

**Studi Kemampuan Layan Kolom Gedung *Business and Education Center* UIN KHAS
Jember Berdasarkan SNI 2847:2019 dan 1726:2019**
*Study of Column Serviceability of Business and Education Center Building of UIN
KHAS Jember Based on SNI 2847:2019 and 1726:2019*

Muhammad Ardiansyah¹, Pujo Priyono², Muhtar³

¹ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember

Email : muhammadardiansyah2809@gmail.com

² Dosen Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember

Email : pujopriyono@unmuhjember.ac.id

³ Dosen Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember

Email : muhtar@unmuhjember.ac.id

Abstrak

Latar belakang studi ini adalah adanya variasi diameter tulangan pada desain kolom yang menyebabkan distribusi tulangan tidak merata, sehingga dapat memengaruhi respons struktur terhadap beban gempa. Penelitian ini mengkaji kinerja layanan struktur kolom pada rencana Gedung *Business and Education Center* UIN Kiai Haji Achmad Siddiq Jember. Fokus penelitian adalah kolom, mengingat perannya yang sangat penting bagi jaminan stabilitas dan keamanan bangunan. Metodologi yang digunakan meliputi pemodelan struktur 3D menggunakan perangkat lunak SAP2000, dengan mempertimbangkan beban mati, beban hidup, dan beban gempa. Analisis dilengkapi dengan pemeriksaan interaksi penampang dan evaluasi stabilitas struktur, termasuk verifikasi bahwa koefisien stabilitas (θ) berada di bawah batas maksimum 0,1. Hasil penelitian menunjukkan bahwa, meskipun distribusi tulangan kolom tidak seragam, struktur masih memenuhi kriteria layanan dan keselamatan seismik sesuai standar. Temuan ini menegaskan perlunya peninjauan desain penulangan kolom agar distribusi tulangan lebih merata dan kinerja tahan gempa terus terjamin.

Kata kunci: gedung BEC, kemampuan layan, kolom, SNI, UIN KHAS jember.

Abstract

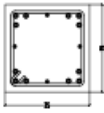
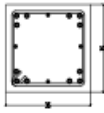
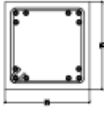
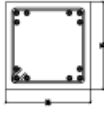
The research was motivated by inconsistencies in the column reinforcement diameters found in the design, which result in uneven reinforcement distribution and may affect the structure's seismic response. This study examines the serviceability performance of column structures in the planned Business and Education Center building at UIN Kiai Haji Achmad Siddiq Jember, referring to the standards of SNI 2847:2019 and SNI 1726:2019. The focus is placed on the columns due to their critical role in maintaining the stability and safety of the building. The methodology involves three-dimensional structural modeling using SAP2000 software, taking into account dead loads, live loads, and earthquake loads. The analysis also includes a cross-section interaction review and structural stability evaluation, particularly ensuring that the stability coefficient (θ) remains below the limit of 0.1. The findings indicate that, despite the irregular reinforcement distribution, the column structures still meet the required serviceability and seismic safety standards. These results highlight the importance of reassessing the reinforcement design to achieve a more uniform distribution and ensure optimal seismic performance.

Keywords: BEC building, serviceability, columns, SNI standards, UIN KHAS jember.

1. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Bangunan adalah struktur buatan manusia yang terdiri atas struktur dinding dan atap yang dibangun secara tetap di suatu lokasi. Struktur tersebut juga sering disebut sebagai tempat tinggal dan bangunan, meliputi semua sarana, prasarana, atau infrastruktur pada budaya atau kehidupan manusia sebagai rekayasa peradaban. Bangunan merupakan bidang ilmu yang mempelajari aspek-aspek terkait perencanaan dan pelaksanaan pembangunan serta perbaikan struktur. Pada pelaksanaan bangunan, diupayakan agar efisien dan memenuhi standar terkait material, konstruksi, serta pelaksanaannya. Penyediaan layanan dan fasilitas infrastruktur yang bermutu. Diperlukan adanya sarana dan prasarana yang dapat meningkatkan pelayanan publik, salah satunya adalah pengembangan infrastruktur pada sektor pendidikan. Dengan demikian, sebagai mendukung upaya pemerintah pada rencana pembangunan serta peningkatan mutu pendidikan di Indonesia, khususnya di Jember, dilakukan pengembangan infrastruktur Gedung Business and Education Center di UIN Kiyai Haji Achmad Siddiq Jember. Suatu bangunan yang bertingkat, banyak faktor yang mempengaruhi pada desain strukturnya, salah satunya berkaitan dengan sebaran tulangan kolom dan persyaratan-persyaratan teknis yang diatur oleh SNI di Indonesia, yakni SNI 1726:2019 dan SNI 2847:2019. Gedung *Busines and Education Center* UIN Kiyai Haji Achmad Siddiq Jember, telah direncanakan oleh PT. Dieng Agung. Memperhatikan atas hasil desain, khususnya penulangan kolom (seperti Gambar 1.), terlihat bahwa terdapat perbedaan diameter tulangan kolom yang mengakibatkan tidak seragamnya titik berat, sehingga penyebaran tulangan menjadi kolom tidak merata. Akan tetapi, sesuai dengan ketentuan SNI 1726:2019 tentang perencanaan ketahanan gempa, struktur bangunan gedung harus dirancang agar mampu menahan beban gempa yang menuntut perhatian khusus pada penulangan agar dapat menahan beban dengan aman dan efektif.

CODE	TULANGAN	
	TUMP.BAWAH/ATAS	LAPANGAN
Kolom K 35x35		
	TUL. POKOK	12D22+4D16
	TUL. SENGKANG	D13-75
	TUL. IKAT (TIES)	D13-150
Kolom K3 35x35		
	TUL. POKOK	12D19
	TUL. SENGKANG	D13-75
	TUL. IKAT (TIES)	D13-150

Gambar 1. Penulangan Kolom

(Sumber : Gambar Rencana Kolom, 2024)

Maka pada kesempatan Tugas Akhir kali ini, Penulis tertarik mengambil studi kasus pada proyek Gedung *Busines and Education Center* UIN Kiyai Haji Achmad Siddiq Jember ini. Dengan mengambil judul “Studi Analisis Kemampuan Layan Struktur Kolom Rencana Gedung Gedung *Busines and Education Center* UIN Kiyai Haji Achmad Siddiq Jember Jember dengan mengacu pada Standar SNI 2847:2019 dan SNI 1726:2019”.

B. Rumusan Masalah

Rumusan masalah meliputi :

1. Bagaimana kemampuan layan elemen struktur kolom rencana gedung *Busines and Education Center* UIN Kiyai Haji Achmad Siddiq Jember akibat sebaran tulangan kolom yang tidak merata?
2. Bagaimana perilaku struktur gedung *Busines and Education Center* UIN Kiyai Haji Achmad Siddiq Jember akibat Sebaran tulangan kolom yang tidak merata?

C. Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini meliputi :

1. Aspek yang ditinjau hanya struktur kolom hasil rencana.

2. Aspek yang ditinjau adalah konstruksi gedung *Busines and Education Center* UIN Kiyai Haji Achmad Siddiq Jember
3. Tidak membahas secara detail tentang manajemen proyek.

D. Tujuan

Adapun tujuan penelitian berdasarkan latar belakang di atas adalah sebagai berikut

1. Mengetahui kemampuan layan elemen struktur kolom gedung *Busines and Education Center* UIN Kiyai Haji Achmad Siddiq Jember akibat sebaran tulangan kolom yang tidak merata.
2. Mengetahui perilaku struktur gedung *Busines and Education Center* UIN Kiyai Haji Achmad Siddiq Jember akibat sebaran tulangan kolom yang tidak merata.

2. TINJAUAN PUSTAKA

A. Struktur Bangunan Gedung

Struktur sebuah gedung terdiri atas dua bagian utama, yaitu struktur bawah dan struktur atas. Struktur bawah adalah bagian yang terletak di bawah tanah, yang biasanya dikenal sebagai fondasi. Fungsi fondasi ini adalah menahan beban struktur di atasnya agar dapat diteruskan ke tanah di bawahnya. Sementara itu, struktur atas adalah bagian yang berada di atas tanah, yang mencakup: atap, pelat lantai, balok, kolom, dan dinding geser. Balok dan kolom ini menjadi elemen yang saling terhubung dan sering disebut sebagai kerangka atau portal sebuah bangunan (Asroni 2010). Pada bagian atas bangunan, kolom menjadi elemen struktural yang paling krusial yang perlu diperhatikan. Sebab, jika kolom ini mengalami masalah, hal itu dapat menyebabkan seluruh struktur bangunan di atas gedung runtuh (Asroni 2010).

B. Perencanaan Kontruksi

Perencanaan adalah langkah penghitungan yang dilakukan setelah menganalisis struktur. Area perencanaan beton biasa mencakup pemilihan ukuran komponen dan menghitung jumlah tulangan yang dibutuhkan agar penampang komponen memiliki daya dukung yang memadai menahan beban pada kondisi

normal (service load) dan kondisi batas (ultimate load). Rancangan struktur mengikuti prinsip kolom yang kuat dan balok yang lemah, di mana titik plastis direncanakan akan terjadi pada balok guna mendistribusikan energi gempa yang diterima. Pemilihan tipe struktur atas memiliki keterkaitan yang kuat dengan sistem fungsional bangunan. Tahap perancangan struktur menuntut keselarasan antara jenis struktur dan berbagai masalah seperti arsitektur, efisiensi, kemampuan penggunaan, kemudahan eksekusi, serta biaya yang dibutuhkan. Adapun faktor yang menentukan pada pemilihan jenis struktur adalah sebagai berikut:

1. Aspek arsitektural
Pengolahan rencana tata letak, gambar tampak, gambar potongan, serta perspektif, interior, eksterior, dan estetika.
2. Aspek fungsional
Perencanaan efektif struktur bangunan sangat memperhatikan kegunaan gedung tersebut. Sehubungan dengan pemanfaatan ruang, aspek kegunaan memiliki dampak signifikan terhadap ukuran dimensi bangunan yang dirancang.
3. Kekuatan dan kestabilan struktur
Kekuatan dan ketahanan suatu bangunan sangat terkait dengan kemampuannya mendukung berbagai jenis beban yang ada, baik itu beban yang bersifat vertikal maupun beban yang bersifat horizontal, serta stabilitas bangunan baik pada arah vertikal maupun horizontal.
4. Faktor ekonomi dan kemudahan pelaksanaan
Desain harus dapat menopang beban yang direncanakan dengan aman tanpa mengalami tegangan berlebihan atau deformasi melebihi batas yang ditetapkan. Proses pembangunan dan pemeliharaan struktur ini diharapkan dapat dilakukan dengan biaya yang sangat efisien, sambil tetap menjaga standar keamanan dan kenyamanan yang diperlukan.
5. Aspek lingkungan
Aspek lingkungan adalah faktor penting yang memengaruhi proses perencanaan dan pelaksanaan proyek. Diharapkan proyek tersebut dapat memberikan perbaikan pada kondisi lingkungan serta

sosial. Misalnya, saat merancang lokasi dan tata letak, diperlukan perhatian terhadap keadaan lingkungan sekitarnya, termasuk baik dampak yang merugikan maupun yang menguntungkan. Sedangkan pemilihan jenis pondasi (sub structure) yang digunakan menurut (Suryono, 1984) didasarkan pada beberapa pertimbangan yaitu :

1. Keadaan tanah pondasi
Jenis tanah, daya dukung tanah, kedalaman tanah keras dan beberapa hal yang menyangkut keadaan tanah erat dengan jenis pondasi yang dipilih.
2. Pembatasan yang disebabkan oleh konstruksi di atasnya
Keadaan struktur di atas sangat berpengaruh terhadap keputusan jenis pondasi yang akan digunakan, yang meliputi kondisi beban (jumlah beban, arah beban, serta distribusi beban) dan karakteristik dinamis bangunan di atasnya (statis tertentu dan tidak tentu, kekakuan, dan lain-lain).
3. Restriksi di area sekitar
Ini berkaitan dengan tempat proyek, pekerjaan fondasi harus dilakukan tanpa mengganggu atau membahayakan lingkungan di sekitarnya..
4. Periode dan pengeluaran pelaksanaan proyek
Sebuah proyek konstruksi akan sangat memfokuskan perhatian pada faktor waktu dan pengeluaran pada pelaksanaannya, sebab kedua hal ini sangat berkaitan dengan pencapaian target kondisi ekonomi pada proses pembangunan.

C. Desain Penampang

Secara umum, penting memahami apakah ukuran penampang yang digunakan pada analisis struktur dapat memenuhi syarat kekuatan, kekakuan, atau daktilitas yang ditetapkan oleh regulasi yang berlaku. Pada hal konstruksi beton bertulang, desain penampang berfungsi menentukan jumlah tulangan memanjang dan sengkang yang perlu dipasang pada penampang yang telah dirancang. Evaluasi tersebut menggunakan kode desain yang berlaku, yang umumnya dapat dikelompokkan

pada dua metode, yaitu elastis atau tegangan yang diizinkan, seperti desain tegangan yang diperbolehkan menurut AISC, serta peraturan lama mengenai baja atau kayu di Indonesia, dan metode ultimit magnitude gaya pada batas maksimum yang dapat ditahan oleh struktur beton atau desain limit state, SNI 2847:2019.

D. Beton

Pada SNI 2847:2019, beton terdiri atas kombinasi semen portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, baik dengan bahan tambahan maupun tanpa. Sementara itu, Tulangan baja adalah baja berbentuk batang dengan penampang bulat yang memiliki permukaan rata atau bergelombang yang dimanfaatkan memperkuat beton, yang dihasilkan bahan baku billet melalui proses canai panas. Beton bertulang merupakan kombinasi antara beton dan baja tulangan, yang saling berfungsi menanggung beban yang diterima oleh struktur. Beton memberikan daya dukung terhadap tekanan, sementara baja tulangan menawarkan daya tarik. Sebagai salah satu bahan konstruksi, beton bertulang memiliki sejumlah kelebihan dan kekurangan.

Kelebihan:

1. Memiliki kuat tekan yang tinggi.
2. Memiliki ketahanan api dan air yang lebih baik.
3. Membentuk struktur yang sangat kaku.
4. Memiliki umur layan yang Panjang dengan biaya pemeliharaan yang rendah.

Kekurangan:

1. Butuh cetakan guna menjaga beton agar tetap pada posisinya sampai mengeras.
2. Minimnya kekuatan per unit berat beton menyebabkan beton bertulang menjadi berat. Hal ini akan berdampak pada struktur dengan bentang panjang di mana beban mati beton yang besar akan sangat mempengaruhi momen lentur.
3. Ukuran atau dimensi potongan struktur beton umumnya lebih lebar sehingga harus diperhitungkan pada gedung bertingkat dan jembatan yang panjang.

E. Beban Struktur

Penyusunan rencana suatu bangunan sangat krusial mengikuti aturan yang berlaku demi menjaga koneksi serta keamanan. Desain

bangunan perlu dirancang agar mampu menahan beban hidup, beban mati, serta memiliki ketahanan terhadap getaran yang diakibatkan oleh gempa pada strukturnya. Secara umum, jenis-jenis beban yang ada pada struktur dapat diklasifikasikan menjadi beberapa kategori, di antaranya :

1. Beban Mati

Beban mati merujuk pada keseluruhan berat material yang digunakan pada konstruksi gedung, mencakup dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi permanen, penyelesaian, pelapisan gedung, elemen arsitektur dan struktural lainnya, serta peralatan tetap lainnya termasuk berat alat angkat

2. Beban Hidup

Beban yang diterapkan pada desain Gedung dan struktur lainnya haruslah merupakan beban puncak yang diperkirakan akan muncul sebagai akibat keberadaan penghuni serta aktivitas pengguna Gedung tersebut, namun tidak boleh lebih rendah dibanding beban minimum yang ditentukan pada SNI 1727:2013.

3. Beban Gempa

Beban seismik merujuk pada semua jenis beban statis yang setara yang berpengaruh pada berbagai macam struktur bangunan yang ada di permukaan tanah, mencakup gedung atau elemen gedung yang meniru dampak pergerakan tanah yang disebabkan oleh gempa tersebut

a.) Mencari peta wilayah gempa

Salah satu langkah awal adalah mencari peta wilayah gempa berdasarkan parameter percepatan gempa rencana. Peta respons spektrum percepatan periode 1,0 detik (S_1 dan S_s) menurut SNI 1726:2019, yang digunakan sebagai acuan pada analisis perencanaan struktur bangunan terhadap beban gempa

b.) Mengidentifikasi kategori risiko dan faktor-faktor yang mempengaruhi gempa

Bangunan gedung memiliki fungsi serta tingkat risiko yang bervariasi. Penentuan tingkat risiko bangunan, baik gedung maupun non-gedung, dan SNI 1726:2019 mencantumkan komponen keamanan yang relevan.

c.) Menentukan klasifikasi situs

Jenis situs dapat diklasifikasikan menjadi beberapa kategori. SA menunjukkan batuan keras ditunjukkan oleh "B", sedangkan "SC" menunjukkan tanah lunak, sangat padat, dan keras. Tanah dengan kepadatan sedang ditunjukkan oleh "SD", "SE" menunjukkan tanah lunak, dan "SF" menunjukkan tanah dengan karakteristik khusus. Berdasarkan SNI 1726:2019.

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{\sum_{i=1}^n v_{si}} \quad (1)$$

dengan:

N_i dan d_i = tanah non-kohefif, tanah kohefif dan lapisan batuan.

d.) Mengidentifikasi kecepatan tanah puncak

Sesuai dengan SNI 1726:2019, nilai percepatan tanah puncak dihitung dengan mengalikan koefisien situs F_{PGA} dengan nilai PGA. Nilai F_{PGA} digunakan menyesuaikan karakteristik situs terhadap respons gempa.

e.) Menentukan koefisien situs dan parameter respons

Nilai koefisien situs F_a dan F_v , dihitung setelah menentukan kelas situs. Nilai S_s dan S_1 adalah koefisien faktor amplifikasi seismik yang digunakan menghitung respons spektral percepatan gempa di permukaan tanah.

- Nilai F_a dan F_v :

$$S_{MS} = F_a \cdot S_s \quad (2)$$

$$S_{M1} = F_v \cdot S_1 \quad (3)$$

dengan:

S_s = respon periode pendek.

S_1 = respon periode 1,0 detik.

- nilai S_{DS} dan S_{D1} :

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \quad (4)$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \quad (5)$$

dengan:

S_{DS} = parameter respon periode pendek.

S_{D1} = parameter respon periode 1,0 detik.

f.) Menentukan desain respon spektrum

Setelah nilai S_{DS} dan S_D didapatkan, desain respon spektrum dapat dibuat.

- $T < T_0$, maka:

$$S_a = S_a = S_{DS} (0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0}) \quad (6)$$

- $T_0 \leq T \leq T_s$, maka:

$$S_a = S_{DS} \quad (7)$$

- $T_L \geq T > T_s$, maka:

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad (8)$$

- $T < T_L$, maka:

$$S_a = \frac{S_{D1} T_L}{T^2} \quad (9)$$

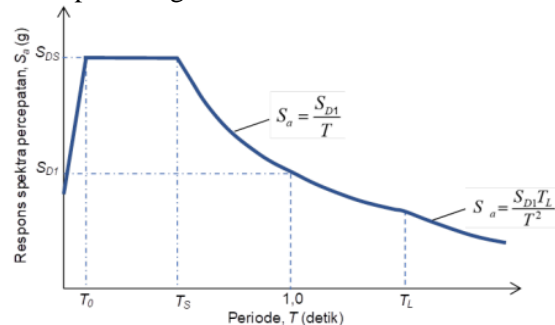
dengan:

S_a = spektrum respons percepatan desain.

S_{Ds} = respon periode pendek.

S_{D1} = respon periode 1,0 detik.

T = periode getar struktur.



Gambar 2. Desain Respon Spektrum
(Sumber: SNI 1726-2019)

- Nilai T_0 dan T_s , maka:

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{Ds}} \quad (10)$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{Ds}} \quad (11)$$

dengan:

T_L = peta transisi periode panjang.

g.) Menentukan kategori desain seismik

Jenis struktur harus ditentukan Kategori Desain Seismiknya (KDS). Memilih kategori yang lebih tinggi jika terdapat perbedaan. Perlu dicatat, struktur yang termasuk pada kategori risiko I, II, atau III di lokasi dengan nilai $S_1 \geq 0,75$, harus ditetapkan sebagai struktur dengan KDS E.

Sedangkan struktur dengan kategori risiko IV di lokasi dengan $S_1 \geq 0,75$ harus menggunakan KDS F. Jika $S_1 < 0,75$ yang tercantum pada tabel pada SNI 1726:2019.

h.) Menentukan gaya dasar seismik

- Gaya dasar seismik, maka:

$$V = C_s \cdot W \quad (12)$$

- Koefisien respon seismic C_s , maka:

$$C_s = \frac{S_{Ds}}{\frac{R}{I_e}} \quad (13)$$

- $T < T_L$, maka:

$$C_s = \frac{S_{D1}}{\frac{R}{I_e}} \quad (14)$$

- $T > T_L$, maka:

$$C_s = \frac{S_{D1} T_L}{T^2 \frac{R}{I_e}} \quad (15)$$

- Nilai C_s tidak boleh kurang dari,

$$C_{s \min} = 0,444 S_{Ds} I_e \geq 0,01 \quad (16)$$

Dipakai pada struktur nilai C_s dapat melakukan persamaan (15) bila nilai $S_1 \geq 0,6g$.

$$C_s = \frac{0,5 S_1}{\frac{R}{I_e}} \quad (17)$$

dengan:

C_s = koefisien respon seismik.

W = berat seismik efektif.

S_{Ds} = periode pendek 0.2 detik.

S_1 = periode 1 detik.

R = faktor modifikasi respon.

I = faktor keutamaan gempa.

T = periode struktur dasar (detik).

- Nilai pembesaran defleksi C_d dan faktor kuat lebih sistem Ω yang lebih besar dapat dilihat pada tabel yang tercantum pada tabel pada SNI 1726:2019.

i.) Menentukan periode alami struktur

Penentuan periode dasar struktur (T) pada arah yang dianalisis harus dihitung. Periode dasar struktur ini memiliki batas minimum dan maksimum, yang nilainya diatur pada persamaan berikut:

- T_a minimum, maka:

$$T_a \text{ minimum} = C_t h_n^x \quad (18)$$

- T_a maksimum, maka:

$$T_a \text{ maksimum} = C_u T_a \text{ minimum} \quad (19)$$

dengan:

T_a minimum = nilai batas bawah periode.

T_a maksimum = nilai batas atas periode.

h_n = ketinggian struktur.

j.) Menentukan batasan simpangan antar lantai (Δ) adalah hasil variasi defleksi antara pusat massa di lantai terendah dan tertinggi.

- Defleksi pusat massa, maka:

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e} \quad (20)$$

dengan:

C_d = faktor amplifikasi defleksi.

δ_{xe} = defleksi.

I_e = faktor keutamaan gempa.

F. Analisis Struktur

1. Struktur kolom

a.) Kolom pendek

- Rangka “braced”

$$\frac{kl_u}{r} < 34 + 12 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) \quad (21)$$

$$\frac{kl_u}{r} < 40 \quad (22)$$

- Rangka "unbraced"

$$\frac{kl_u}{r} < 22 \quad (23)$$

b.) Tulangan transversal

- Tinggi kolom pada muka joint
- $1/6 l_u$ (tinggi bersih kolom)
- 450 mm

2. Penampang kolom

Gaya tekan yang ditahan beton:

$$C_{cb} = 0,85 \cdot f_c' \cdot a_b \cdot B \quad (24)$$

$$C_b = \frac{600 \cdot d}{600 + f_y} \quad (25)$$

$$P_{rb} = 0,65 \cdot P_{nb} \quad (26)$$

$$\epsilon_s = \frac{cb - d' \cdot 0,003}{d} \quad (27)$$

Gaya geser yang dipikul beton (V_c):

$$V_c = 1/6 \cdot b \cdot d \cdot v_{fc}' \quad (28)$$

$$V_s = V_u / \Phi - V \quad (29)$$

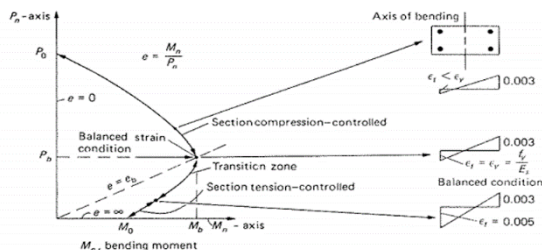
$$V_s = 2/3 \cdot b \cdot d \cdot v_{fc}' \quad (30)$$

syarat perencanaan

$$V_s > 2/3 \cdot b \cdot d \cdot v_{fc}' \quad (31)$$

3. Diagram Interaksi

Kuat nominal yang demikian terjadi pada kolom pendek yang tercapai disaat serat tekan beton mencapai regangan . penampang yang sama dengan suatu angka kombinasi kekuatan yang mana P_n dan M_n bekerja bersama. Kombinasi kekuatan tersebut akan terletak di kurva seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3



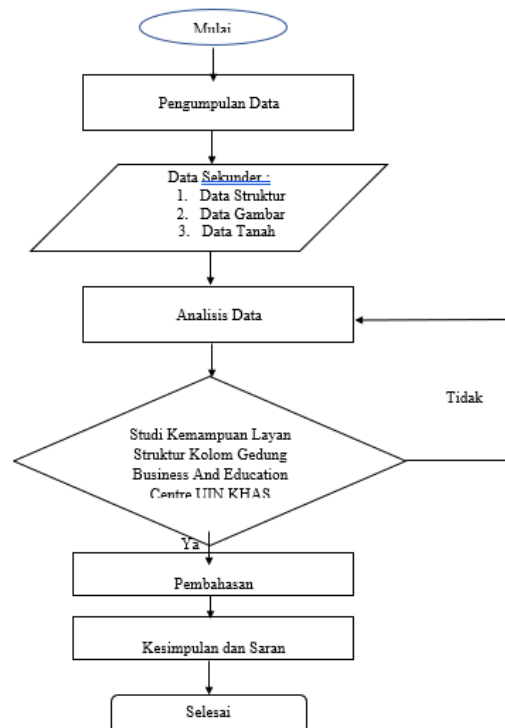
Gambar 3. Diagram Interaksi
(Sumber: SNI 2847 : 2019)

3. METODOLOGI

Gedung ini berlokasi di wilayah administratif Kabupaten Jember, Provinsi Jawa Timur. Secara lebih spesifik, proyek ini terletak di Jalan Mataram, Kelurahan Mangli, Kecamatan Kaliwates Kabupaten Jember, Jawa Timur.



Gambar 4. Lokasi Penelitian
(Sumber: Google Earth., 2025)

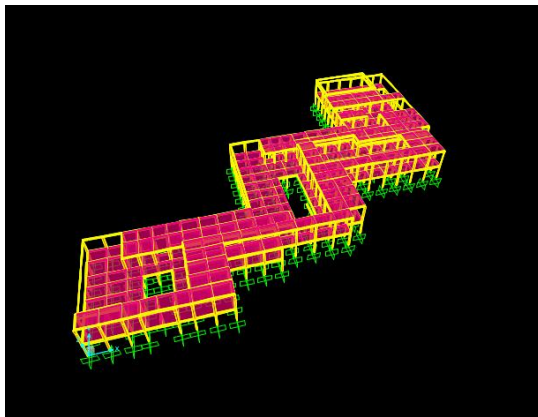


Gambar 5. Diagram Alir Penelitian
(Sumber: Penulis, 2025)

4. ANALISA DAN PEMBAHASAN

A. Pemodelan Struktur

Pemodelan struktur tiga dimensi pada penelitian ini menggunakan software SAP2000 versi 24 karena memiliki kemampuan menganalisis dan memvisualisasi struktur secara menyeluruh. Elemen utama seperti balok, kolom, pelat, dan beban dimasukkan sesuai data perencanaan. Hasil pemodelan ditampilkan pada Gambar 6



Gambar 6. Pemodelan 3D
(Sumber: Hasil Penelitian, 2025)

B. Pemodelan Beban Struktur

a.) Pembebanan *Super Dead Load* (SDL)

Beban keramik	= 24	kg/m ²
Beban spesi	= 84	kg/m ²
Beban ME	= 20	kg/m ²
Beban plafond	= 18	kg/m ²
Waterproofing membrane	= 4	kg/m ²
Penutup lantai	= 100	kg/m ²
Beban bata ringan	= 75	kg/m
Dinding bata merah	= 200	kg/m
Penebalan beton rooftank	= 480	kg/m ²
Rangka atap baja ringan	= 200	kg/m ²

b.) Pembebanan (*Live Loads*)

Koridor pribadi	= 196	kg/m ²
Koridor publik	= 489	kg/m ²
Area berkumpul	= 550	kg/m ²
Area dak atap / servis	= 98	kg/m ²
Water toren	= 479	kg/m ²

C. Diagram Interaksi Rencana

Data Umum :

Ukuran Kolom 350 x 350

Mutu Beton, f'_c = 25 mpa

Mutu Baja, f_y = 400 mpa

D_{tul} = 22 mm

D_{tul} = 16 mm

12D 22 ---> A_{s1} = 4559,28

4D16 ---> A_{s2} = 803,84

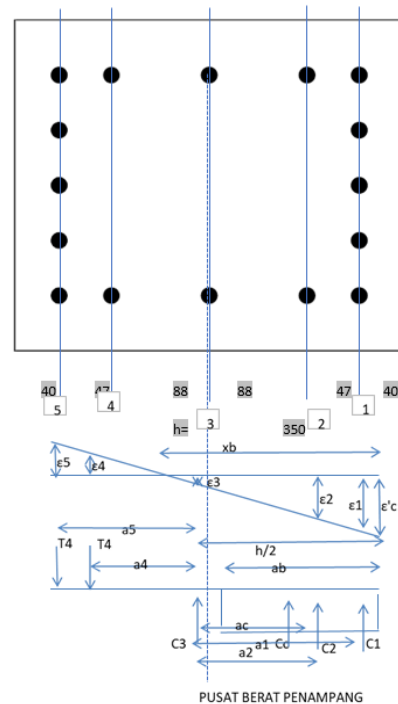
A_{st} = 5363,12 mm²

A_g = 122500 mm²

P_n = 4634406,7 n

Jadi kita dapatkan titik (0;463,407)

Lalu penampang memikul tarik beton tidak mampu memikul tarik



Gambar 7. Penampang Kolom

(Sumber: SNI 2847:2019)

P_n = -2145248 kN

Jadi, kita dapatkan titik (0;-2145,25)

Keadaan setimbang tercapai saat

Regangan beton ϵ'_c = 0,003

Regangan baja ϵ_s = 0,002

Jadi e_5 = 0,002

- Menentukan x_b

x_b = 210 mm

tulangan baris 1

ϵ_1 : 0,003 = 170 : 210

$\epsilon_1 = 0,0024 > 0,002$ ---> sudah leleh

$f_{s1} = f_y$ = 400 mpa

c_1 = 688288 N

tulangan baris 2

ϵ_2 : 0,003 = 170 : 210

$\epsilon_2 = 0,0017 < 0,002$ ---> belum leleh

f_{s2} = 351,4286 Mpa

c_2 = 267043,543 N

tulangan baris 3

ϵ_3 : 0,003 = 35 : 210

$\epsilon_3 = 0,0005 < 0,002$ ---> belum leleh

f_{s3} = 100 Mpa

c_3 = 40192 N

tulangan baris 4

ϵ_4 : 0,003 = 53 : 210

$\epsilon_4 = 0,0007 < 0,002$ ---> belum leleh

f_{s4} = 151,4286 Mpa

$T4 = 115067,543 \text{ N}$
 tulangan baris 5
 $\epsilon_5 : 0,003 = 100 : 210$
 $\epsilon_5 = 0,00143 < 0,002 \rightarrow$ belum leleh
 $f_{s5} = 285,7143 \text{ Mpa}$
 $T5 = 491634,286 \text{ N}$
 $Cc = 0,85 f'c \text{ bab}$
 $Cc = 1327593,75 \text{ N}$
 Gaya normal total = $1327594 + 688288 + 267043,5 + 40192 - 115067,543 - 491634,3 = 1716415 \text{ N}$
 Atau $P_{nb} = 1716415,46 \text{ N}$
 $= 1716,415 \text{ kN}$
 - Mencari jarak C dan T terhadap garis berat penampang
 $a1 = 135 \text{ mm}$ (jarak $Cc1$)
 $a2 = 88 \text{ mm}$ (jarak $Cc2$)
 $a3 = 0 \text{ mm}$ (jarak $Cc3$)
 $a4 = 88 \text{ mm}$ (jarak $T4$)
 $a5 = 135 \text{ mm}$ (jarak $T5$)
 Momen terhadap garis berat penampang
 Jadi kita dapatkan titik (334,933 ; 795,627)
 Lalu kita tinjau pada keadaan terkendali tekan
 Terjadi jika $X > X_{br}$ jadi kita geser garis netral penampang sejauh $X > X_b$ dari sisi tekannya.
 Harga X boleh kita ambil sembarang saja
 Ambil $X = 250 \text{ mm} > x_b = 210 \text{ mm}$
 Menentukan $c1, c2, c3, t4$, dan $t5$
 $\epsilon_1 : 0,003 = 110 : 250$
 $\epsilon_1 0,0013 = 0,002 \rightarrow$ belum leleh
 $f_{s1} = f_y = 400$
 $C1 = 688288 \text{ N}$
 $\epsilon_2 : 0,003 = 63 : 150$
 $\epsilon_2 0,0007 = 0,002 \rightarrow$ belum leleh
 $f_{s2} = f_{s2} = 151,2$
 $C2 = 114893,856 \text{ N}$
 $\epsilon_3 : 0,003 = 75 : 250$
 $\epsilon_3 0,0009 = 0,002 \rightarrow$ belum leleh
 $f_{s3} = f_{s3} = 180 \text{ Mpa}$
 $C3 = 72345,6 \text{ N}$
 $\epsilon_4 : 0,003 = 13 : 250$
 $\epsilon_4 0,0001 = 0,002 \rightarrow$ belum leleh
 $f_{s4} = f_y = 31,2 \text{ Mpa}$
 $t4 = 23708,256 \text{ N}$
 $\epsilon_5 : 0,003 = 60 : 250$
 $\epsilon_5 0,0007 = 0,002 \rightarrow$ belum leleh
 $f_{s5} = f_{s5} = 31,2 \text{ Mpa}$

$t5 = 53686,464 \text{ N}$
 - Mencari Cc
 $Cc = 1580468,75 \text{ N}$
 Gaya normal total = 2378601 N
 $= 2378,601 \text{ kN}$
 $P_n = 2378601,49 \text{ N}$
 $= 2378,601 \text{ kN}$
 - Mencari jarak C dan T terhadap garis penampang
 $a1 = 135 \text{ mm}$
 $a2 = 88 \text{ mm}$
 $a3 = 0 \text{ mm}$
 $a4 = 88 \text{ mm}$
 $a5 = 135 \text{ mm}$
 $M_n = 108657227 + 92918880 + 10110659,3 + 0 + 2086326,53 + 7247672,64 + 221020765 \text{ N} - \text{mm} = 221,020765$
 Jadi kita dapatkan titik (221,021 ; 2378,601)

D. Kontrol Kolom

Diketahui :

Mutu Beton ($f'c$) = 25 mpa

Mutu Baja (f_y) = 400 mpa

Mutu Baja (f_{yt}) = 400 mpa

Dimensi Kolom CD 350 x 350 mm

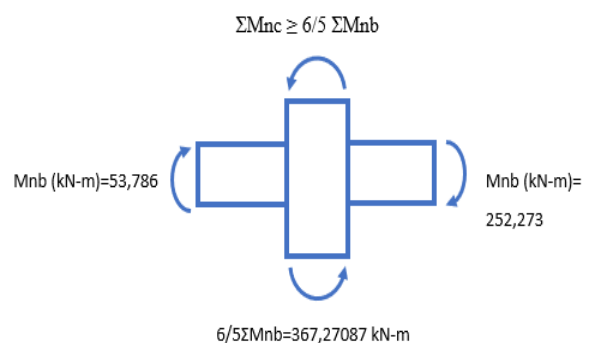
Dimensi Kolom BC 350 x 350 mm

Dimensi Kolom AB 350 x 350 mm

Diameter Tulangan = 12D22 4D16

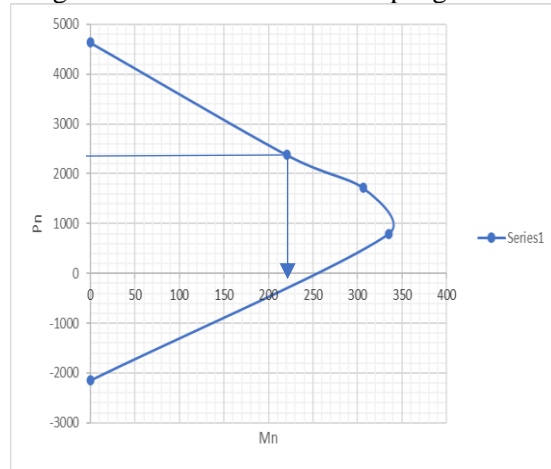
Rasio Tulangan = 0,04380

Periksa syarat agar kolom lebih kuat daripada balok



Gambar 8. Distribusi HBK
(Sumber : SNI 1726 : 2019)

Diagram Interaksi Penampang kolom



Gambar 9. Diagram Interaksi Penampang Kolom Terpasang

(Sumber : Hasil Penelitian, 2025)

Nilai momen yang bersesuaian dengan gaya aksial = 2378,6 kN

Hubungan balok kolom disebelah atas kolom BC

$$\sum M_{nc} \text{ (kN-m)} = 221 + 221 = 442$$

$$\sum M_{nc} \text{ (kN-m)} = 680,064 > 6/5 \sum M_{nb} = 367,2708722 \quad (\text{OK})$$

Luas tulangan transversal kolom yang dibutuhkan

$$A_{sh} = 0,3 \frac{S_{bc} f'_c}{f_{yt}} \left[\left(\frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right]$$

$$A_{sh} = 0,09 \frac{S_{bc} f'_c}{f_{vt}}$$

Dengan

bc = ukuran inti penampang diukur hingga sisi terluar sengkang tertutup

$$b_{c1} = 350 - 2p, \text{ dengan } p \text{ (mm)} = 40 = 270 \text{ mm}$$

$$b_{c2} = 350 - 2p, \text{ dengan } p \text{ (mm)} = 40 = 270 \text{ mm}$$

bc, pakai = 270 mm

$$A_{oh} = \text{Luas inti penampang } 270 \times 270 = 72900 \text{ mm}^2$$

Maka,

$$(A_{sh}/s)_1 = 3,44 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$(A_{sh}/s)_2 = 1,52 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$(A_{sh}/s)_{\text{pakai}} = 3,44 \text{ mm}^2/\text{m}$$

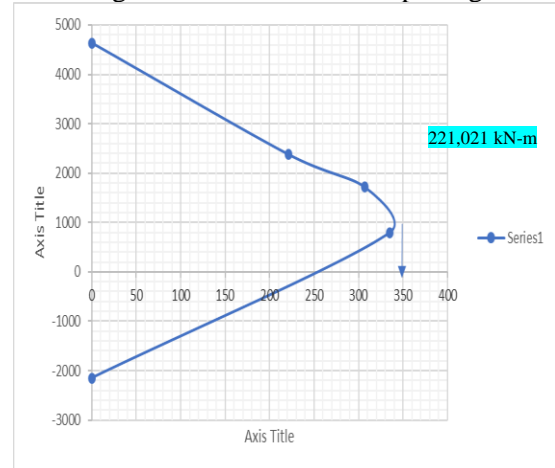
Desain tulangan geser

$$V_{o3,4} = \frac{M_{pos3} + M_{pos4}}{\ell_u} = 154,5021 \text{ kN}$$

dengan

Mpr adalah momen kuat lebih dengan asumsi tegangan leleh baja = 1,25 fy

Diagram interaksi kolom terpasang



Gambar 10. Diagram Interaksi Penampang Kolom Terpasang

(Sumber : Hasil Penelitian, 2025)

Gunakan, Mpr, c = 297,416 kN-m

Diketahui juga balok yang merangkai ukuran = 250 x 700

Tulangan terpasang

Nilai Mpr :

Tulangan 5D 16 di sisi atas 94,62

$$M_{pr,b,a} = A_s(1,25f_y) (d-a/2) = 297416491,9 \text{ N-mm} = 297,416 \text{ kN-m}$$

Tulangan 3D 16 di sisi bawah 56,77

$$M_{pr,b,a} = A_s(1,25f_y) (d-a/2) = 184147081 \text{ N-mm} = 184,157 \text{ kN-m}$$

Kontrol $V_{e,c}$ yang harus dipakai sebagai desain :

$$V_{e,b} = (\sum M_{pr,b,a} \cdot DF_{a} + \sum M_{pr,b,b} \cdot DF_{b}) / \ell_u = 120,393 \text{ kN}$$

$$K_{c,a} = E I_{c,a} / L_{c,a}$$

$$V_{c,c} = 120,393 \text{ kN}$$

$$DF_{a} = K_{c,a} / \sum K_{c} = 0,762712,0991E+10$$

$$V_u \text{ analisis} = 29,769 \text{ kN}$$

$$\text{Jadi } V_{e,c} \text{ desain} = 120,393 \text{ kN}$$

$$DF_{b} = K_{c,b} / \sum K_{c} = 0,23729$$

$$K_{c,b} = E I_{c,b} / L_{c,b} = 6530497685$$

$$\sum K_{c} = 2,7521E+10$$

Jadi, sepanjang $\ell_o = 641,66667 \text{ mm}$ dipasang sengkang guna memikul $V_{e,c}$ desain. Asumsikan kuat geser yang disumbang beton, $V_c =$ Maka tulangan geser memikul gaya geser

$$V_s = (V_{ec,desain} - V_c) / \phi = 160,525 \text{ kN } \phi = 0,75$$

$$A_v/s,perlu = V_s/f_yd = 1,389 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Kontrol A_v/s yang digunakan.

Telah dihasilkan :

$$A_{sh}/S = 3,44 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Karena $A_{sh}/S > A_v/S$, perlu, maka $A_v/S = 3,444 \text{ mm}^2/\text{mm}$

Syarat jarak tulangan transversal :

$\frac{1}{4}$ dimensi terkecil komponen struktur = 87,5 mm'

6 kali diameter tulangan longitudinal = 132 mm

$$S_o = 100 + \left(\frac{350-h}{3} \right) = 226 \text{ mm, bila}$$

$$(h_x \approx 1/3 b_c) = 90 \text{ mm}$$

S_o , pakai = 15 mm

Jadi jarak maksimum tulangan transversal = 96 mm

Direncanakan jarak tulangan transversal = 75 mm < jarak maks **(OK)**

$$\text{Dengan } A_{sh} = 258,33 \text{ mm}^2$$

Gunakan sengkang tertutup 2 kaki, D13 ;

$$A_s (\text{mm}^2) = 265,33 \text{ **(OK)**}$$

Jadi sengkang tertutup yang digunakan

Dipasang sepanjang, l_o = tersebar antara:

350 mm (tinggi penampang kolom)

642 mm ($1/6 l_u$)

450 mm (450 mm)

Ambil $l_o = 641,667 \text{ mm}$

Pada daerah diluar $l_o = 641,66667 \text{ mm}$,

maka nilai $V_{e,c}$ ditentukan dengan:

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{N_u}{14 A_g} \right) 2 \sqrt{f'_c} b w d$$

$N_u = 119,983 \text{ kN}$ (diambil yang terkecil)

$\Lambda = 1$ (beton normal)

Sehingga :

$$V_c = 91993 \text{ N}$$

$$V_u / \phi = 266667 \text{ N} > V_c$$

$$\frac{1}{2} V_c = 45996 \text{ N} < V_u / \phi$$

Tulangan geser minimum

$$A_{v,min} + \sqrt{f'_c} \frac{b w s}{f_{yt}}$$

Tapi tidak boleh kurang dari $(0.35 b w s) / f_{yt}$

$$A_{v,min}/S, 1 = 0,35428571 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$A_{v,min}/S, 2 = 0,4 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$A_{v,min}/S, \text{pakai} = 0,4 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Dipersyaratkan jarak maksimal adalah ambil terkecil antara :

$$d/2 = 147 \text{ mm, dan } 150 \text{ mm}$$

$$\text{Diambil } s = 150 \text{ mm}$$

$$A_{v,min} = 60 \text{ mm}^2$$

$$\text{Direncanakan 2 kaki D 13 } A_v (\text{mm}^2) = 265,33 \text{ (OK)}$$

Gunakan tulangan sengkang tertutup 2 kaki D 13 – 150

Analisa Desain Seismik

Pada analisa desain Gedung seismik pada kerangka bangunan didasari dengan peraturan SNI 03-1726-2019.

Kategori resiko = II.

Faktor keutamaan, $I_e = 1$

Klasifikasi situs = SD

Menentukan nilai :

$$SS = 0,8487$$

$$S1 = 0,4005$$

$$F_a = 1,264$$

$$F_v = 1,680$$

$$SDS = 0,565$$

$$SD1 = 0,403$$

Kategori desain seismik = D.

Koefisien modifikasi, $R = 8$.

Faktor kuat, $\Omega_o = 3$.

Faktor pembesaran, $C_d = 5,5$.

Analisa dinamis getaran bebas

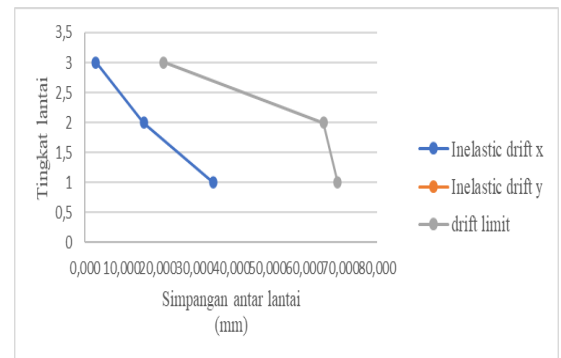
Menghitung $T_{a \text{ minimum}}$

$$T_{a \text{ min}} = C_t \times h_{nx} = 0,375 \text{ detik.}$$

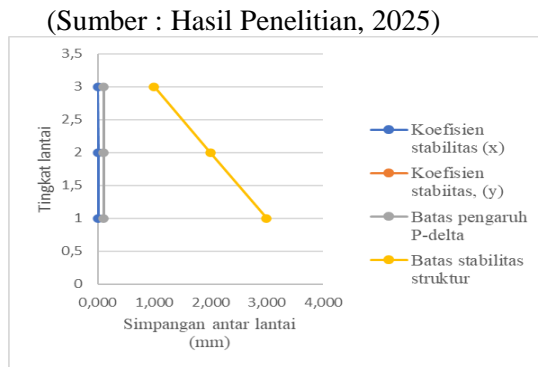
Menghitung $T_{a \text{ maksimum}}$

$$T_{a \text{ max}} = C_u \times T_{a \text{ maksimum}} = 0,525 \text{ detik.}$$

Simpangan Antar lantai



Gambar 11. Grafik hubungan antar lantai Pengaruh P-delta



Gambar 12. Grafik stabilitas struktur
(Sumber : Hasil Penelitian, 2025)

5. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dari bab sebelumnya, maka didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil analisis interaksi penampang dan evaluasi struktur, kolom dengan ukuran 350x350 mm serta penulangan 12D22 dan 4D16 terbukti mampu menopang gaya aksial dan momen lentur sesuai dengan standar SNI 2847:2019 dan SNI 1726:2019. Perbandingan momen nominal antara kolom dan balok menunjukkan bahwa kolom memiliki kapasitas yang lebih besar, sejalan dengan konsep *strong column-weak beam*. Namun, ditemukan ketidaksesuaian pada diameter dan pola tulangan kolom yang menyebabkan perbedaan pusat massa penampang, sehingga distribusi gaya pada beberapa kolom menjadi tidak seragam. Kondisi ini berpotensi memengaruhi kinerja struktur saat menghadapi beban gempa.
2. Simulasi menggunakan perangkat lunak SAP2000, struktur bangunan dapat menahan gaya seismik dengan nilai koefisien stabilitas $\theta \leq 0,1$. Hal ini menunjukkan bahwa struktur memenuhi batas aman terhadap gaya lateral akibat gempa.

B. Saran

Adapun saran pada penelitian ini untuk penelitian selanjutnya, yaitu:

Pastikan diameter dan jumlah tulangan sesuai rencana, serta perlu ditindak lanjuti

kesesuaian dengan hasil pelaksanaan di lapangan.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Arief Bachtiar S.T, (2020), “*Studi Evaluasi Struktur Dengan Penambahan Lantai Atas Pada Gedung Perkuliahan Di IAIN Jember Berdasar Faktor Keamanan Pondasi Lama*”, Jember, Program Pasacasarjana Universitas Muhammadiyah Jember
- Agus, & Maimunnah, S. (2021). *Respon Gempa Gedung Beton Bertulang 20 Tingkat dengan Variasi Tata Letak Dinding Geser. Jurnal Teknik Sipil Institut Teknologi Padang*, 8(2), 59–65. Evaluasi pengaruh penempatan dinding geser pada drift ratio gedung tinggi
- Alihudien & Priyono, P. 2025. *Studi Batasan Periode Getar Struktur Akibat Beban Gempa Terhadap Nilai Gaya Geser Dasar Seismik. Jurnal Smart Teknologi*, 6 (2): 2774-1702.
- Astuti, P. (2023). *Perilaku Lentur Struktur Balok Beton Bertulang Dengan Korosi Tulangan Hingga 50%. Jurnal Rekayasa Sipil* (Unand). Pengaruh korosi pada kapasitas lentur balok beton $f'_c \sim 30$ MPa
- Chalid, N. A., & Walujodjati, E. (2024). *Evaluasi Struktur Beton Bertulang Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus Pada Gedung KORPRI Kabupaten Garut. Jurnal Konstruksi*, 22(1). Studi terhadap kolom dan balok sesuai aturan SRPMK SNI 2847-2019
- Fauzan, M., & Prabowo, H. (2022). Evaluasi Interaksi Penampang Kolom Persegi pada Bangunan 5 Lantai. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 7(1), 14–22.
- Hady, M., Maulana, S., & Idroes, I. (2025). *Pengaruh Bentuk Kolom terhadap Gaya Lateral Gempa pada Gedung Landmark BSI Aceh. Jurnal Teknik Sipil dan Teknologi Konstruksi*. Evaluasi kolom spiral vs kolom terikat terhadap momen gempa dan efisiensi berat struktur
- Nasution, A. E., Rejki, A. S., & Wijaya, S. (2024–2025). *Desain Elemen Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa dengan Sistem SRPMK. Jurnal KOMPOSITS*.

- Pemanfaatan beton ringan dan SRPMK untuk efisiensi desain struktural
- Prayuda, H., Maulana, T. I., Putra, F. M. Y., Salsabila, B., & Saleh, F. (2024). *Pengaruh Ketidakberaturan Bentuk Bangunan Beton Bertulang Bertingkat Tinggi Terhadap Perilaku Seismik. Jurnal Teknik Sipil (ITB)*, 30(2). Studi potensi ketidakberaturan denah terhadap respon gempa
- Pratiwi, A., Supriyadi, A., & Faisal, F. (2023/2024). *Perencanaan Struktur Beton Bertulang Gedung 7 Lantai Tahan Gempa di Pontianak. JeLAST (Jurnal Teknik Sipil dan Tambang)*, 9(1). Gedung tahan gempa di zona gempa ringan KDS D menggunakan SRPMK SNI 1726-2019
- Priyono, P., & Alihudien. (2025). *Studi Batasan Periode Getar Struktur Akibat Beban Gempa Terhadap Nilai Gaya Geser Dasar Seismik. Jurnal Smart Teknologi*, 6(2), 2774-1702.
- Ramadani, R. M. (2024). *Studi Review Detail Penulangan Kolom Struktur Beton Bertulang Gedung Bertingkat Tahan Gempa.* (Skripsi). Universitas Muhammadiyah Jember.
- Rifki Maulana Ramadani. (2024), “*Studi Review Detail Penulangan Kolom Struktur Beton Bertulang Gedung Bertingkat Tahan Gempa*”
- Sumeru, I., Pontan, D., Sari, F. K., & Nugroho, M. S. (2025). *Paparan Detail Penulangan Beton Tahan Gempa di SMKN 26 Jakarta. Indonesian Collaboration Journal of Community Services (ICJCS)*, 5(1), 92–101. Fokus pada kesesuaian detailing menurut SNI 2847:2019 dalam edukasi vocational training
- Sulistiana, P. D., Sudarsana, I. K., & Budiwati, I. A. M. (2024). *Evaluasi Kinerja Sambungan Balok-Kolom Pipih Beton Bertulang dengan Eksentrisitas Geometri: Studi Pemodelan Numerik. Jurnal Spektran*, 12(2), 88–99. Volumetrik eksentrisitas sambungan dan pengaruhnya terhadap perilaku seismik
- Samsunan, S., & Febrianti, D. (~2022–2023). *Analisa Tingkat Kerusakan Struktur Kolom Terkena Tsunami. Jurnal Teknik Sipil dan Teknologi Konstruksi (UTU)*. Evaluasi kerusakan struktural kolom akibat tsunami Aceh 2004
- Santosa, B., & Wijaya, A. (2020). Pengaruh Variasi Tulangan terhadap Kinerja Seismik Struktur Kolom. *Jurnal Rekayasa Sipil dan Arsitektur*, 9(1), 27–36.
- Walujodjati, E., Maulidan, R., & Kristalia, R. (2024). *Pengaruh Perubahan Dimensi Kolom Pada Kapasitas Struktur Tahan Gempa Gedung Beton Bertulang. Structure*, 6(2). Analisis perubahan ukuran kolom terhadap gaya gempa dan simpangan antar lantai, dengan referensi SNI 1726-2019 & SNI 2847-2019
- Wahyuningsih, R., & Rahman, A. (2020). Evaluasi Kinerja Struktur Beton Bertulang Menggunakan Metode Analisis Pushover. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 16(1), 33–40.
- Yunita, S., & Hamzah, M. (2023). Studi Kasus Keruntuhan Kolom Bangunan Bertingkat di Daerah Seismik Tinggi. *Jurnal Konstruksi Indonesia*, 8(2), 77–84.