

Studi Desain Struktur Atas Rumah Susun Asrama Mahasiswa Universitas Muhammadiyah Lamongan Dengan SRPMK
Study of the Superstructure Design of the Student Dormitory Apartments at Muhammadiyah University of Lamongan with SRPMK

Faisal Ridho Muhtarom¹, Ir. Pujo Priyono, M.T.², Hilfi Harisan Ahamd, ST., MT³

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
Email: muhtaromridho@gmail.com

²Dosen Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
Email: pujopriyono@unmuhjember.ac.id

³Dosen Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
Email: Hilfiahmad@gmail.com

Abstrak

Perencanaan struktur bangunan rumah susun mahasiswa Universitas Muhammadiyah Lamongan dilakukan dengan mempertimbangkan ketentuan SNI 1726:2019 tentang ketahanan gempa. Bangunan dirancang menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dengan kategori desain seismik D, mengingat fungsi bangunan sebagai hunian massal dan berada di kawasan rawan gempa. Studi ini bertujuan untuk memperoleh desain elemen struktur horizontal (balok dan pelat), vertikal (kolom), serta mengevaluasi perilaku simpangan antar lantai dan stabilitas struktur. Data teknis bangunan meliputi struktur beton bertulang tiga lantai dengan mutu beton $f'c = 25$ MPa dan tulangan $f_y = 400$ MPa. Analisis dilakukan menggunakan pendekatan perhitungan manual dan pemodelan struktur dengan memperhitungkan pembebanan mati, hidup, dan gempa. Hasil studi menunjukkan bahwa tebal pelat minimum yang digunakan sebesar 12 cm telah memenuhi syarat kekakuan terhadap lendutan. Perencanaan tulangan pelat dan balok mengikuti ketentuan SNI 2847:2019, serta hasil evaluasi simpangan antar lantai menunjukkan nilai yang aman terhadap batas simpangan yang diizinkan. Keseluruhan desain struktur menunjukkan bahwa sistem SRPMK tanpa dinding geser mampu digunakan secara efisien dan aman untuk bangunan rumah susun tiga lantai ini.

Kata kunci: SRPMK, struktur tahan gempa, rumah susun, simpangan antar lantai, desain struktur.

Abstract

The structural design of the Muhammadiyah University of Lamongan student housing complex was carried out by considering the provisions of SNI 1726:2019 concerning earthquake resistance. The building was designed using a Special Moment Resisting Frame System (SRPMK) with seismic design category D, considering the building's function as a mass residence and its location in an earthquake-prone area. This study aims to obtain the design of horizontal (beams and slabs), vertical (columns) structural elements, and evaluate the behavior of inter-story drift and structural stability. The building's technical data includes a three-story reinforced concrete structure with concrete quality $f'c = 25$ MPa and reinforcement $f_y = 400$ MPa. The analysis was carried out using a manual calculation approach and structural modeling by taking into account dead, live, and earthquake loads. The study results show that the minimum slab thickness used of 12 cm has met the stiffness requirements against deflection. The design of the slab and beam reinforcement follows the provisions of SNI 2847:2019, and the results of the inter-story drift evaluation show safe values with respect to the permissible drift limits. The overall structural design demonstrates that the SRPMK system without shear walls can be used efficiently and safely for this three-story apartment building.

Keywords: SRPMK, earthquake-resistant structure, apartment building, inter-story drift, structural design..

1. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Bangunan tahan gempa adalah bangunan yang dirancang untuk mampu menahan beban gempa sesuai dengan standar yang ditetapkan dalam SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. Universitas Muhammadiyah Lamongan berencana membangun rumah susun mahasiswa sebagai fasilitas penunjang kegiatan pendidikan. Karena berfungsi sebagai hunian massal, rumah susun tersebut termasuk dalam tabel 4.6 kategori risiko II, sehingga perencanaan strukturnya harus memenuhi standar ketahanan gempa yang lebih tinggi. Selain itu, lokasi tapak bangunan berada di kawasan dataran rendah yang perlu diteliti lebih lanjut untuk menentukan klasifikasi situs tanah dan koefisien seismik yang tepat berdasarkan SNI.

Struktur atas dari gedung Rumah Susun (Rusun) Asrama Mahasiswa Universitas Muhammadiyah Lamongan direncanakan menggunakan sistem struktur beton bertulang tipe "open frame", yang tergolong dalam kategori Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM). Berdasarkan hasil analisis perencanaan, struktur ini termasuk dalam Kategori Desain Seismik D. Sesuai dengan Kategori risiko III 1726:2019, terdapat dua alternatif sistem struktur yang dapat dipilih untuk KDS D, yaitu:

1. Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).
2. Sistem Ganda (Dual System) – dengan SRPMK yang memikul minimum 25% dari gaya seismik desain, dilengkapi dengan dinding geser beton bertulang.

Dalam konteks efisiensi biaya dan kemudahan konstruksi, penggunaan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) tanpa dinding geser menjadi alternatif yang menarik untuk diterapkan. Meskipun dinding geser memiliki fungsi penting dalam struktur, seperti mengurangi gaya geser yang dipikul kolom, meningkatkan kekakuan lateral bangunan, mengurangi simpangan antarlantai

(interstory drift), serta menghindari terjadinya efek P- Δ , namun pendekatan ini dapat digantikan secara parsial dengan prinsip efisiensi beban.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana sistem elemen horisontal balok dan plat hasil studi?
2. Bagaimana sistem elemen vertikal kolom hasil studi?
3. Bagaimana perilaku simpangan antar lantai dan stabilitas struktur SRPMK hasil studi?

C. Batasan Masalah

Sebagai batasan masalah dari Tugas Akhir ini adalah:

1. Struktur Gedung adalah Struktur Gedung Rumah Susun Mahasiswa Universitas Muhammadiyah Lamongan.
2. Tidak membahas optimasi di segi biaya.

D. Tujuan

Tujuan dari studi ini adalah:

1. Mendapatkan sistem elemen horisontal balok dan pelat hasil studi.
2. Mendapatkan sistem elemen vertikal kolom hasil studi.
3. Mendapatkan perilaku simpangan antar lantai dan stabilitas struktur atas SRPMK hasil studi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

A. Bangunan Tahan Gempa

Sesuai dengan ketentuan SNI 1726:2019 (BSN, 2019), perencanaan struktur bangunan tahan gempa di Indonesia dilakukan berdasarkan pendekatan strength design, di mana beban gempa yang digunakan merupakan beban gempa rencana (design earthquake load). Beban ini boleh direduksi menggunakan faktor modifikasi respons struktur (response modification factor, atau faktor R), yang merepresentasikan tingkat daktilitas dan kemampuan disipasi energi dari sistem struktur yang digunakan. Faktor R diberikan agar struktur dapat direncanakan terhadap beban

gempa yang lebih kecil dari beban gempa maksimum yang mungkin terjadi, dengan asumsi bahwa sebagian elemen struktur akan mengalami plastifikasi secara terkendali, namun tetap tidak runtuh. Elemen-elemen yang diperkenankan untuk mengalami plastifikasi adalah elemen-elemen yang didesain dengan perilaku daktile, yaitu mampu mengalami deformasi besar tanpa kehilangan kekuatan secara tiba-tiba.

Sebaliknya, untuk elemen-elemen struktur yang diharapkan tetap elastis selama kejadian gempa kuat (seperti kolom-kolom utama atau sambungan tertentu), perlu diterapkan faktor overstrength (kuat lebih) guna memastikan bahwa elemen-elemen ini tidak mengalami keruntuhan terlebih dahulu. Prinsip ini dikenal sebagai prinsip strong column-weak beam dalam perencanaan struktur tahan gempa. Agar elemen-elemen plastis dapat berfungsi dengan baik dan tidak mengalami keruntuhan prematur, SNI 1726:2019 mengharuskan adanya detailing penulangan yang memadai. Detailing ini bertujuan untuk memastikan perilaku daktile tetap stabil meskipun elemen struktur telah mengalami deformasi inelastis yang signifikan. Tingkat ketatnya detailing penulangan bergantung pada kategori resiko seismik wilayah tempat bangunan berada: semakin tinggi resiko kegempaan suatu daerah, maka semakin ketat pula persyaratan detailing penulangan struktur yang harus dipenuhi (Iswandi Imran ITB, 1920).

Adapun juga langkah-langkah dalam menghitung gempa, sebagai berikut:

- a.) Mencari peta wilayah gempa Salah satu langkah awal adalah mencari peta wilayah gempa berdasarkan parameter percepatan gempa rencana. Peta respons spektrum percepatan untuk periode 1,0 detik (S_1 dan S_s) menurut SNI 1726:2019, yang digunakan sebagai acuan dalam 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. Untuk menentukan tingkat risiko bangunan,

baik untuk 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 yang didapat dari gambar 2. Nilai F_{PGA} .

- 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 untuk menghitung respons spektral percepatan gempa di permukaan tanah.

- Untuk 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 untuk periode pendek.

S_1 = respon untuk periode 1,0 detik.

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

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

$$S_{D1} = \frac{1}{3} S_{M1} \quad (5)$$

dengan :

S_{DS} = parameter respon untuk periode pendek.

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

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

- Untuk $T < T_0$, maka:

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

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

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

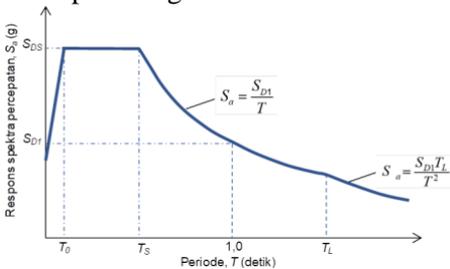
- Untuk $T_L \geq T > T_s$, maka:

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

- Untuk $T < T_L$, maka:

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

dengan :
 S_a = spektrum respons percepatan desain.
 S_{DS} = respon untuk periode pendek.
 S_{D1} = respon untuk periode 1,0 detik.
 T = periode getar struktur.



Gambar 1. Desain Respon Spektrum
 Sumber: SNI 1726-2019

- Untuk 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, untuk struktur yang termasuk dalam kategori risiko I, II, atau III di lokasi dengan nilai $S_1 \geq 0,75$, harus ditetapkan sebagai struktur dengan KDS E. Sedangkan untuk struktur dengan kategori risiko IV di lokasi dengan $S_1 \geq 0,75$ harus menggunakan KDS F. Jika $S_1 < 0,75$ yang tercantum dalam tabel pada SNI 1726:2019.

h.) Menentukan gaya dasar seismik
 - Untuk gaya dasar seismik, maka:

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

- Untuk koefisien respon seismik C_s , maka:

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

- Untuk $T < T_L$, maka:

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

- Untuk $T > T_L$, 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 untuk 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. kN/N
- S_{DS} = perioda pendek 0.2 detik. -
- S_1 = perioda 1 detik. -
- R = faktor modifikasi respon. -
- I = faktor keutamaan gempa. -
- T = periode struktur dasar (detik). s

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

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

- Untuk T_a minimum, maka:

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

- Untuk T_a maksimum, maka:

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

dengan :
 T_a minimum = nilai batas bawah perioda.
 T_a maksimum = nilai batas atas perioda.
 h_n = ketinggian struktur.

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

- Untuk defleksi pusat massa, maka:

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

dengan :

C_d = faktor amplifikasi defleksi.

δ_{xe} = defleksi.

le = faktor keutamaan gempa.

B. Pembebanan Stuktur

Dalam merancang struktur bangunan, penting untuk mematuhi regulasi yang ada agar pembangunan tersebut aman secara teknik. Bangunan yang direncanakan harus mampu menanggung beban hidup, beban mati, dan juga beban akibat gempa yang mungkin terjadi pada strukturnya. Secara umum, beban yang bekerja pada struktur dibagi menjadi beberapa kategori, termasuk :

1. Beban Mati

Beban mati merupakan total massa semua material konstruksi yang dipasang dalam bangunan, yang mencakup dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi permanen, penyelesaian, pelapisan bangunan, elemen arsitektural dan struktural lainnya, serta peralatan pendukung yang terpasang, termasuk berat crane

2. Beban Hidup

Beban yang diperhitungkan dalam mendesain gedung dan struktur lainnya haruslah beban tertinggi yang mungkin timbul karena kehadiran penghuni dan pengguna bangunan, namun tidak boleh kurang dari beban minimum yang dianggap merata dan telah diatur dalam SNI 1727:2013.

3. Beban Angin

Berdasarkan PPIUG 1983, pada Bab I pasal 1 ayat 3, beban angin merujuk pada segala beban yang memengaruhi bangunan atau bagian dari bangunan yang diakibatkan oleh perbedaan tekanan udara. Mengacu pada SNI 1727-2013 berkenaan dengan Beban Minimum Untuk Desain Bangunan dan Struktur lainnya, untuk menentukan beban angin pada suatu gedung, penting untuk mengidentifikasi kecepatan angin dasar, arah angin, kategori eksposur, faktor topografi, pengaruh tiupan angin, koefisien tekanan internal, koefisien tekanan eksternal, serta koefisien eksposur.

4. Beban Gempa

Dalam SNI 1726-2012, tahap analisis gempa untuk gedung telah dijelaskan secara rinci. Proses inilah yang akan menilai apakah struktur tersebut aman atau tidak ketika menghadapi tekanan gempa, dengan membandingkan simpangan horizontal yang terjadi dengan simpangan horizontal yang diperbolehkan. Analisis gempa pada gedung juga bertujuan untuk memastikan apakah sistem struktur yang diterapkan pada gedung tersebut dapat menanggung beban lateral akibat gempa.

C. Kombinasi Pembebanan

Berdasarkan pasal 4.2 dalam SNI-1726-2012 yang berkaitan dengan kombinasi beban terfaktor dan beban layanan, rancangan struktur bangunan dan struktur lainnya harus dibuat dengan memperhatikan kombinasi beban sesuai dengan Kombinasi Beban untuk Metoda Ultimit atau Kombinasi Beban untuk Metoda Tegangan Ijin.

a. Paduan Beban untuk Metode Ultimat Struktur, elemen-elemen gedung dan elemen-elemen dasar harus dikembangkan sedemikian rupa agar daya tahannya direncanakan sama atau lebih tinggi dibandingkan dampak beban-beban yang sudah terpengaruh dengan kombinasi-kombinasi berikut:

$$1,4D$$

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

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

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

$$1,2D + 1,0E + L$$

$$0,9D + 1,0W$$

$$0,9D + 1,0E$$

b. Kombinasi Beban untuk Metode Tegangan Ijin Beban-beban di bawah ini harus ditinjau dengan kombinasi-kombinasi berikut untuk perencanaan struktur, komponen-komponen struktur dan elemen-elemen fondasi berdasarkan metode tegangan ijin:

$$D$$

$$D + L$$

$$D + (Lr \text{ atau } R)$$

$$D + 0,75L + 0,75(Lr \text{ atau } R)$$

$$D + (0,6W \text{ atau } 0,7E)$$

$$D + 0,75(0,6W \text{ atau } 0,7E) + 0,75L +$$

$$0,75(Lr \text{ atau } R) + 0,6D + 0,6W$$

$$0,6D + 0,7E$$

Nilai faktor yang sama dengan faktor beban untuk beban mati D pada kombinasi 1-6 atau 8. Adanya beban H bekerja pada struktur maka keberadaannya harus diperhitungkan sebagai berikut:

1. Bila ada beban H yang memperkuat pengaruh vertical beban utama, maka perhitungan pengaruh H dengan factor beban adalah 1,0;
2. Bila ada beban H yang memberikan perlawanan terhadap pengaruh variable beban utama maka perhitungan pengaruh H dengan factor beban adalah 0,6 (jika beban memiliki sifat permanenn) atau dengan faktor adalah 0 untuk kondisi lainnya.

Factor yang paling menentukan dari beban-beban angin dan seismic harus ditinjau, akan tetapi kedua beban tersebut tidak perlu ditinjau secara simultan. Dengan melihat SNI 1726:2019 pada pasal 10.4 untuk definisi khusus mengenai pengaruh beban gempa E.

D. Pengaruh Beban Gempa

Pengaruh dari beban gempa yang paling signifikan dibandingkan dengan beban angin dan seismic perlu diperiksa, namun kedua jenis beban tersebut tidak harus ditinjau dalam waktu yang bersamaan. Merujuk pada SNI 1726:2019 pasal 10.4 yang menguraikan tentang definisi spesifik dampak dari beban gempa E. Perhitungan pengaruh dari beban gempa E harus dilakukan dengan mengikuti ketentuan di bawah ini:

1. Penggunaan untuk kombinasi beban 5, maka ditentukan E sebagai berikut:

$$E = E_h + E_v \quad (1)$$

2. Penggunaan untuk kombinasi 7, maka ditentukan E sebagai berikut:

$$E = E_h - E_v \quad (2)$$

dimana:

$$E_h = \text{gempa horizontal} = \rho QE \quad (3)$$

$$E_v = \text{gempa horizontal} = 0,2SDSD \quad (4)$$

ρ = factor redundansi dan dapat diambil dengan nilai 1,0 untuk KDS A, B, C. sedangkan untuk KDS D, E, dan F adalah 1,3. Tidak perlu diambil lebih besar 1,3.

S_{DS} = parameter percepatan spektru yaitu respon desain pada periode pendek.

Terkecuali pengaruh beban gempa vertical E diijinkan untuk ditetapkan = 0 dengan melihat kondisi berikut:

1. Pada persamaan 22 dan 23 dimana $SDS < 0,125$
2. Pada persamaan 23 apabila menentukan kebutuhan pada muka-kontak tanah-struktur di pondasi

Maka kombinasi dasar guna desain kekuatan:

- a. $(1,2 + 0,2 SDS) D + \rho QE + L$
- b. $(0,9 - 0,2 SDS) D + \rho QE + 1,6 H$

Kombinasi dasar untuk desain tegangan ijin:

1. $(1,0 + 0,14 SDS) D + H + F + 0,7 \rho QE$
2. $(1,0 + 0,10 SDS) D + H + F + 0,525 \rho QE + 0,75L + 0,75 (L_r / R)$
3. $(0,6 - 0,14 SDS) D + 0,7 \rho QE + H$

3. METODOLOGI

Lokasi studi berada pada kawasan yang direncanakan sebagai pembangunan rumah susun mahasiswa Universitas Muhammadiyah Lamongan. Secara administratif, lokasi ini terletak di Jalan Pantura, Jl. Plalangan No. KM, RW 02, Dusun Wahyu, Desa Plosowahyu, Kecamatan Lamongan, Kabupaten Lamongan, Provinsi Jawa Timur.



Gambar 1. Lokasi Penelitian
 (Sumber: *Google Earth.*, 2025)

i. Persiapan Penelitian

Tahap awal berupa studi literatur terhadap berbagai referensi dan teori yang relevan dengan topik penelitian. Literatur yang dikaji berfungsi sebagai dasar perencanaan dan pemahaman awal terhadap permasalahan yang akan dianalisis.

ii. Pengumpulan Data

Meliputi pengumpulan data primer dari lapangan dan data sekunder terkait obyek studi. Data lapangan dikumpulkan melalui survei langsung di lokasi, sedangkan data sekunder diperoleh dari dokumen atau referensi yang sudah tersedia.

iii. Analisis Struktur

Data yang telah dikumpulkan kemudian dianalisis menggunakan metode analisis struktur yang sesuai dengan standar perencanaan. Analisis ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja struktur berdasarkan data aktual di lapangan.

Pembahasan dalam bab ini mencakup:

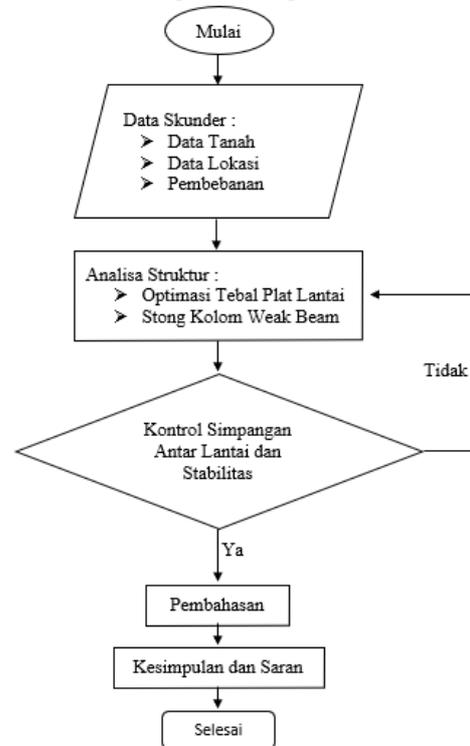
- Jenis dan sumber data yang dibutuhkan,
- Prosedur pengumpulan data lapangan,
- Proses penyajian dan pengolahan data,
- Tahapan analisis struktur berdasarkan data yang diperoleh,

Rekapitulasi hasil survei yang digunakan dalam studi. Tahapan ini disusun agar seluruh proses penelitian berjalan efisien dan sistematis. Dasar-dasar perencanaan yang digunakan sangat penting untuk mencapai tujuan studi, terutama karena pengumpulan data di lapangan membutuhkan alokasi waktu, tenaga, dan ketelitian yang memadai.

iv. Diagram Alir

Proses perencanaan diawali dengan tahap "Mulai", dengan pengumpulan data sekunder. Tahap berikutnya adalah Setelah seluruh data sekunder dikumpulkan, tahap selanjutnya adalah melakukan analisis struktur. Setelah analisis struktur dilakukan, masuk ke tahap kontrol simpangan antar lantai dan stabilitas. Tahap ini bertujuan untuk memeriksa apakah simpangan antar lantai akibat pembebanan sudah berada dalam batas yang diizinkan. Langkah akhir dari proses ini adalah penyusunan kesimpulan dan saran, yang merangkum hasil perencanaan serta memberikan rekom

teknis jika diperlukan. Proses kemudian berakhir pada tahap "Selesai".



Gambar 2. Diagram Alir (Sumber: Penelitian, 2025)

4. ANALISA DAN PEMBAHASAN

A. Data Teknis Bangunan

- **Data proyek :**

- Tipe bangunan = Asrama Wiyata
- Struktur bangunan = Beton bertulang
- Zona gempa = Kab. Lamongan
- Jumlah lantai = 3 lantai
- Fungsi gedung = Rumah susun
- Tinggi gedung = 14,6 m
- Panjang gedung = 17,85 m
- Lebar gedung = 38,25 m

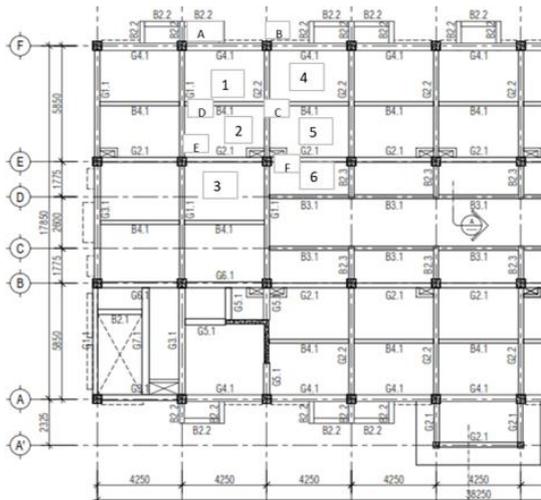
- **Data bahan :**

- Mutu beton = 25 MPa
- Mutu baja = 400 MPa

A. Pelat Lantai

a.) Kajian Tebal Pelat

Penomoran panel ini digunakan sebagai dasar dalam analisis perbandingan kekakuan balok (nilai α) terhadap kekakuan pelat, untuk menentukan apakah balok yang membatasi panel tersebut memenuhi syarat sebagai balok cukup kaku dalam sistem pelat dua arah.



Gambar 3. Denah plat lantai
 (Sumber: Dokumen perencanaan)

Perhitungan ini dilakukan untuk memastikan distribusi momen yang sesuai dan kinerja struktur terhadap beban lateral dan gravitasi. Analisis tebal pelat minimum dilakukan untuk memastikan bahwa elemen pelat pada struktur bangunan memiliki kekakuan dan ketahanan yang memadai terhadap beban-beban yang bekerja. Berikut Analisa tebal pelat minimum yang digunakan :

Tabel 1. Tebal plat minimum

No. Panel	f_y (MPa)	$l_n.y$ (mm)	$l_n.x$ (mm)	β	t (mm)
1	420	2650	4000	0,663	68,2
2	420	2700	4000	0,675	69,3
3	420	2850	4000	0,713	72,6
4	420	2650	4000	0,663	68,2
5	420	2700	4000	0,675	69,3
6	420	1550	4000	0,388	42,4
Jadi, t diambil terbesar					72,6

(Sumber: Pengolahan Data)

$$h_{\min 1} = 69,47 \text{ mm}$$

$$h_{\min 2} = afm > 2.0 = 90 \text{ mm}$$

tebal plat minimum agar lendutan tidak perlu dikontrol = **90 mm**

Gunakan tebal plat = **120 mm**

b.) Pembebanan struktur

Beban mati

Tabel 2. Beban mati

No.	Beban mati	Berat (kN/m ²)	Tebal (m)	Q (kN/m ²)
1	B. sendiri	24	0,12	2,880
2	B. finishing	0,2		0,240

No.	Beban mati	Berat (kN/m ²)	Tebal (m)	Q (kN/m ²)
3	B. plafon	0,2		0,180
4	B. ME	0,2		0,200
5	B. Spesi	0,8		0,840
Total beban, q_D				4,340

Beban hidup

$$\text{Beban hidup plat lantai} = 196 \text{ kg/m}^2 = 2 \text{ kN/m}^2$$

B. Tulangan Pelat

Data umum:

- Mutu beton = 25 MPa
- Mutu baja = 400 MPa
- Panjang, l_x = 2,93 m
- Panjang, l_y = 4,25 m
- Tebal = 12 cm
- Koefisien (l_y/l_x) = 1,45
- Diameter tul. = 10 mm
- Selimut beton = 40 mm

Analisis pelat

- Beban rencana, Q_u = 8,344 kN/m²
- Momen plat :
 Arah x, M_{ulx} = 3,998 kN/m²
 Arah y, M_{uly} = 2,641 kN/m²

- Penulangan plat

- Rasio tul. = 0,053
- R_{\max} = 0,053
- Faktor tahanan, R_n = 0,449
- $R_n < R_{\max}$ (OK)
- Rasio tul. Yang diperlukan
 Rasio tul. minimum = 0,003
- Luas tul. perlu = 317 mm²
- Jarak tul. perlu = 248 mm
- Jarak tul. S_{\max} = 180 mm
- Jarak sengkang = 180 mm
- Diambil jarak sengkang 150 mm

Digunakan tul. ϕ 10 – 150

- Luas tul. terpakai = 524 mm²
- ρ = 0,006

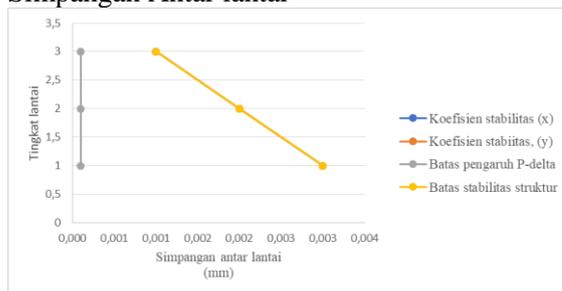
Berdasarkan dari hasil analisis, pengambilan luas tulangan sebesar D10-150 pada dasarnya sudah memenuhi yang disyaratkan dalam SNI 2847:2019.

C. Respon Gempa

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

Kategori resiko = II.
 Faktor keutamaan, $I_e = 1$
 Klasifikasi situs = SE
 Menentukan nilai :
 $S_S = 0,693$ dan $S_1 = 0,300$
 $F_a = 1,609$ dan $F_v = 2,799$
 $SM_S = 1,115$ dan $SM_I = 0,840$
 $S_{DS} = 0,744$ dan $S_{D1} = 0,560$
 Kategori desain seismik = D.
 Koefisien modifikasi, $R = 8$.
 Faktor kuat, $\Omega_0 = 3$.
 Faktor pembesaran, $C_d = 5,5$.
 Analisa dinamis getaran bebas
 Menghitung T_a minimum
 $T_{a \text{ min}} = C_t \times h_{nx}$
 $= 0,436$ detik.
 Menghitung T_a maksimum
 $T_{a \text{ max}} = C_u \times T_a$ maksimum
 $= 0,011$ detik.

Simpangan Antar lantai



Gambar 4. Grafik stabilitas struktur

D. Kekuatan Kolom

Analisa struktur dilakukan menggunakan perangkat lunak SAP2000, yang merupakan salah satu software rekayasa struktur yang digunakan dalam perencanaan bangunan bertingkat. Dalam analisis ini, model struktur dimasukkan ke dalam SAP2000 dengan data material, penampang elemen struktur, beban mati, beban hidup, serta beban gempa berdasarkan spektrum respons desain yang sesuai dengan jenis tanah di lokasi, diperoleh hasil analisa statis dan kombinasi gaya dalam.

Tabel 3. Momen pada tumpuan dan lapangan

Beban	Lokasi	Momen (kN-m)
Dead	Tumpuan	30,1
	Lapangan	-31
Live	Tumpuan	4,75
	Lapangan	-2,68
Eq kanan	Tumpuan	2,33

Beban	Lokasi	Momen (kN-m)
Eq kiri	Lapangan	41,76
	Tumpuan	1,12
	Lapangan	13,65

Tabel 4. Momen lentur kombinasi

Beban	Lokasi	Momen (kN-m)
1,4D	Tumpuan	42,14
	Lapangan	-43,40
1,2D + 1,6L	Tumpuan	43,72
	Lapangan	-41,49
1,33D + 1EQ + 0,5L	Tumpuan	44,88
	Lapangan	-0,96
1,33D + -1EQ + 0,5L	Tumpuan	40,22
	Lapangan	-84,48
0,77D + 1EQ	Tumpuan	25,36
	Lapangan	18,04
0,77D + -1EQ	Tumpuan	20,70
	Lapangan	-65,48

- Mencari nilai Mpr

Untuk Tulangan 5D16 di sisi atas

$$a = \frac{A_s \times 1,25 f_y}{0,85 f'_c b} = 94,57 \text{ mm}$$

$$M_{prba} = A_s (1,25 f_y) \times \left(d - \frac{a}{2} \right) = 223424963,8 \text{ N - mm}$$

$$= 223,425 \text{ kN - m}$$

Untuk Tulangan 3D16 di sisi bawah

$$a = \frac{A_s \times 1,25 f_y}{0,85 f'_c b} = 56,74 \text{ mm}$$

$$M_{prba} = A_s (1,25 f_y) \times \left(d - \frac{a}{2} \right) = 139756379 \text{ N - mm} = 139,756 \text{ kN - m}$$

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

$$V_{e,b} = (\Sigma M_{pr,b,a} * DF_{a} + \Sigma M_{pr,b,b} * DF_{b}) / I_u$$

$$V_{e,b} = 108,412 \text{ kN} = V_{e,c}$$

$$V_u = 13,087 \text{ kN}$$

Jadi $V_{e,c}$ desain sebesar 108,412 kN

Jadi sepanjang $l_0 = 508,333 \text{ mm}$, dipasang sengkang untuk memikul $V_{e,c}$ desain asumsikan kuat geser yang disumbang beton, $V_c = 0$

maka tulangan geser memikul gaya geser :

$$V_s = (V_{e,c} - V_c) / \phi = 144,550 \text{ kN}$$

($\phi = 0,75$)

$$A_v / s, \text{ perlu} = V_s / f_{yd}$$

$$= 0,933 \text{ mm}^2 / \text{mm}$$

Kontrol A_v / s yang digunakan :

Telah dihasilkan :
 $A_{sh/s} = 3,32 \text{ mm}^2/\text{mm}$
 karena $A_{sh/s} > A_{v/s}$, perlu, maka $A_{v/s} = 3,324 \text{ mm}^2/\text{mm}$
 syarat jarak tulangan transversal :
 $1/4$ dimensi terkecil struktur = 112,5 mm
 6 kali diameter tul. longitudinal = 96 mm

$$S_e = 100 + \left(\frac{350 - h_x}{3} \right)$$

$S_e = 176 \text{ mm}$, bila $(h_x \approx 1/3bc) = 123 \text{ mm}$
 $S_{o \text{ pakai}} = 150 \text{ mm}$

Jadi, jarak maksimum tul. transversal = 96 mm
 Direncanakan jarak tul. transversal = 70 mm
 dengan $A_{sh} = 232,70 \text{ mm}^2$

Gunakan sengkang tertutup 3D10 ; $A_s (\text{mm}^2) = 235,50$ **OK**

Jadi, sengkang tertutup yang digunakan 3D10-70. Dipasang sepanjang, $l_o =$ terbesar antara :

- 450 mm (tinggi penampang kolom)
- 508,33 mm (1/6 l_o)
- 450 mm (450 mm)

Ambil $l_o = 508,333 \text{ mm}$
 pada daerah di luar $l_o = 508,333 \text{ mm}$, maka nilai V_e, c ditentukan dengan :

$$V_c = 0.17 \left(1 + \frac{N_u}{14A_g} \right) \sqrt{f'_{cbwd}}$$

$N_u = 178,88 \text{ kN}$ (diambil yang terkecil)
 $\Lambda = 1$ (beton normal)

sehingga :

$$V_c = 157571 \text{ N}$$

$$V_u/\phi = 17449 \text{ N} < V_c$$

$$1/2V_c = 78785 \text{ N} > V_u/\phi$$

hitung tulangan geser perlu :

$$A_{v, \text{min}/s, 1} = 0,34875 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$A_{v, \text{min}/s, 2} = 0,39375 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

$$A_{v, \text{min}/s, \text{pakai}} = 0,39375 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

dipersyaratkan jarak maks adalah ambil terkecil antara:

$$d/2 = 196 \text{ mm}, \text{ dan } 150 \text{ mm}$$

Diambil $s = 150 \text{ mm}$
 $A_{v, \text{min}} = 59,0625 \text{ mm}^2$

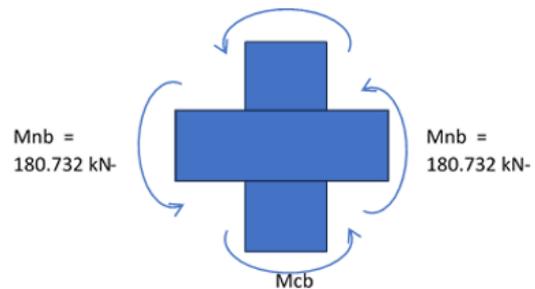
Direncanakan 2D10 ; $A_v (\text{mm}^2) = 157$ **OK**

Jadi digunakan tulangan sengkang tertutup 2D10-150.

Tabel 5. Rekapitulasi gaya dalam

Gaya dalam	D	L	E ka	E ki
Gaya aksial				
Kolom atas	155,39	15,87	21	21
Kolom desai	244,7	24,93	41	44

Gaya dalam	D	L	E ka	E ki
Kolom bawah				
Momen				
Kolom atas	11,26	2,35	8,7	21
Kolom desai	-5,52	-1,15	16	55
Kolom bawah	4,66	0,97	7,0	23

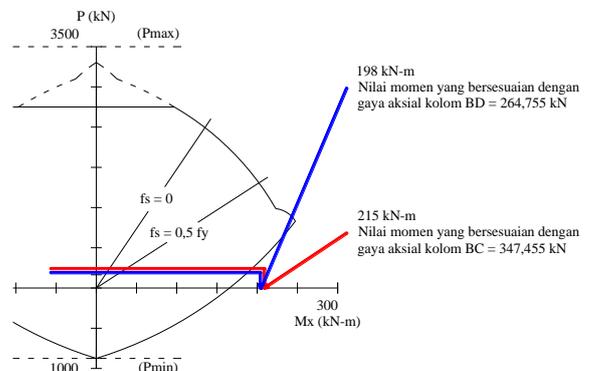


Gambar 5. Skema Momen pada suatu joint Kolom ukuran 450 x 450 Dengan Tulangan 12D16 Rasio Tulangan = $\rho_g = 0,012$ Periksa syarat :

$$\frac{6}{5} \sum M_{nb} = 433,7574 \text{ kN-m}$$

Diagram interaksi, dengan menggunakan software PCACOL

Diagram Kapasitas Lentur-Aksial pada Elemen Kolom



Gambar 6. Diagram Interaksi Untuk HBK di atas kolom BC

$\phi \sum M_{nc} (\text{kN-m}) = 198 + 215 = 413$

$$\sum M_{nc} (\text{kN-m}) = 633,35 > 6/5 \sum M_{nb} = 433,75$$

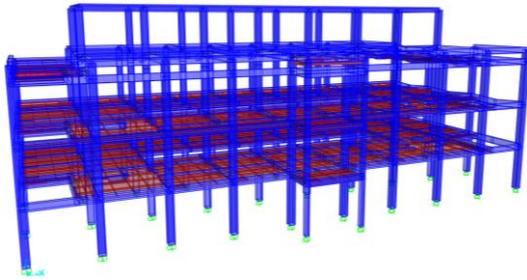
OK

E. Check Desain Tulangan Lentur Balok

Mengacu pada prinsip optimasi struktur, sub-pekerjaan struktur shear wall dihilangkan dari perencanaan awal. Penghapusan elemen struktural ini dilakukan untuk meningkatkan efisiensi biaya dan kemudahan dalam proses

konstruksi. Namun demikian, perubahan ini perlu dikaji secara menyeluruh untuk memastikan bahwa struktur tetap memenuhi persyaratan kekuatan, kekakuan, dan stabilitas sesuai standar yang berlaku.

Adapun hasil analisis dan evaluasi desain akan disajikan pada bagian berikutnya secara detail, baik dalam bentuk tabel, grafik, maupun visualisasi deformasi dan gaya dalam dari *software*.



Gambar 7. Output Desain Penulangan Balok Berdasarkan ACI 318-14

Berdasarkan hasil analisa struktur menggunakan SAP2000 dan merujuk pada gambar spektrum respons desain, diketahui bahwa luas tulangan lentur yang dibutuhkan pada balok di area shear wall adalah sebesar 1.044,65 mm². Nilai ini merupakan hasil perhitungan dari beban-beban yang bekerja, termasuk kombinasi pembebanan gempa berdasarkan kondisi tanah lunak (SE) yang menghasilkan respons spektral tertentu. Sementara itu, dari dokumen Detail Engineering Design (DED), diketahui bahwa luas tulangan lentur yang direncanakan adalah sebesar 1.206,37 mm². Perbandingan antara kebutuhan dan kapasitas menunjukkan bahwa tulangan yang direncanakan telah melebihi kebutuhan minimum dengan margin keamanan yang cukup. Sementara itu, dari dokumen Detail Engineering Design (DED), diketahui bahwa luas tulangan lentur yang direncanakan adalah sebesar 1.206,37 mm². Perbandingan antara kebutuhan dan kapasitas menunjukkan bahwa tulangan yang direncanakan telah melebihi kebutuhan minimum dengan margin keamanan yang cukup. Dengan demikian, balok pada area shear wall dapat dikatakan aman secara struktural terhadap momen lentur yang terjadi dan telah dirancang sesuai prinsip

perencanaan yang memadai serta mengacu pada ketentuan dalam SNI 2847 dan SNI 1726.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Ketebalan minimum pelat ditentukan berdasarkan SNI 2847:2019 dengan mempertimbangkan panjang bentang bersih dan jenis tumpuan diperoleh tebal plat lantai $t = 12 \text{ cm}$
2. Dari hasil evaluasi, sistem kolom memenuhi kontrol kekakuan, kuat tekan, dan ketahanan terhadap gaya lateral sesuai dengan ketentuan pada SNI 2847:2019. Kolom masih memenuhi syarat strong column with beam yaitu
$$\frac{6}{5} \sum M_{nc} (kN - m) = 633,385 >$$
$$\frac{6}{5} \sum M_{nb} = 433,7574$$
3. Simpangan antar lantai dari struktur SRPMK hasil studi menunjukkan kinerja elastis hingga semi plastis yang terkendali, berada dalam batas aman menurut standar. Struktur memiliki distribusi kekakuan dan massa yang merata, serta mampu mempertahankan bentuk dan kestabilannya selama pengaruh gempa.

B. Saran

1. Sistem elemen horizontal yang terdiri dari balok dan pelat beton bertulang telah berhasil dirancang untuk menyalurkan beban vertikal secara efektif ke elemen vertikal. Balok bekerja sebagai elemen lentur utama dengan penulangan yang dirancang berdasarkan hasil analisis momen dan gaya geser. Sementara itu, plat lantai berfungsi sebagai diafragma kaku untuk menyalurkan gaya lateral akibat gempa. Kedua elemen ini bekerja secara terpadu untuk mendukung kekakuan dan kekuatan sistem SRPMK.
2. Kolom sebagai elemen vertikal dirancang untuk menahan beban aksial dan momen akibat gaya gempa. Dengan penerapan prinsip strong column-weak beam dan ketentuan

daktilitas tinggi sesuai SNI 2847 dan SNI 1726, kolom mampu memberikan kontribusi signifikan terhadap kekuatan dan kestabilan struktur dalam menghadapi beban lateral.

3. Hasil analisis menunjukkan bahwa simpangan antar lantai masih dalam batas aman yang diizinkan oleh standar. Hal ini membuktikan bahwa struktur SRPMK tanpa dinding geser tetap memiliki kekakuan lateral yang cukup. Desain balok dan kolom yang saling terintegrasi secara monolitik memastikan stabilitas struktur tetap terjaga, sekaligus memenuhi aspek daktilitas dan ketahanan terhadap beban gempa

E. DAFTAR PUSTAKA

ACI 318-08. (2008). *Building Code Requirements for Structural Concrete*. USA: American Concrete Institute.

Badan Standardisasi Nasional. (2019). *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2019)*. Jakarta.

Badan Standardisasi Nasional. (2019). *Standar Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Gedung dan Non Gedung (SNI 1726:2019)*. Jakarta.

International Code Council. (2009). *International Building Code*. USA.

Nasution, A. (2016). *Rekayasa Gempa dan Sistem Struktur Tahan Gempa*. Institut Teknologi Bandung, Bandung.

Nawy, E. G. (1985). *Reinforced Concrete: A Fundamental Approach*. New Jersey: Prentice-Hall, Inc.

Paulay, T., & Priestley, M. J. N. (1992). *Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Buildings*. New York: John Wiley & Sons.

Priyono, P. (2017). *Diktat Kuliah Struktur Beton Tahan Gempa (Berdasarkan SNI 03-2847-2002)*. Universitas Muhammadiyah Jember.

Priyono, P. (2018). *Studi Penyederhanaan Desain Tulangan Lentur Elemen Balok Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847:2013*. Universitas Muhammadiyah Jember.

Setiawan, A. (2016). *Perancangan Struktur Beton Bertulang (Berdasarkan SNI 2847-2013)*. Jakarta: Erlangga.

Wang, C. K., Salmon, C. G., & Pincheira, J. A. (2007). *Reinforced Concrete Design (7th ed.)*. New York: John Wiley & Sons.