.2. Modul Kontur Tegangan Pada Kolom

Model kontur tegangan pada kolom di hasilkan dari visualisasi pada distribusi tegangan yang ada pada kolom. Kontur tegangan digunakan untuk menggambarkan distribusi tegangan yang terjadi akibat beban yang diterima. Sehingga kolom dapat menghasilkan berbagai jenis tegangan seperti tegangan tarik, dan tekan.

a. Kolom Lingkaran

Model kontur tegangan yang di hasilkan dari visualisasi pada kolom penampang lingkaran menggambarkan bagaimana tegangan terdistribusi di sepanjang kolom dengan bentuk melingkar dengan adanya beban yang diterima. Kolom lingkaran memiliki karakteristik distribusi tegangan yang berbeda dibandingkan dengan kolom penampang persegi. Berikut adalah data *output* yang dihasilkan dari analisis menggunakan metode elemen hingga mengenai model kontur tegangan pada kolom penampang lingkaran :

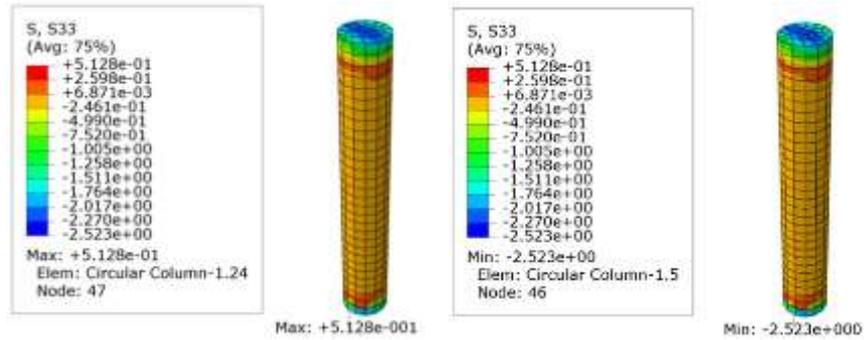


Gambar 4.12 Tegangan Normal Arah Sumbu X

(Sumber : Pribadi)

Gambar 4.13 Tegangan Normal Arah Sumbu Y

(Sumber : Pribadi)



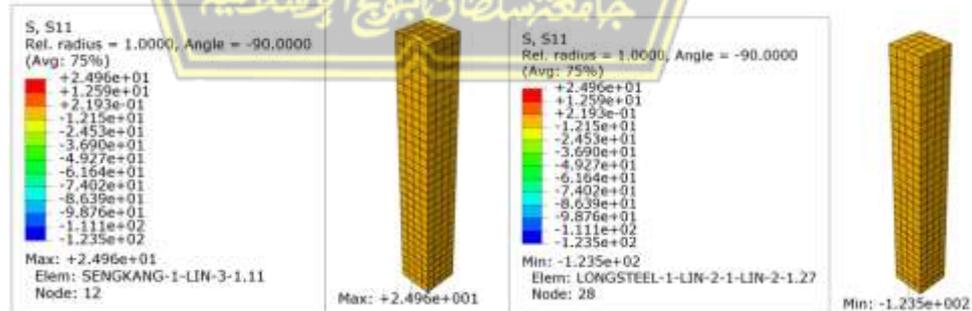
Gambar 4.14 Tegangan Normal Arah Sumbu Z

(Sumber : Pribadi)

Pada kolom penampang lingkaran tegangan arah sumbu x menampilkan hasil *output* sebesar 28,63 MPa, tegangan arah sumbu y sebesar -9,68 MPa, dan tegangan arah sumbu z sebesar 0,51 MPa. Pada kolom penampang lingkaran menghasilkan nilai tegangan yang paling tinggi.

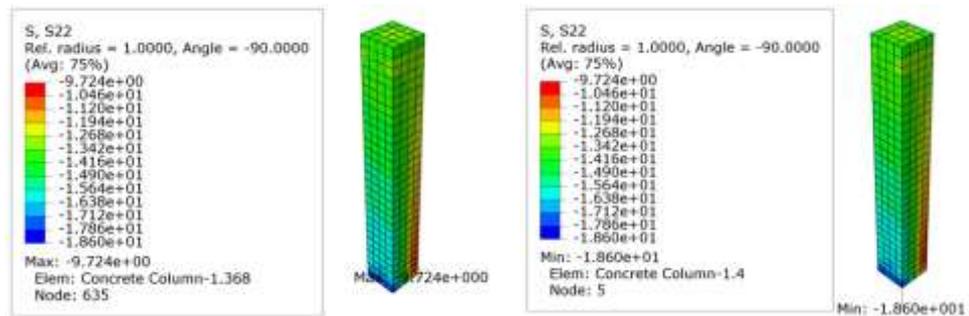
b. Kolom Persegi

Model kontur tegangan yang di hasilkan dari visualisasi pada kolom penampang persegi menggambarkan distribusi tegangan yang terjadi pada kolom persegi di akibatnya adanya beban yang diterima kolom. Kolom persegi mengalami tegangan tekan di sepanjang sumbu vertikal nya, sehingga mengakibatkan distribusi tegangan yang terjadi tidak merata di seluruh bagian penampang kolom. Berikut adalah data *output* yang dihasilkan dari analisis menggunakan metode elemen hingga mengenai model kontur tegangan pada kolom penampang persegi :

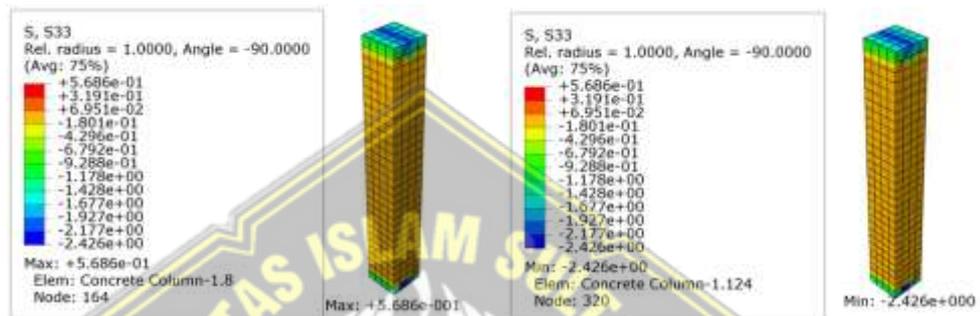


Gambar 4.15 Tegangan Normal Arah Sumbu X

(Sumber : Pribadi)



Gambar 4.16 Tegangan Normal Arah Sumbu Y
(Sumber : Pribadi)

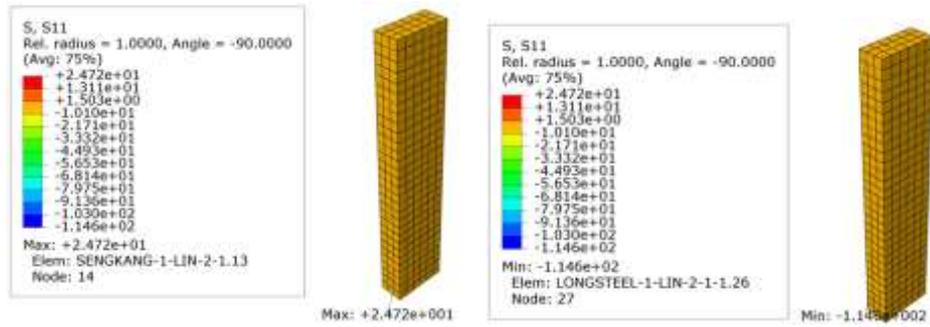


Gambar 4.17 Tegangan Normal Arah Sumbu Z
(Sumber : Pribadi)

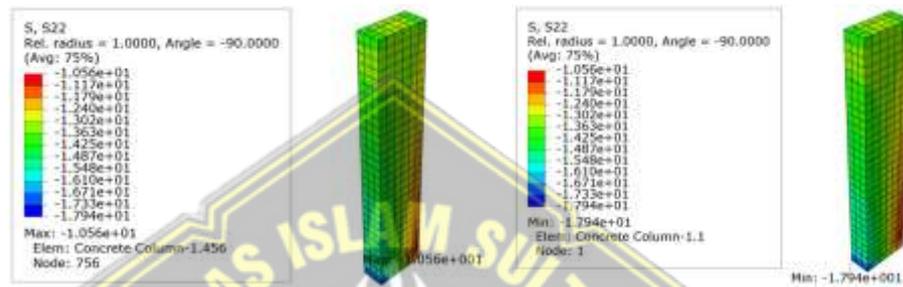
Pada kolom penampang persegi tegangan arah sumbu x menampilkan hasil *output* sebesar 24,90 MPa, tegangan arah sumbu y sebesar -9,72 MPa, dan tegangan arah sumbu z sebesar 0,56 MPa. Pada kolom penampang persegi menghasilkan nilai tegangan yang relative kecil dibandingkan kolom penampang lingkaran.

c. Kolom Persegi Panjang

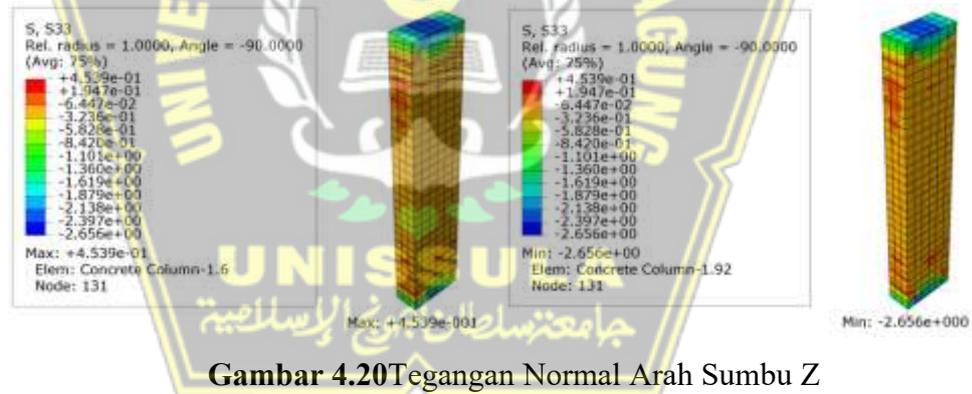
Model kontur tegangan yang di hasilkan dari visualisasi pada kolom penampang persegi panjang menggambarkan bagaimana distribusi tegangan terjadi pada kolom dengan penampang berbentuk persegi panjang akibat beban yang diterima. Kolom persegi panjang memiliki distribusi tegangan yang lebih kompleks dibandingkan dengan kolom lingkaran dan kolom persegi, terutama dalam bentuk geometri dan orientasi beban. Berikut adalah data *output* yang dihasilkan dari analisis menggunakan metode elemen hingga mengenai model kontur tegangan pada kolom penampang persegi panjang :



Gambar 4.18 Tegangan Normal Arah Sumbu X
(Sumber : Pribadi)



Gambar 4.19 Tegangan Normal Arah Sumbu Y
(Sumber : Pribadi)



Gambar 4.20 Tegangan Normal Arah Sumbu Z
(Sumber : Pribadi)

Pada kolom penampang persegi panjang tegangan arah sumbu x menampilkan hasil *output* sebesar 24,72 MPa, tegangan arah sumbu y sebesar -10,56 MPa, dan tegangan arah sumbu z sebesar 0,45 MPa. Pada kolom penampang persegi panjang menghasilkan nilai tegangan yang paling kecil dibandingkan kolom penampang lingkaran dan kolom penampang persegi.

4.3. Perbandingan Hasil Analisis

Hasil dari analisis menggunakan metode elemen hingga, perbandingan nilai deformasi dan tegangan pada kolom penampang lingkaran, kolom penampang persegi, dan kolom penampang persegi panjang dapat dilihat pada data tabel 4.3 di bawah.

Pada hasil analisis deformasi arah sumbu y dapat dilihat bahwa nilai terkecil terjadi pada kolom penampang lingkaran sebesar -1,93 mm. jika dibandingkan dengan deformasi sumbu y pada kolom penampang persegi -1,74 mm, dan kolom penampang persegi panjang -1,65 mm. Hasil perbandingan deformasi ini bisa dipengaruhi oleh gaya momen inersia, dimana kolom penampang lingkaran memiliki momen inersia paling kecil jika dibandingkan dengan kolom penampang persegi dan kolom penampang persegi panjang. Dengan selisih masing-masing momen inersia antara penampang kolom lingkaran dengan kolom penampang persegi sebesar 6%, sedangkan untuk kolom penampang lingkaran dengan kolom penampang persegi panjang sebesar 139%.

Tabel 4.3 Hasil *Output* dari Beban Kombinasi

Dimensi (mm)	Deformasi (mm)		Tegangan S11 (MPa)		Tegangan S22 (MPa)		Tegangan S33 (MPa)	
	U2	U3	Min	Max	Min	Max	Min	Max
D450	-1,93	2,94	-139,00	28,63	-20,18	-9,68	-2,52	0,51
400 × 400	-1,74	2,52	-123,50	24,90	-18,60	-9,72	-2,42	0,56
600 × 270	-1,65	1,12	-114,60	24,72	-17,94	-10,56	2,65	0,45

(Sumber : Pribadi)

Tabel 4.4 Momen Inersia Kolom

Dimensi (mm)	Momen Inersia Arah Sumbu Kuat (kN.mm ²)	Persentase (%)
D450	201187	-
400 × 400	213333	6
600 × 270	480600	139

(Sumber : Pribadi)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan dari penelitian Laporan Tugas Akhir antara lain sebagai berikut :

1. Kolom penampang lingkaran memiliki nilai deformasi paling kecil dibandingkan kolom penampang persegi, dan kolom penampang persegi panjang. Analisis metode elemen hingga diperoleh nilai deformasi pada kolom penampang lingkaran sebesar -1,93 mm, kolom penampang persegi -1,74 mm, sedangkan kolom penampang persegi panjang -1,65 mm.
2. Didapatkan hasil output penggunaan metode elemen hingga tegangan paling tinggi ditunjukkan pada kolom penampang lingkaran, sedangkan tegangan paling rendah ditunjukkan pada kolom penampang persegi panjang. Untuk nilai tegangan dari kolom penampang lingkaran sebesar 28,63 MPa, penampang kolom persegi 24,90 MPa, dan penampang kolom persegi panjang 24,72 MPa.

5.2. Saran

Saran yang didapatkan dari penelitian Laporan Tugas Akhir antara lain sebagai berikut :

1. Perbandingan nilai tegangan dan nilai deformasi antara kolom penampang lingkaran, persegi, dan persegi panjang akibat kombinasi beban aksial dan beban lateral, sebaiknya peneliti selanjutnya memberikan analisis yang lebih kompleks mengenai variasi bentuk penampang kolom terhadap deformasi dan tegangan.
2. Penulisan mengenai perbandingan nilai deformasi dan nilai tegangan akibat kombinasi beban aksial dan beban lateral, juga perlu menganalisis faktor-faktor apa saja yang dapat mempengaruhi kinerja struktural setiap variasi bentuk penampang kolom.

DAFTAR PUSTAKA

- Anam, M. K., Amir, F., & Sutrisno, M. (2024). Perbandingan Kapasitas Kolom Beton Bertulang Berdasarkan Variasi Bentuk Sengkang dengan Analisis Finite Element Method. *REKONSTRUKSI TADULAKO: Civil Engineering Journal on Research and Development*, 9-16.
- Dewi, R., Artana, I. W., & Laintarawan, I. P. (2024). PERBANDINGAN KINERJA STRUKTUR KOLOM BULAT DAN KOLOM PERSEGI BETON BERTULANG TERHADAP BEBAN GEMPA DENGAN ANALISIS PUSHOVER. *Widya Teknik*, 20(1), 31-37.
- Ertanto, R., Giri, D., & Putra, D. (2015). Analisa Perbandingan Perilaku Struktur Pada Gedung Dengan Variasi Bentuk Penampang Kolom Beton Bertulang. *Jurnal Ilmiah Elektronik iInfrastruktur Sipil*, 1-8.
- Frans, R., Thioriks, F., Tanijaya, J., & Kalangi, H. T. (2013). Analisis Diagram Interaksi Kolom Pada Perencanaan Kolom Pipih Beton Bertulang (042s).
- Hamzah, A., Giawa, S. A., & malik Hasibuan, M. H. (2022). PERBANDINGAN EFISIENSI KOLOM PERSEGI DAN KOLOM BULAT PADA PEMBANGUNAN PASAR TRADISIONAL PASAR BARU PANYABUNGAN KABUPATEN MANDAILING NATAL. *Jurnal Bidang Aplikasi Teknik Sipil dan Sains*, 1(2).
- Mulyono, B. (2006). Program Komputer Untuk Perhitungan Kolom Beton Akibat Beban Aksial Tekan Dan Lentur Biaksial Pada Rangka Dengan Pengaku (Braced Frame) Dan Tanpa Pengaku (Sway Frame). *Dinamika Rekayasa*, 2(1), 23-28.
- Oktarina, D., Sebayang, S., & Paundra, Q. (2019). LISIS STRUKTUR KOLOM BETON BERTULANG PERSEGI DAN BULAT DENGAN PROGRAM SAP. *Jurnal Rekayasa, Teknologi, dan Sains*, 3(1).
- Ramosta, B., Islam, M., Wahyuni, A. S., Gunawan, A., & Afrizal, Y. (2023). STUDI PERBANDINGAN ANALISIS KOLOM BETON BERTULANG BERBENTUK+(PLUS-SHAPED COLUMN) DENGAN KOLOM BERBENTUK PERSEGI. *Inersia: Jurnal Teknik Sipil*, 15(2), 154-163.

Simanjuntak, J. O., & Harefa, H. P. (2021). Analisis Perbandingan Kolom Persegi dan Kolom Bulat dengan Mutu Beton, Luas Penampang dan Luas Tulangan yang Sama. *Jurnal Construct*, 1(1), 11-24.

Violeta, I. (2024). ANALISA PENGARUH VARIASI BENTUK DAN KONFIGURASI KOLOM TERHADAP PERIODE GETAR STRUKTUR. *Jurnal Teknologi Infrastruktur*, 3(1), 1-11.

