

EVALUASI KINERJA STRUKTUR PEMBANGUNAN RUMAH SUSUN KOTA MADIUN

Putri Prima Yuhana¹, Nurjanah², Hangga Prima Setiawan³

¹²³Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas Islam Balitar

e-mail: putriprimayhn@gmail.com¹, nurjanah@politala.ac.id²,

hanggaprimasetiawan@gmail.com³

Diterima: 14/2/2026; Direvisi: 20/2/2026; Diterbitkan: 25/2/2026

ABSTRAK

Indonesia sebagai negara dengan aktivitas seismik yang tinggi menuntut perencanaan struktur bangunan tahan gempa yang sangat ketat, terutama pada fasilitas hunian publik. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja struktural bangunan rumah susun Masyarakat Berpenghasilan Rendah (MBR) di Kota Madiun guna memastikan kelayakannya terhadap beban gravitasi dan gempa. Evaluasi ini dilakukan menggunakan metode kuantitatif deskriptif berbantuan perangkat lunak StaadPro 2023, dengan mengacu pada standar nasional SNI 1726:2019 tentang ketahanan gempa dan SNI 2847:2019 tentang beton struktural. Proses analisis difokuskan pada pengujian dimensi, mutu beton, dan penulangan elemen utama yang meliputi kolom, balok, serta pelat lantai. Hasil evaluasi kuantitatif menunjukkan bahwa elemen kolom (K1, K2, K3) dan balok (B1, B2, B3, B4) telah memenuhi syarat kekuatan dan stabilitas, sehingga dinyatakan aman. Namun, analisis pada pelat lantai 2, 3, dan 4 dengan ketebalan 130 mm menemukan ketidaksesuaian kritis, di mana tebal selimut beton hanya mencapai 18 mm dari syarat minimal 20 mm, sehingga dikategorikan tidak aman karena berpotensi memicu lendutan berlebih. Sebagai simpulan utama, meskipun struktur utama secara umum layak, diperlukan perbaikan teknis segera pada elemen pelat lantai untuk menjamin keselamatan jangka panjang bangunan sesuai standar yang berlaku.

Kata kunci : *gempa bumi, beton bertulang, kinerja struktur, SNI 1726 – 2019, SNI 2847 – 2019, software StaadPro*

ABSTRACT

Indonesia, as a country with high seismic activity, demands stringent earthquake-resistant building structural design, especially in public residential facilities. This study aims to evaluate the structural performance of low-income housing in Madiun City to ensure its suitability for gravity and earthquake loads. This evaluation was conducted using a descriptive quantitative method assisted by StaadPro 2023 software, with reference to the national standards SNI 1726:2019 on earthquake resistance and SNI 2847:2019 on structural concrete. The analysis process focused on testing the dimensions, concrete quality, and reinforcement of the main elements, including columns, beams, and floor slabs. The quantitative evaluation results indicate that the column elements (K1, K2, K3) and beam elements (B1, B2, B3, B4) have met the strength and stability requirements, thus being declared safe. However, analysis of the 130 mm thick floor slabs of the 2nd, 3rd, and 4th floors found a critical discrepancy, with the concrete cover only reaching 18 mm, compared to the minimum requirement of 20 mm, thus categorizing it as unsafe due to the potential for excessive deflection. As a key conclusion, although the main structure is generally sound, immediate technical improvements to the floor slab elements are required to ensure the long-term safety of the building in accordance with applicable standards.

Keywords: *earthquake, reinforced concrete, structural performance, SNI 1726 – 2019, SNI 2847 – 2019, StaadPro software*

PENDAHULUAN

Indonesia sebagai negara dengan tingkat pertumbuhan penduduk yang cukup pesat menempatkan sektor perumahan sebagai prioritas 1 dalam kebijakan pembangunan nasional. Perkembangan wilayah perkotaan memicu arus urbanisasi yang berdampak pada keterbatasan lahan sebesar 80% di area strategis pusat kota. Rumah susun menjadi solusi cerdas bagi Masyarakat Berpenghasilan Rendah atau MBR untuk mendapatkan hunian layak dengan biaya yang terjangkau secara kolektif. Kota Madiun tidak luput dari dinamika ini, di mana penyediaan hunian vertikal menjadi alternatif utama menggantikan rumah tapak yang ketersediaan lahannya semakin menipis dari tahun ke tahun. Secara ideal, setiap unit rumah susun harus menjamin keamanan total bagi penghuninya tanpa terkecuali agar tercipta lingkungan sosial yang sehat. Namun, peningkatan kebutuhan ini sering kali berbenturan dengan kapasitas lahan yang terbatas serta tuntutan distribusi hunian yang harus dilakukan secara cepat dan masif (Abdullah, 2024; Perdana et al., 2020; Santoso, 2021). Evaluasi terhadap kinerja fisik bangunan menjadi hal yang sangat mendasar guna memastikan bahwa standar kenyamanan tetap terjaga di tengah padatnya permukiman vertikal tersebut. Fokus utama adalah bagaimana struktur gedung mampu menampung aktivitas seluruh penghuni secara aman dalam jangka waktu penggunaan yang sangat panjang di wilayah perkotaan Madiun.

Dalam proses implementasi di lapangan, terdapat kesenjangan yang cukup nyata antara standar teknis yang diidealkan dengan realitas pelaksanaan konstruksi rumah susun MBR. Secara ideal, bangunan bertingkat tinggi harus memiliki kekuatan struktur yang mampu bertahan hingga 50 tahun masa layanan tanpa mengalami degradasi yang signifikan pada elemen utamanya. Namun, keterbatasan anggaran operasional serta durasi waktu pembangunan yang sangat singkat sering kali menjadi kendala utama dalam menjaga konsistensi kualitas material bangunan di lapangan. Hal ini berpotensi memengaruhi kapasitas struktur dalam menahan beban hidup maupun beban mati secara optimal sesuai dengan perhitungan teknis awal. Aspek teknis seperti mutu beton dan kekuatan baja tulangan perlu diawasi secara ketat agar tetap sesuai dengan *building code* yang berlaku secara nasional untuk bangunan tahan gempa. Jika faktor-faktor tersebut diabaikan karena alasan efisiensi biaya, maka risiko terjadinya kegagalan struktural akan meningkat tajam dan mengancam keselamatan 100% penghuni di dalamnya. Kesenjangan ini menuntut adanya audit teknis yang komprehensif untuk mengidentifikasi apakah desain awal masih relevan dengan kondisi fisik bangunan saat ini guna mencegah terjadinya kegagalan konstruksi yang fatal (Ansari et al., 2020; Kondalkar, 2021; Mydin et al., 2024).

Evaluasi kinerja struktur saat ini tidak hanya terbatas pada aspek kekuatan fisik semata, tetapi juga harus mengintegrasikan prinsip *sustainability* atau keberlanjutan yang lebih luas. Bangunan rumah susun MBR diidealkan memiliki efisiensi penggunaan sumber daya yang tinggi serta dampak lingkungan yang seminimal mungkin bagi ekosistem perkotaan di sekitarnya. Tantangan nyata yang dihadapi adalah bagaimana struktur gedung mampu merespons potensi bencana alam seperti gempa bumi dengan skala intensitas tertentu serta risiko banjir yang mungkin terjadi secara periodik. Sering kali, bangunan publik hanya dirancang untuk memenuhi syarat kekuatan minimum tanpa mempertimbangkan aspek ketahanan jangka panjang terhadap perubahan iklim yang ekstrem. Evaluasi keberlanjutan mencakup penilaian terhadap pemilihan material yang ramah lingkungan serta efisiensi energi dalam operasional harian gedung bertingkat. Struktur yang berkelanjutan harus mampu

beradaptasi dengan kondisi lingkungan yang dinamis tanpa memerlukan perbaikan besar yang memakan biaya tinggi di masa depan. Realitasnya, banyak bangunan yang mengalami penurunan performa lebih cepat dari rencana akibat paparan cuaca serta kurangnya fitur adaptasi bencana yang memadai. Oleh sebab itu, penelitian ini menekankan pentingnya menyeimbangkan aspek teknis struktural dengan kelestarian lingkungan hunian (Alfiano et al., 2024; Alshehri et al., 2024; Caruso et al., 2023; Zuhri et al., 2024).

Sistem pemeliharaan yang efektif merupakan kunci utama dalam memperpanjang umur layanan sebuah bangunan rumah susun namun sering kali terhambat oleh keterbatasan ekonomi pihak pengelola. Secara ideal, setiap gedung harus memiliki jadwal perawatan rutin untuk mendeteksi potensi kerusakan yang bersifat laten seperti retak internal atau rongga di dalam kolom beton. Namun, senyatanya banyak pengelola rumah susun MBR yang mengalami kendala finansial sehingga pemeliharaan hanya dilakukan secara reaktif saat kerusakan sudah terlihat jelas secara visual di permukaan. Deteksi dini terhadap degradasi material sangat krusial karena kerusakan kecil yang dibiarkan tanpa penanganan dapat berkembang menjadi kegagalan fatal pada struktur utama gedung secara keseluruhan. Melalui evaluasi kinerja yang mendalam, kita dapat memetakan area mana saja yang memerlukan intervensi segera guna menghindari pembengkakan biaya renovasi yang tidak terduga. Kemudahan dalam melakukan perawatan atau *maintainability* harus menjadi pertimbangan sejak tahap desain hingga operasional agar tidak membebani penghuni secara finansial di kemudian hari. Kurangnya data historis mengenai catatan pemeliharaan sering kali menyulitkan proses audit teknis dalam menentukan sisa umur layanan bangunan secara akurat bagi manajemen aset properti publik di Madiun.

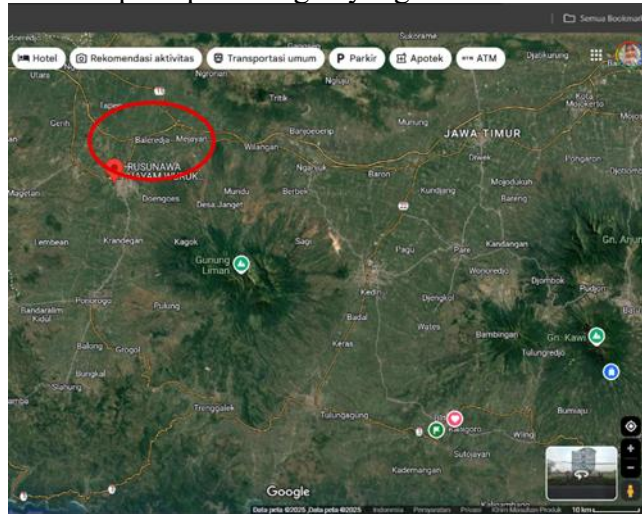
Penelitian ini menghadirkan nilai baru berupa metode evaluasi hibrida yang menggabungkan inspeksi visual lapangan dengan pengujian *non-destructive testing* untuk mendapatkan data yang akurat tanpa merusak struktur bangunan. Inovasi ini memungkinkan dilakukannya penilaian kekuatan beton eksisting secara *real-time* yang kemudian dibandingkan secara langsung dengan standar teknis nasional terbaru yang lebih ketat. Penggunaan data primer yang didukung oleh dokumen sekunder seperti gambar perancangan atau *as-built drawing* memberikan gambaran objektif mengenai kinerja struktur rumah susun MBR di Kota Madiun secara komprehensif. Melalui analisis perbandingan ini, penelitian mampu mengidentifikasi deviasi antara rencana awal dengan kondisi fisik terkini secara mendalam dan sistematis bagi kepentingan publik. Hasil studi ini diharapkan menjadi fondasi kuat dalam penyusunan rekomendasi kebijakan teknis yang lebih aplikatif bagi pemerintah daerah dalam meningkatkan kualitas infrastruktur hunian rakyat. Fokus utama pada judul evaluasi kinerja struktur pada pengembangan rumah susun masyarakat berpenghasilan rendah Kota Madiun adalah untuk menjamin keselamatan dan keberlanjutan infrastruktur tempat tinggal. Rekomendasi yang dihasilkan nantinya tidak hanya bersifat teknis, tetapi juga menyentuh aspek manajerial dalam pengelolaan gedung untuk memastikan standar hunian layak bagi masyarakat tetap terjaga.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan *quantitative descriptive* untuk mengevaluasi integritas fisik bangunan Rumah Susun Masyarakat Berpenghasilan Rendah yang berlokasi di Jalan Hayam Wuruk, Mangkuharjo, Kota Madiun secara mendalam. Prosedur awal dilaksanakan melalui observasi lapangan secara mendetail guna mengidentifikasi dimensi aktual elemen struktural serta menghimpun data teknis dari *shop drawing* atau gambar kerja yang tersedia di lokasi proyek. Instrumen utama dalam studi ini mencakup spesifikasi material beton bertulang dengan mutu K300 atau setara dengan kekuatan tekan beton sebesar $f'_c =$

25\text{ MPa}\\$, serta penggunaan baja tulangan dengan tegangan leleh $f_y = 400\text{ MPa}\$ untuk tulangan utama dan $f_y = 240\text{ MPa}\$ untuk bagian sengkang. Data dimensi yang dikumpulkan meliputi berbagai tipe kolom dengan variasi ukuran mulai dari $300 \times 300\text{ mm}\$ hingga $350 \times 500\text{ mm}\$, serta balok dengan bentang terpanjang yang mencapai $4250\text{ mm}\$. Tahapan identifikasi data primer ini sangat krusial guna memastikan bahwa seluruh parameter masukan yang akan digunakan dalam pemodelan komputasi mencerminkan kondisi riil bangunan di lapangan secara akurat dan komprehensif tanpa adanya distorsi informasi teknis.$$$$$

Analisis kinerja struktural dilanjutkan dengan tahap pemodelan digital menggunakan bantuan *software* StaadPro 2023 untuk mensimulasikan respons mekanis bangunan terhadap berbagai beban yang bekerja secara simultan. Prosedur ini melibatkan penginputan data geometri secara tiga dimensi serta penerapan beban gravitasi dan lateral sesuai dengan regulasi nasional *Standar Nasional Indonesia* nomor satu tujuh dua enam tahun dua ribu sembilan belas tentang ketahanan gempa. Evaluasi difokuskan pada kapasitas elemen kolom, balok, dan pelat lantai dalam menahan gaya aksial, gaya geser, momen lentur, serta torsi yang timbul akibat kombinasi pembebanan yang ekstrem. Khusus untuk elemen pelat lantai, dilakukan pengujian mendalam terhadap tebal efektif serta jarak selimut beton pada pelat setebal $130\text{ mm}\$ dan $150\text{ mm}\$ untuk mendeteksi potensi lendutan berlebih sesuai kriteria teknis dua delapan empat tujuh tahun dua ribu sembilan belas. Hasil *output* dari perangkat lunak tersebut kemudian dibandingkan dengan batas layan dan kriteria keselamatan yang dipersyaratkan guna menentukan tingkat keamanan struktur secara keseluruhan. Melalui simulasi ini, setiap titik lemah pada komponen beton bertulang dapat diidentifikasi secara presisi sehingga rekomendasi teknis yang dihasilkan didasarkan pada perhitungan yang valid.$$



Gambar 1. Lokasi Bangunan Rumah Susun MBR

Prosedur Analisis

1. Identifikasi kondisi lapangan dan observasi pada bangunan yang ada,
2. Menghitung beban-beban yang bekerja pada bangunan sesuai SIN 2019 dan SIN 2020;
3. Data Dimensi pada Balok :

No	Tipe Balok	Dimensi Balok (mm)
1	Balok (B1)	250 x 500
2	Balok (B2)	350 x 500
3	Balok (B3)	250 x 400
4	Balok (B4)	300 x 500

$$P_p = z \cdot \gamma \cdot K_p$$

Pengimputan data Preliminari :

- a) Panjang Balok L2 : 61250 mm x 14900 mm
 L3 : 61250 mm x 14900 mm
 L4 : 61250 mm x 14900 mm
 L.Atap : 55250 mm x 14900 mm
 - b) Balok Terpanjang (Lpj) : 4250 mm
 - c) Balok Terpendek : 3000 mm (Lpd)
 - d) Mutu Beton : K300 Kg/cm²
 - e) Mutu Baja : Fy 400 Mpa
 - f) Mutu Baja Sengkang : Fy 240 Mpa
 - g) Tulangan pokok : D16
 - h) Tulangan Sengkang : D10
 - i) Tulangan pinggang : D10
4. Data Dimensi pada Kolom :
- | No | Tipe Balok | Dimensi Balok (mm) |
|----|------------|--------------------|
| 1 | Kolom (K1) | 350 x 500 |
| 2 | Kolom (K2) | 300 x 300 |
| 3 | Kolom (K3) | 300 x 500 |
- Tinggi Kolom
- | | |
|--------|-----------|
| H1 | : 3500 mm |
| H2 | : 3400 mm |
| H3 | : 3400 mm |
| H4 | : 3400 mm |
| H Atap | 1800 mm |
- Mutu Beton : K300 Kg/cm² /fc' 25 MPa
 Mutu Baja Pokok : Fy 420 Mpa
 Mutu Baja Sengkang : Fy 240 Mpa
 Tulangan pokok : D16
 Tulangan Sengkang : D13
 Tulangan pengikat : D10
5. Data Dimensi pada Pelat Lantai :
- | | |
|------------------|--|
| Lantai 2,3,dan 4 | : 130 mm (61250 x 14900 mm) + (4250 x 2600 mm) |
| Pelat dak Atap | : 150 mm(61250 x 14900 mm) + (4250 x 2600 mm) |
| Mutu Beton | : K300 Kg/cm ² |
| Mutu Baja | : Fy 400 Mpa |
| Tulangan | : D10 |
6. Permodelan dan pengimputan data dengan Software StaadPro.f

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Hasil perhitungan dan output pada software StaadPro 2023 untuk Pembangunan Gedung Masyarakat Berpenghasilan Rendah Kota Madiun memberikan analisis mengenai kekuatan dan stabilitas bangunan, meliputi momen lentur, gaya aksial, gaya geser dan torsi pada elemen struktural. Momen lentur dalam arah Y dan Z menunjukkan bagaimana beban vertical dan horizontal mempengaruhi elemen struktural, sementara analisis gaya aksial memperlihatkan gaya tarik dan tekan untuk memastikan elemen tidak mengalami deformasi berlebihan. Hasil ini membantu memastikan apakah bangunan yang sudah jadi aman, stabil dan efisien dengan memperbaiki titik – titik lemah dalam struktur.

Berdasarkan hasil evaluasi yang telah dilakukan pada struktur Pembangunan Gedung Masyarakat Berpenghasilan Rendah Kota Madiun dengan menggunakan kombinasi pembebanan gempa sesuai SNI 1726 tahun 2019 tentang Tata cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung dengan Software StaadPro 2023 didapatkan bahwa Pembangunan Gedung Masyarakat Berpenghasilan Rendah Kota Madiun sudah cukup kuat dalam menahan beban gempa yang terjadi. Maka hasil dari evaluasi terhadap Kolom, Balok dan Pelat Lantai menghasilkan data sebagai berikut :

Tabel 1. Kolom 1 (K1) dengan mutu Beton K300 Kg/cm² (fc' 25 MPa)

Dimensi	350 x 500 mm	OK
Tulangan Pokok	14 D16	OK
Tulangan Sengkang	D13 – 100 (tumpuan)	OK
	D13 – 150 (lapangan)	OK
Selimut beton	40 mm	OK
AMAN		

Berdasarkan tabel 1 kolom K1 Aman dikarenakan jenis beton fc' minimum 17 MPa pada berat normal dan berat ringan pada beton kegunaan umum dan maksimum tidak ada batasannya menurut Tabel 19.2.1.1 – Batasan Nilai fc', Hal 433 (SNI 2847 : 2019), ketebalan selimut beton 40mm terpapar cuaca atau kontak dengan tanah dengan tulangan Batang D16 kawat ϕ 13 atau D13 dan yang lebih kecil sesuai Tabel 20.6.1.3.1 – Ketebalan selimut beton untuk komponen struktur beton nonprategang yang dicor di tempat, Hal 460 (SNI 2847 : 2019).

Tabel 2. Kolom 2 (K2) dengan mutu Beton K300 Kg/cm² (fc' 25 MPa)

Dimensi	300 x 300 mm	OK
Tulangan Pokok	8 D16	OK
Tulangan Sengkang	D10 – 100 (tumpuan)	OK
	D10 – 150 (lapangan)	OK
Selimut beton	40 mm	OK
AMAN		

Berdasarkan tabel 2 kolom K2 Aman dikarenakan jenis beton fc' minimum 17 MPa pada berat normal dan berat ringan pada beton kegunaan umum dan maksimum tidak ada batasannya menurut Tabel 19.2.1.1 – Batasan Nilai fc', Hal 433 (SNI 2847 : 2019), ketebalan selimut beton 40mm terpapar cuaca atau kontak dengan tanah dengan tulangan Batang D16 kawat ϕ 13 atau D13 dan yang lebih kecil sesuai Tabel 20.6.1.3.1 – Ketebalan selimut beton untuk komponen struktur beton nonprategang yang dicor di tempat, Hal 460 (SNI 2847 : 2019).

Tabel 3. Kolom 3 (K3) dengan mutu Beton K300 Kg/cm² (fc' 25 MPa)

Dimensi	300 x 500 mm	OK
Tulangan Pokok	12 D16	OK
Tulangan Sengkang	D13 – 100 (tumpuan)	OK
	D13 – 150 (lapangan)	OK
Selimut beton	40 mm	OK
AMAN		

Berdasarkan tabel 3 Kolom K1 Aman dikarenakan jenis beton fc' minimum 17 MPa pada berat normal dan berat ringan pada beton kegunaan umum dan maksimum tidak ada batasannya menurut Tabel 19.2.1.1 – Batasan Nilai fc', Hal 433 (SNI 2847 : 2019), ketebalan selimut beton

40mm terpapar cuaca atau kontak dengan tanah dengan tulangan Batang D16 kawat $\phi 13$ atau D13 dan yang lebih kecil sesuai Tabel 20.6.1.3.1 – Ketebalan selimut beton untuk komponen struktur beton nonprategang yang dicor di tempet, Hal 460 (SNI 2847 : 2019).

Tabel 4. Balok 1 (B1) dengan mutu Beton K300 Kg/cm² (fc' 25 MPa)

Dimensi	250 x 500 mm	OK
Tulangan Pokok	6 D16	OK
Tulangan Sengkang	D10 – 100 (tumpuan)	OK
	D10 – 150 (lapangan)	OK
Selimut beton	40 mm	OK
AMAN		

Berdasarkan tabel 4 Balok B1 Aman dikarenakan jenis beton fc' minimum 17 MPa pada berat normal dan berat ringan pada beton kegunaan umum dan maksimum tidak ada batasannya menurut Tabel 19.2.1.1 – Batasan Nilai fc', Hal 433 (SNI 2847 : 2019), ketebalan selimut beton 40mm terpapar cuaca atau kontak dengan tanah dengan tulangan Batang D16 kawat $\phi 13$ atau D13 dan yang lebih kecil sesuai Tabel 20.6.1.3.1 – Ketebalan selimut beton untuk komponen struktur beton nonprategang yang dicor di tempet, Hal 460 (SNI 2847 : 2019).

Tabel 5. Balok 2 (B2) dengan mutu Beton K300 Kg/cm² (fc' 25 MPa)

Dimensi	350 x 500 mm	OK
Tulangan Pokok	8 D16	OK
Tulangan Sengkang	D10 – 100 (tumpuan)	OK
	D10 – 150 (lapangan)	OK
Selimut beton	40 mm	OK
AMAN		

Berdasarkan tabel 5 balok B2 Aman dikarenakan jenis beton fc' minimum 17 MPa pada berat normal dan berat ringan pada beton kegunaan umum dan maksimum tidak ada batasannya menurut Tabel 19.2.1.1 – Batasan Nilai fc', Hal 433 (SNI 2847 : 2019), ketebalan selimut beton 40mm terpapar cuaca atau kontak dengan tanah dengan tulangan Batang D16 kawat $\phi 13$ atau D13 dan yang lebih kecil sesuai Tabel 20.6.1.3.1 – Ketebalan selimut beton untuk komponen struktur beton nonprategang yang dicor di tempet, Hal 460 (SNI 2847 : 2019).

Tabel 6. Balok 3 (B3) dengan mutu Beton K300 Kg/cm² (fc' 25 MPa)

Dimensi	250 x 400 mm	OK
Tulangan Pokok	4 D16	OK
Tulangan Sengkang	D10 – 100 (tumpuan)	OK
	D10 – 150 (lapangan)	OK
Selimut beton	40 mm	OK
AMAN		

Berdasarkan tabel 3 balok B3 Aman dikarenakan jenis beton fc' minimum 17 MPa pada berat normal dan berat ringan pada beton kegunaan umum dan maksimum tidak ada batasannya menurut Tabel 19.2.1.1 – Batasan Nilai fc', Hal 433 (SNI 2847 : 2019), ketebalan selimut beton 40mm terpapar cuaca atau kontak dengan tanah dengan tulangan Batang D16 kawat $\phi 13$ atau D13 dan yang lebih kecil sesuai Tabel 20.6.1.3.1 – Ketebalan selimut beton untuk komponen struktur beton nonprategang yang dicor di tempet, Hal 460 (SNI 2847 : 2019).

Berdasarkan tabel 7. Balok 4 (B4) dengan mutu Beton K300 Kg/cm² (fc' 25 MPa)

Dimensi	300 x 500 mm	OK
Tulangan Pokok	10 D16	OK
Tulangan Sengkang	D10 – 100 (tumpuan)	OK
	D10 – 150 (lapangan)	OK
Selimut beton	40 mm	OK
AMAN		

Berdasarkan tabel 7 balok B4 Aman dikarenakan jenis beton fc' minimum 17 MPa pada berat normal dan berat ringan pada beton kegunaan umum dan maksimum tidak ada batasannya menurut Tabel 19.2.1.1 – Batasan Nilai fc', Hal 433 (SNI 2847 : 2019), ketebalan selimut beton 40mm terpapar cuaca atau kontak dengan tanah dengan tulangan Batang D16 kawat ϕ 13 atau D13 dan yang lebih kecil sesuai Tabel 20.6.1.3.1 – Ketebalan selimut beton untuk komponen struktur beton nonprategang yang dicor di tempat, Hal 460 (SNI 2847 : 2019).

Tabel 8. Pelat Lantai 2, Lantai 3, Lantai 4 dengan mutu Beton K300 Kg/cm² (fc' 25 MPa)

Tebal Pelat	130 mm	OK
Tulangan	D10 – 100	OK
Tebal Efektif Pelat	112 mm	OK
Selimut Beton	18 mm	Bahaya
TIDAK AMAN		

Berdasarkan tabel 8 karena jarak tulangan dengan selimut beton hanya 18mm sedangkan jarak minimal yang di persyaratkan adalah 20mm tidak terpapar cuaca atau kontak dengan tanah pelat, pelat berusuk dan dinding Batang D36 dan yang lebih kecil sesuai Tabel 20.6.1.3.1, Hal 460 (SNI 2847 : 2019).

Tabel 9. Pelat Dak Atap dengan mutu Beton K300 Kg/cm² (fc' 25 MPa)

Tebal Pelat	150 mm	OK
Tulangan	D10 – 100	OK
Tebal Efektif Pelat	128,5 mm	OK
Selimut Beton	21,50 mm	OK
AMAN		

Berdasarkan tabel 9 pelat Dak Atap Aman dikarenakan jarak tulangan dengan selimut beton 21,50mm dan jarak minimal yang di persyaratkan adalah 20mm tidak terpapar cuaca atau kontak dengan tanah pelat, pelat berusuk dan dinding Batang D36 dan yang lebih kecil sesuai Tabel 20.6.1.3.1, Hal 460 (SNI 2847 : 2019).

Pembahasan

Hasil analisis menggunakan perangkat lunak *software StaadPro 2023* terhadap Pembangunan Gedung Masyarakat Berpenghasilan Rendah Kota Madiun menunjukkan bahwa secara keseluruhan struktur bangunan memiliki tingkat stabilitas yang memadai. Evaluasi mencakup tinjauan terhadap momen lentur pada arah Y dan Z, gaya aksial, gaya geser, serta torsi yang bekerja pada setiap elemen *structural* utama. Berdasarkan kombinasi pembebanan gempa yang mengacu pada standar nasional terbaru tahun dua ribu sembilan belas, bangunan ini terbukti cukup tangguh dalam meredam energi seismik yang mungkin terjadi di wilayah

tersebut. Analisis gaya aksial memperlihatkan distribusi beban tarik dan tekan yang proporsional sehingga mencegah terjadinya deformasi berlebihan yang dapat mengancam integritas bangunan secara total. Ketepatan pemodelan ini memberikan gambaran jelas bahwa sistem penahan beban lateral dan vertikal telah berfungsi sebagaimana mestinya untuk menjamin keamanan penghuni di masa depan. Keberhasilan struktur dalam menahan gaya-gaya internal ini menandakan bahwa perencanaan awal telah mempertimbangkan aspek keselamatan secara mendalam bagi masyarakat pengguna bangunan tersebut tanpa adanya risiko kegagalan yang fatal. Identifikasi terhadap titik-titik lemah dalam struktur tetap menjadi fokus utama untuk memastikan efisiensi material tanpa mengorbankan faktor keselamatan gedung publik (Handayani et al., 2025; Nurmaya et al., 2023; Purwanti et al., 2024).

Tinjauan mendalam terhadap komponen vertikal dan horizontal berupa kolom serta balok menunjukkan hasil yang sangat memuaskan dan dinyatakan dalam status aman. Elemen kolom tipe satu dengan dimensi tiga ratus lima puluh kali lima ratus milimeter serta penggunaan tulangan pokok sebanyak empat belas buah besi diameter enam belas milimeter telah memenuhi kriteria teknis yang dipersyaratkan. Demikian pula dengan komponen balok, seperti tipe dua berdimensi tiga ratus lima puluh kali lima ratus milimeter dengan delapan tulangan pokok diameter enam belas milimeter, yang menunjukkan kinerja struktur yang sangat solid saat menahan beban rencana. Seluruh elemen kolom dan balok menggunakan selimut beton setebal empat puluh milimeter, yang sesuai dengan standar perlindungan terhadap cuaca dan kontak tanah untuk mencegah korosi pada baja tulangan utama. Ketebalan ini memastikan bahwa masa layanan struktur dapat terjaga dengan optimal tanpa adanya risiko degradasi material yang terlalu dini akibat faktor lingkungan luar. Penggunaan mutu beton f_c dua puluh lima megapascal pada elemen-elemen ini terbukti efektif dalam memikul beban desain yang telah direncanakan secara presisi. Kelayakan dimensi dan penulangan mencerminkan keberhasilan proses perancangan dalam menciptakan struktur bangunan yang ramping namun tetap memiliki cadangan kekuatan yang cukup besar (Alqahtani et al., 2022; Lutfi & Rusandi, 2020; Parawansyah & Setiawan, 2025; Sutanto & Christianto, 2022).

Berbeda dengan hasil positif pada kolom dan balok, evaluasi pada elemen pelat lantai dua hingga lantai empat mengungkapkan temuan kritis yang perlu mendapatkan perhatian serius dari tim teknis lapangan. Berdasarkan data teknis, ketebalan selimut beton yang diaplikasikan pada pelat tersebut hanya sebesar delapan belas milimeter, padahal standar minimum yang diwajibkan adalah sebesar dua puluh milimeter. Ketidaksesuaian sebesar sepuluh persen dari ambang batas minimal ini mengakibatkan status pelat lantai tersebut dinyatakan tidak aman atau membahayakan bagi keberlanjutan struktur jangka panjang. Kekurangan ketebalan pelat efektif ini secara langsung mengurangi kekakuan struktural, sehingga berpotensi menimbulkan lendutan berlebih dalam jangka waktu lama yang akan sulit untuk dikendalikan secara teknis. Hal ini sangat kontras dengan kondisi pelat dak atap yang memiliki selimut beton dua puluh satu koma lima milimeter dan dinyatakan aman karena telah melampaui ambang batas persyaratan teknis nasional. Penurunan kinerja pada pelat lantai utama dapat memicu munculnya retakan mikro yang mempercepat proses oksidasi tulangan baja di dalamnya. Oleh karena itu, deviasi kecil pada dimensi selimut beton ternyata membawa dampak signifikan terhadap durabilitas bangunan hunian vertikal bagi masyarakat kota (Hidayati et al., 2021; Purwanto et al., 2023; Santoso et al., 2022).

Implikasi dari temuan penelitian ini menekankan bahwa efisiensi dalam penggunaan material tidak boleh sedikit pun mengabaikan parameter teknis yang telah ditetapkan dalam standar nasional Indonesia. Meskipun dimensi kolom dan balok telah dirancang secara ekonomis dan ramping tanpa mengurangi kekuatannya, kegagalan pada elemen pelat justru

menurunkan nilai efisiensi bangunan secara keseluruhan. Masalah efisiensi pada pelat lantai yang mengalami kekurangan ketebalan selimut beton membuat penggunaan material berkualitas tinggi menjadi kurang bermanfaat karena performa strukturalnya menurun drastis dalam pengujian simulasi. Penurunan kekakuan akibat lendutan yang tidak terkontrol dapat menyebabkan deformasi permanen yang merusak nilai estetika serta fungsionalitas ruang di bawah lantai tersebut. Hasil evaluasi ini seharusnya menjadi peringatan keras dalam merencanakan bangunan fasilitas umum agar lebih teliti dalam pengawasan pelaksanaan di lapangan sesuai dengan dokumen *shop drawing*. Keamanan publik merupakan prioritas yang tidak dapat ditawar, sehingga setiap elemen struktur harus dipastikan sesuai dengan spesifikasi teknis yang berlaku guna menghindari risiko keruntuhan. Kesalahan pada detail penulangan pelat dapat menjadi titik awal terjadinya kegagalan struktur yang lebih luas jika beban operasional melampaui kapasitas sisa yang ada (Christopher, 2022; Ikhsan et al., 2020; Purwanto et al., 2023; Tampubolon, 2020).

Secara komprehensif, temuan ini sejalan dengan berbagai studi terdahulu yang dilakukan oleh Nitisusilaharja, Rifai, Tanjung, dan Ritonga mengenai pentingnya integritas struktur pada bangunan bertingkat menengah. Persamaan dalam penggunaan parameter mutu beton, dimensi penampang, serta detail penulangan yang mengacu pada aturan nasional memperkuat validitas hasil evaluasi dalam penelitian ini. Melalui pendekatan analisis yang ketat menggunakan metode *pushover* atau *time history*, terlihat bahwa pemenuhan kriteria teknis merupakan kunci utama dalam menjamin kinerja bangunan terhadap beban gempa. Walaupun struktur utama seperti kolom dan balok telah dinyatakan layak dan aman, perbaikan pada elemen pelat lantai tetap menjadi rekomendasi mutlak yang harus dilaksanakan segera. Keterbatasan penelitian ini terletak pada fokus evaluasi yang masih bersifat statis pada pemodelan digital tanpa menyertakan pengujian beban langsung di lokasi gedung sesungguhnya. Studi lanjutan sangat disarankan untuk melakukan audit struktural secara berkala guna memantau perkembangan lendutan pada lantai dua hingga empat demi keselamatan warga. Dengan demikian, bangunan ini tetap dapat berfungsi secara optimal sebagai sarana hunian yang stabil dan aman bagi masyarakat berpenghasilan rendah di Kota Madiun tanpa kekhawatiran akan degradasi.

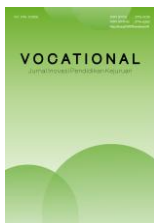
KESIMPULAN

Hasil evaluasi kinerja struktur beton bertulang menggunakan Software StaadPro 2023 menunjukkan bahwa jumlah penulangan dengan D16 tulangan pokok dan D13, D10 untuk tulangan sengkang dan mutu beton K300 Kg/cm² (fc' 25 MPa) yang digunakan pada Kolom 1 (K1) dimensi 350 x 500 mm (AMAN), Kolom 2 (K2) dimensi 300 x 300 mm (AMAN), Kolom 3 (K3) dimensi 300 x 500 mm (AMAN), Balok 1 (B1) dimensi 250 x 500 mm (AMAN), Balok 2 (B2) dimensi 350 x 500 mm (AMAN), Balok 3 (B3) dimensi 250 x 400 mm (AMAN), Balok 4 (B4) dimensi 300 x 500 mm (AMAN), Pelat Lantai 2, Lantai 3, Lantai 4 tebal beton 130 mm (TIDAK AMAN), berikutnya Pelat Lantai Dak Atap tebal 150 mm (AMAN) selain itu pada pekerjaan Pembangunan Gedung Masyarakat Berpenghasilan Rendah Kota Madiun sangat memenuhi syarat yang ditentukan pada pedoman SNI 1726-2019 untuk peraturan gempa.

Berdasarkan evaluasi kinerja struktur yang dilakukan dengan bantuan software StaadPro 2023 didapatkan dimensi pada struktur bangunan Gedung Masyarakat Berpenghasilan Rendah Kota Madiun sudah sesuai dengan SNI SNI 2847-2019 tetapi untuk selimut beton pelat lantai 130 mm yang belum sesuai dengan SNI 2847-2019 karena jarak tulangan dengan selimut beton hanya 18 mm sedangkan jarak minimal yang di persyaratkan adalah 20 mm pada peraturan SNI 2847-2019 (peraturan beton).

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, A. M. (2024). Keberlanjutan pengelolaan rumah susun indal melalui kolaborasi lintas stakeholders. *Jurnal Perencanaan Wilayah Dan Kota*, 19(1), 33. <https://doi.org/10.29313/jpwk.v19i1.3150>
- Alfiano, R., Chandra, B., Kusumahadi, G. T. A., Kurniawan, A., & Leonard, L. (2024). Implementasi konsep bangunan net-zero energy dalam desain arsitektur sebagai solusi penghematan energi. *Syntax Literate Jurnal Ilmiah Indonesia*, 9(10), 5451. <https://doi.org/10.36418/syntax-literate.v9i10.16803>
- Alqahtani, F., Sherif, M., Ghanem, A., & Abotaleb, I. (2022). Assessment of sustainable green lightweight concrete incorporated in new construction technologies. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 26(12), 4942. <https://doi.org/10.1007/s12205-022-2353-x>
- Alshehri, A. M., Hajj, F. A., Waqar, A., Bageis, A. S., Houda, M., & Benjeddou, O. (2024). Building information modeling (BIM) driven performance-based construction for the optimization of sustainable and smart structures development. *Environmental Challenges*, 16, 100980. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2024.100980>
- Ansari, M. A., Solanke, S., & Soni, A. (2020). Structural audit of old building and it's strengthening: Review. *International Journal of Scientific Research in Science and Technology*, 563. <https://doi.org/10.32628/ijrst2072104>
- Caruso, M., Couto, R., Pinho, R., & Monteiro, R. (2023). Decision-making approaches for optimal seismic/energy integrated retrofitting of existing buildings. *Frontiers in Built Environment*, 9. <https://doi.org/10.3389/fbuil.2023.1176515>
- Christopher, D. E. (2022). Analisis perilaku pelat kantilever beton bertulang dengan bukaan menggunakan metode elemen hingga. *JMTS Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 555. <https://doi.org/10.24912/jmts.v5i2.17173>
- Handayani, N. R., Mase, L. Z., Nugroho, S. H., Supriani, F., Misliniyati, R., & Kamarudin, M. K. A. (2025). Evaluation of building performance against large subduction earthquakes incorporating ground response and structural dynamics analysis. *Engineering Journal*, 29(6), 59. <https://doi.org/10.4186/ej.2025.29.6.59>
- Hidayati, N., Priyosulistyo, H., & Triwiyono, A. (2021). Evaluasi dan retrofit struktur gedung beton bertulang akibat kebakaran. *INERSIA Informasi Dan Ekspose Hasil Riset Teknik Sipil Dan Arsitektur*, 17(1), 57. <https://doi.org/10.21831/inersia.v17i1.35888>
- Ikhsan, M. N., Awaludin, A., & Triwiyono, A. (2020). Kuat tarik dan pola kegagalan kombinasi sambungan baut dan sekrup pada baja canai dingin. *INERSIA Informasi Dan Ekspose Hasil Riset Teknik Sipil Dan Arsitektur*, 16(2), 144. <https://doi.org/10.21831/inersia.v16i2.36900>
- Kondalkar, R. (2021). Structural audit of an old building. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 9(4), 1554. <https://doi.org/10.22146/ijraset.2021.33956>
- Lutfi, M., & Rusandi, E. (2020). Evaluasi struktur bangunan ruko akibat penambahan beban atap berupa mini tower. *ASTONJADRO*, 8(2), 87. <https://doi.org/10.32832/astonjadro.v8i2.2790>
- Mydin, M. A. O., Omar, R., Nawi, M. N. M., Ismail, W. N. W., & Norazman, N. (2024). Identifying and categorizing building defects and failures caused by overloading. *Journal of Advanced Research in Applied Mechanics*, 122(1), 186. <https://doi.org/10.37934/aram.122.1.186204>



- Nurmaya, A., Herbanu, P. S., Nisaa', R. M., 'Arifati, A., Wardana, R. A., Sahid, Firmansyah, R. A., & Yudhanti, F. Y. (2023). Tsunami risk assessment on public facilities in southern part of bantul regency, yogyakarta. *E3S Web of Conferences*, 447, 1015. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202344701015>
- Parawansyah, H. I., & Setiawan, A. (2025). Seismic performance analysis of circular-shaped buildings in Padang. *Jurnal Riset Rekayasa Sipil*, 9(2), 105. <https://doi.org/10.20961/jrrs.v9i2.109532>
- Perdana, J. F. P., Handayani, I. G. A. K. R., & Karjoko, L. (2020). Perlindungan konsumen atas hak penggantian kerugian. *Jurnal Discretie*, 1(1), 42. <https://doi.org/10.20961/jd.v1i1.50218>
- Purwanti, H., Firmawan, F., & Lestari, D. A. P. (2024). Investigasi struktur gedung balai pertemuan kelurahan tlogosari wetan. *Jurnal Pengabdian KOLABORATIF*, 2(1), 15. <https://doi.org/10.26623/jpk.v2i1.8562>
- Purwanto, A. D. S., Asriadi, A., & Fajar, M. N. (2023). Investigasi dan penilaian struktur bangunan gedung indomaret basuki rahmat kota sorong. *Jurnal Teknik Sipil Rancang Bangun*, 9(1), 1. <https://doi.org/10.33506/rb.v9i1.2332>
- Santoso, A. R., Suswanto, B., & Habieb, A. B. (2022). Studi perilaku floordeck komposit baja akibat beban lentur dengan metode elemen hingga. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 20(3), 343. <https://doi.org/10.12962/j2579-891x.v20i3.13330>
- Santoso, J. J. (2021). Perlindungan hukum pembeli unit rumah susun berdasarkan permen pekerjaan umum dan perumahan rakyat nomor 11/PRT/M/2019. *Notaire*, 4(2), 177. <https://doi.org/10.20473/ntr.v4i2.26123>
- Sutanto, M. K., & Christianto, D. (2022). Analisa nilai faktor daktilitas dengan metode pushover dengan perkuatan bresing diagonal tunggal. *JMTS Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 469. <https://doi.org/10.24912/jmts.v5i2.16671>
- Tampubolon, S. P. (2020). Analisa perilaku balok beton bertulang dengan menggunakan simulasi VecTor2. *Jurnal Rekayasa Konstruksi Mekanika Sipil (JRKMS)*, 55. <https://doi.org/10.54367/jrkms.v3i2.898>
- Zuhri, S., Ghozali, I., & Subiyantoro, H. (2024). Building performance strategy to achieve thermal comfort on post-disaster design. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, 18(7). <https://doi.org/10.24857/rgsa.v18n7-182>