

# REDESAIN STRUKTUR GEDUNG ASRAMA PUTRI EMPAT LANTAI UIN MAULANA MALIK IBRAHIM DENGAN METODE SRPMK

Khanifan Fisabila Firdaus<sup>1</sup>, Suprpto<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Program Studi D4 Teknik Sipil, Fakultas Vokasi, Universitas Negeri Surabaya.

<sup>2</sup> Dosen Teknik Sipil, Fakultas Vokasi, Universitas Negeri Surabaya.

Email : Khanifan.20021@mhs.unesa.ac.id

## Abstrak

Indonesia terletak di zona pertemuan lempeng tektonik aktif, memiliki tingkat kejadian gempa yang tinggi. Pada tahun 2023, tercatat 10.789 kejadian gempa dengan variasi magnitudo dan kedalaman, termasuk di kota Malang yang mengalami percepatan gempa antara 0,41g hingga 0,72g menurut data [puskim.pu.go.id](http://puskim.pu.go.id). Berdasarkan SNI 1726-2019, bangunan di daerah rawan gempa harus dirancang tahan terhadap gaya lateral untuk menjamin keselamatan. Penerapan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dengan prinsip Strong Column-Weak Beam (SCWB) bertujuan memastikan kegagalan pertama terjadi pada balok, bukan kolom. Selain ketahanan gempa, efisiensi dalam perencanaan struktur sangat penting untuk mencapai keseimbangan antara biaya dan keamanan. Faktor utama yang mempengaruhi perencanaan struktur, seperti ukuran penampang, material, dan beban, harus dipertimbangkan secara cermat. Analisis struktur dilakukan menggunakan perangkat lunak ETABS untuk menentukan gaya-gaya dalam berdasarkan kombinasi beban yang diterapkan. Hasil redesain menunjukkan adanya perbedaan kebutuhan material pada struktur balok utama eksisting yang ditinjau antara desain ulang dan struktur eksisting. Redesain menghasilkan penghematan sebesar 18,79% pada kebutuhan beton dan 20,94% pada kebutuhan besi.

**Kata Kunci:** Efisiensi, ETABS, gempa, perencanaan ulang, struktur

## Abstract

Indonesia is located in an active tectonic plate convergence zone, experiencing a high frequency of earthquakes. In 2023, a total of 10,789 earthquake events were recorded, varying in magnitude and depth, including in Malang, where seismic acceleration ranged from 0.41g to 0.72g, according to data from [puskim.pu.go.id](http://puskim.pu.go.id). Based on SNI 1726-2019, buildings in earthquake-prone areas must be designed to withstand lateral forces to ensure safety. The implementation of the Special Moment Resisting Frame System (SMRF) with the Strong Column-Weak Beam (SCWB) principle aims to ensure that initial failure occurs in beams rather than columns. In addition to earthquake resistance, structural design efficiency is crucial to achieving a balance between cost and safety. Key factors influencing structural design, such as cross-sectional dimensions, materials, and loads, must be carefully considered. Structural analysis is conducted using ETABS software to determine internal forces based on applied load combinations. The redesign results indicate differences in material requirements for the existing primary beam structure when compared between the redesign and the existing structure. The redesign achieved savings of 18.79% in concrete usage and 20.94% in steel requirements.

**Keywords:** Efficiency, ETABS, Earthquake, Redesign, Structure

## PENDAHULUAN

Dalam rangka mendukung kebutuhan kegiatan belajar di kampus, UIN Maulana Malik Ibrahim Malang memiliki asrama mahasiswa sebagai fasilitas yang layak bagi mahasiswa, khususnya yang berasal dari luar daerah, untuk mendukung mereka dalam menyelesaikan studi. Fungsi utama Asrama Mahasiswa adalah sebagai tempat tinggal sementara bagi mahasiswa yang sedang menjalani program

studi mereka (Suparman, Irfan, Syahrani, & Anggraini, 2022). Mengingat pentingnya keberadaan asrama tersebut, terutama di wilayah seperti Kota Malang kerap mengalami dampak akibat gempa bumi. Kondisi ini terjadi karena dinamika tektonik di wilayah selatan Malang yang dipengaruhi oleh pergerakan lempeng India-Australia ke arah utara, yang bertabrakan dengan lempeng Eurasia yang relatif stabil. (Purbandini et

al., 2017). Malang berada dalam zona dengan risiko gempa yang cukup tinggi, dengan percepatan gempa antara 0,41g hingga 0,72g, menurut data respons spektrum dari [puskim.pu.go.id](http://puskim.pu.go.id). Kondisi ini menjadi salah satu alasan utama mengapa bangunan di Indonesia harus dirancang untuk tahan terhadap gaya lateral, sesuai dengan ketentuan dalam Standar Nasional Indonesia (SNI) 1726-2019 mengenai perencanaan ketahanan gempa pada berbagai tipe struktur bangunan. Terdapat berbagai metode yang dapat dipertimbangkan dalam merancang bangunan yang tahan terhadap gempa, salah satunya adalah Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).

Selain aspek ketahanan gempa, efisiensi dalam perencanaan struktur bangunan juga sangat penting untuk mengoptimalkan biaya konstruksi, namun tetap menjaga keamanan terhadap beban yang ditanggung. Parameter penting dalam perencanaan struktur mencakup dimensi penampang, komposisi material, dan faktor beban (Nor & Yustianingsih, 2019) Namun, perencanaan struktur yang terlalu berfokus pada aspek ekonomis dapat mengurangi kinerja dan kekuatan struktural, karena semakin besar beban yang harus ditopang, semakin besar pula dimensi penampang struktur yang diperlukan. Oleh sebab itu, pemilihan dimensi yang optimal menjadi penting untuk mencapai keseimbangan antara keamanan dan efisiensi biaya.

Dengan berlalunya masa dan kemajuan di Indonesia, manusia terus berkreasi dalam mendesain gedung dengan berbagai desain yang lebih kontemporer (Hermawan, Kurniawan, Santoso, & Weimintoro, 2021). Pada pembangunan gedung, pilihan jenis struktur yang umum digunakan meliputi struktur baja dan struktur beton (Alma'mun, 2016). Dalam perencanaan asrama putri empat lantai di UIN Maulana Malik Ibrahim, diterapkan standar terbaru yang mengacu pada berbagai peraturan dan pedoman teknis yang relevan. Beberapa di antaranya adalah SNI 2847-2019 yang mengatur prosedur perencanaan struktur beton untuk bangunan gedung, dengan fokus pada prinsip perancangan yang aman dan efisien. Selain itu, pedoman SNI 1727-2020 digunakan untuk menghitung beban-beban yang perlu diperhitungkan dalam desain bangunan, sementara SNI 1726-2019 mengatur ketahanan bangunan terhadap gempa di kawasan rawan seismik.

Selain aspek perencanaan yang berlandaskan SNI, pemenuhan terhadap pasal-pasal didalamnya menjadi perhatian utama dalam penelitian ini. Struktur gedung eksisting menunjukkan beberapa kekurangan, terutama pada elemen balok yang belum sepenuhnya memenuhi persyaratan SNI

2847-2019, terutama pada pasal 18.6.2.1 yang membahas mengenai persyaratan tinggi efektif balok. Selain itu, dimensi penampang struktur juga masih dapat dioptimalkan untuk mencapai efisiensi material. Dengan mengatasi kekurangan tersebut melalui optimasi desain, diharapkan penggunaan material menjadi lebih efisien, biaya konstruksi dapat ditekan, dan standar keselamatan tetap terjaga.

Penelitian ini bertujuan untuk mendesain kembali struktur gedung asrama putri di UIN Maulana Malik Ibrahim dengan mengikuti pedoman yang ditetapkan dalam SNI 1726-2019, SNI 1727-2020, dan SNI 2847-2019. Fokus utamanya adalah menganalisis dan membandingkan balok B1 dan B2 pada desain eksisting dengan desain ulang yang diusulkan, guna mengevaluasi efisiensi material, kekuatan, dan ketahanan gempa. Redesain ini diharapkan menghasilkan solusi yang lebih optimal dan hemat, sesuai standar keselamatan yang berlaku.

## METODE PENELITIAN

Data yang digunakan dalam perencanaan meliputi gambar arsitektur dan struktur bangunan, serta hasil laporan penelitian tanah. Beberapa informasi umum terkait asrama putri UIN Maulana Malik Ibrahim antara lain:

Nama gedung	: Asrama Putri UIN Maulana Malik Ibrahim
Tinggi bangunan	: 21,5 meter
Jumlah lantai	: 4 lantai
Tinggi per lantai	: 4,5 meter lantai utama dan 3,55 meter lantai atap
Sistem rangka	: SRPMK (Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus)
Spesifikasi material	: Mutu beton ( $f_c'$ ) 25 Mpa Mutu besi ( $f_y$ ) 420 Mpa



Gambar 1. Lokasi Penelitian  
(Sumber: PT. PP Construction)

Penelitian tentang redesain struktur gedung asrama putri empat lantai UIN Maulana Malik Ibrahim

dengan metode SRPMK lebih tergolong dalam penelitian kuantitatif. Hal ini dikarenakan penelitian ini melibatkan proses pengukuran, analisis numerik, dan perbandingan struktur menggunakan perangkat lunak (seperti ETABS), serta parameter teknis yang dapat dihitung secara matematis, seperti efisiensi, dimensi penampang, dan kekuatan struktur. Data yang diperoleh berbentuk angka dan dapat dianalisis secara statistik untuk menghasilkan kesimpulan yang objektif. Dibawah ini merupakan langkah-langkah dalam penelitian ini:

1. Penentuan objek penelitian.  
Objek penelitian dilakukan pada proyek pembangunan gedung asrama putri empat lantai UIN Maulana Malik Ibrahim
2. Studi literatur  
Studi pustaka dilakukan dengan mengumpulkan berbagai informasi mengenai teori dan konsep dasar yang berkaitan langsung dengan struktur bangunan, perencanaan ketahanan gempa, serta pendekatan SRPMK.
3. Pengumpulan data  
Mengumpulkan data terkait kondisi eksisting bangunan asrama putri empat lantai UIN Maulana Malik Ibrahim, termasuk gambar perencanaan, spesifikasi material, pembebanan yang digunakan dan kondisi struktur yang ada.
4. Pemodelan struktur  
Pemodelan struktur pada perangkat lunak ETABS adalah melibatkan penggunaan software mulai dari pembuatan geometri, definisi material dan properti elemen, penerapan beban, sampai pengambilan dan pengumpulan gaya dalam pada pemodelan struktur.
5. Pengambilan gaya dalam dan verifikasi manual  
Setelah melakukan pemodelan struktur, langkah selanjutnya adalah menganalisis dan menghitung gaya dalam untuk kemudian dilakukan verifikasi melalui perhitungan manual dengan bantuan *microsoft excel*.
6. Perbandingan hasil redesain dan eksisting  
Membandingkan struktur eksisting pada balok utama yang telah disebutkan dengan hasil redesain
7. Penarikan Kesimpulan  
Membuat simpulan serta saran atas apa yang telah didapatkan dari hasil perhitungan maupun perbandingan yang didapatkan.

Beberapa pedoman yang dijadikan dasar untuk meredesain struktur bangunan ini diantaranya:

1. Regulasi mengenai beban terkecil untuk merencana bangunan gedung dan struktur lainnya (SNI 1727:2020)
2. Panduan merencanakan struktur tahan gempa bagi gedung dan non-gedung (SNI 1726:2019)

3. Regulasi tentang *structural concrete* untuk gedung (SNI 2847:2019)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Variasi beban yang diaplikasikan pada analisa struktur di software terdiri dari:

### 1. Beban Mati (*Dead Load*)

Beban mati berupa berat dari struktur itu sendiri serta beban mati tambahan. Berat sendiri struktur dikalkulasikan secara otomatis sebagai berat sendiri (*selfweight*) menggunakan perangkat lunak seperti ETABS. Di sisi lain ada beban mati tambahan atau *super imposed dead load* dari elemen-elemen arsitektural pada bangunan, seperti:

Pasir	: 0,16 kN/m <sup>2</sup>
Spesi	: 0,66 kN/m <sup>2</sup>
Plafon	: 0,2 kN/m <sup>2</sup>
Keramik	: 0,22 kN/m <sup>2</sup>
ME	: 0,25 kN/m <sup>2</sup>
Beban Tambahan	: 0,5 kN/m <sup>2</sup>
Qd (Pakai)	: 2,5 kN/m <sup>2</sup>

### 2. Beban Hidup (*Live Load*)

Beban hidup di pelat lantai direncanakan berdasarkan pedoman yang tercantum dalam Standar Beban Terkecil untuk Perancangan Gedung dan Struktur Lainnya. Pada perencanaan ini, *Live Load* diterapkan pada *slab floors* ditetapkan dengan nilai 2,5 kN/m<sup>2</sup>, adapun atap, *Live Load* digunakan dengan nominal 0,96 kN/m<sup>2</sup>.

### 3. Beban Hujan

Beban hujan diambil sebesar 0,2 kN/m<sup>2</sup>.

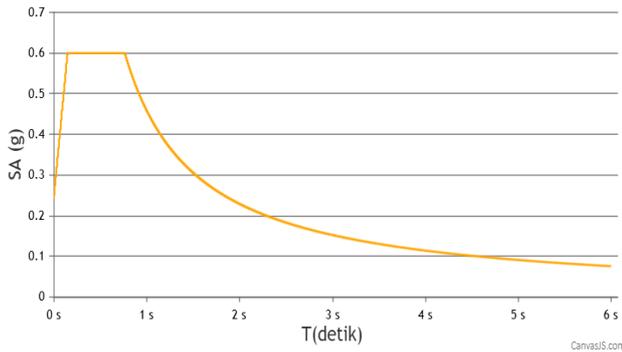
### 4. Beban Angin

Beban angin dihitung dengan berdasar SNI 1727-2020 yaitu sebesar 80,82 mph.

### 5. Beban Gempa

Pada penelitian ini, *earthquake load* (beban gempa) yang digunakan didasarkan pada data respons spektrum yang diperoleh dari [puskim.pu.go.id](http://puskim.pu.go.id), yang merupakan sumber resmi data kebencanaan di Indonesia. Data ini mencerminkan percepatan gempa desain untuk wilayah penelitian, yaitu Kota Malang, yang tergolong dalam kategori risiko gempa tinggi.

Hasil analisis menunjukkan bahwa rata-rata N-SPT sampai kedalaman 18 meter sebesar 26,66, yang termasuk dalam kategori Tanah Sedang (SD) menurut Tabel 2.3 dalam SNI 1726:2019. Kurva spektrum respons percepatan desain dihitung menggunakan data parameter seismik lokal dan diperoleh melalui situs resmi [puskim.pu.go.id](http://puskim.pu.go.id), seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Selain itu, nilai ini digunakan sebagai dasar dalam penentuan spektrum desain untuk evaluasi kinerja struktur terhadap beban gempa.



Gambar 2. Kurva Spektrum Respons untuk Percepatan Desain  
(Sumber: <https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/>)

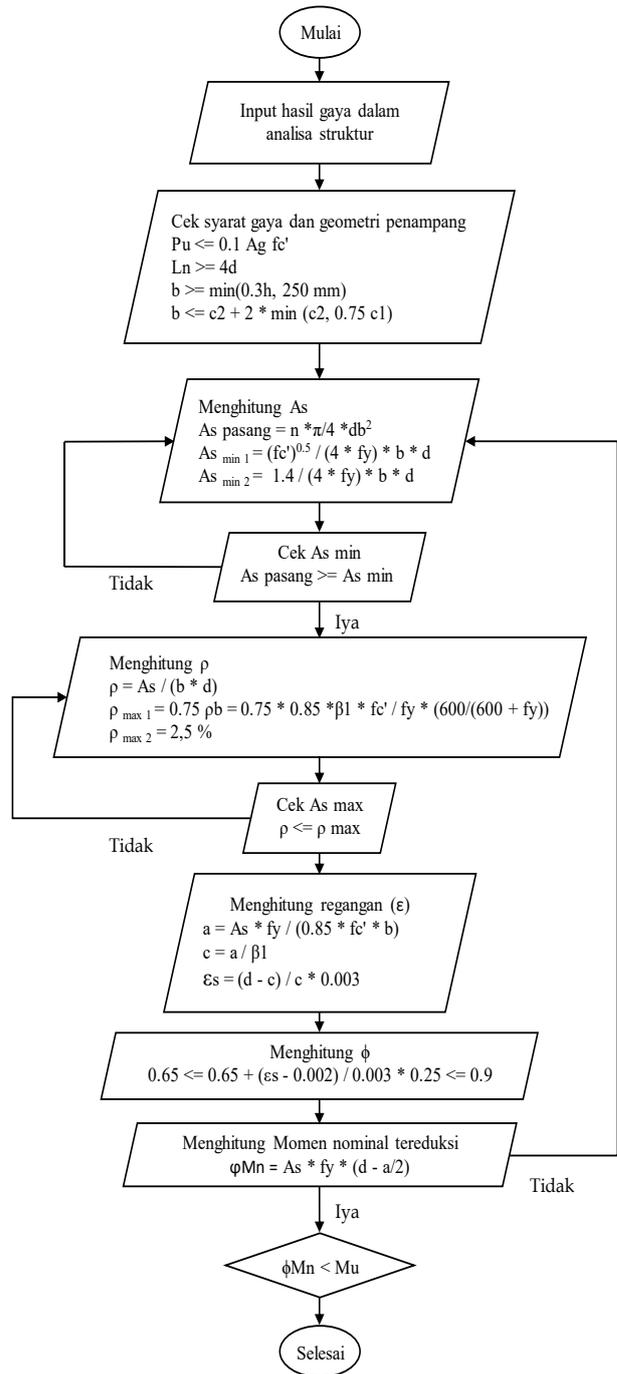
Mendasar pada SNI 1726:2019 Tabel 3 mengenai Pedoman Merencanakan Tahan Gempa untuk Struktur Gedung dan Non-Gedung, bangunan yang diperuntukan sebagai tempat belajar, sekolah maupun fasilitas pendidikan lainnya memiliki jenis risiko dengan nilai IV, serta nilai faktor keutamaan gedung ( $I_e$ ) sebesar 1,50. Kategori Desain Seismik (KDS) ditentukan menurut nilai percepatan respon batuan dasar, yakni  $S_{DS} = 0,6$  g dan  $S_{D1} = 0,5$  g, yang menempatkan bangunan ini dalam *Seismic Design Category/* KDS D. Struktur bangunan dirancang dengan sistem rangka beton bertulang pemikul momen khusus atau SRPMK, dengan Faktor Modifikasi Respons ( $R$ ) sebesar 8, Nilai Kuat Lebih atau  $\Omega_0$  sebesar 3, dan Nilai Pembesaran ( $C_d$ ) sebesar 5,5.

Hasil analisis menggunakan perangkat lunak menunjukkan bahwa periode dasar/ fundamental struktur awal bangunan ( $T_c$ ) adalah *1,513 second*. Adapun nilai  $T_{maks}$  dihitung menggunakan rumus  $T_{maks} = C_u \times T_a$  dengan hasil perhitungan  $T_{maks} = 1,4 \times (0,0466 \times 21,55^{0,9}) = 1,034$  detik. Karena  $T_c$  lebih besar dari  $T_{maks}$  ( $1,513 \geq 1,034$ ), dengan demikian, waktu getar natural struktur ( $T$ ) digunakan 1,034 detik. Selanjutnya, hasil dari *Dynamic base shear* yang diperoleh dari software bantuan dan di komparasikan dengan *base shear* yang dihitung menggunakan metode statik ekuivalen, sebagaimana ditunjukkan di tabel 1.

Tabel 1. Komparasi Gaya Geser Dasar Gempa Statik Dan Dinamik

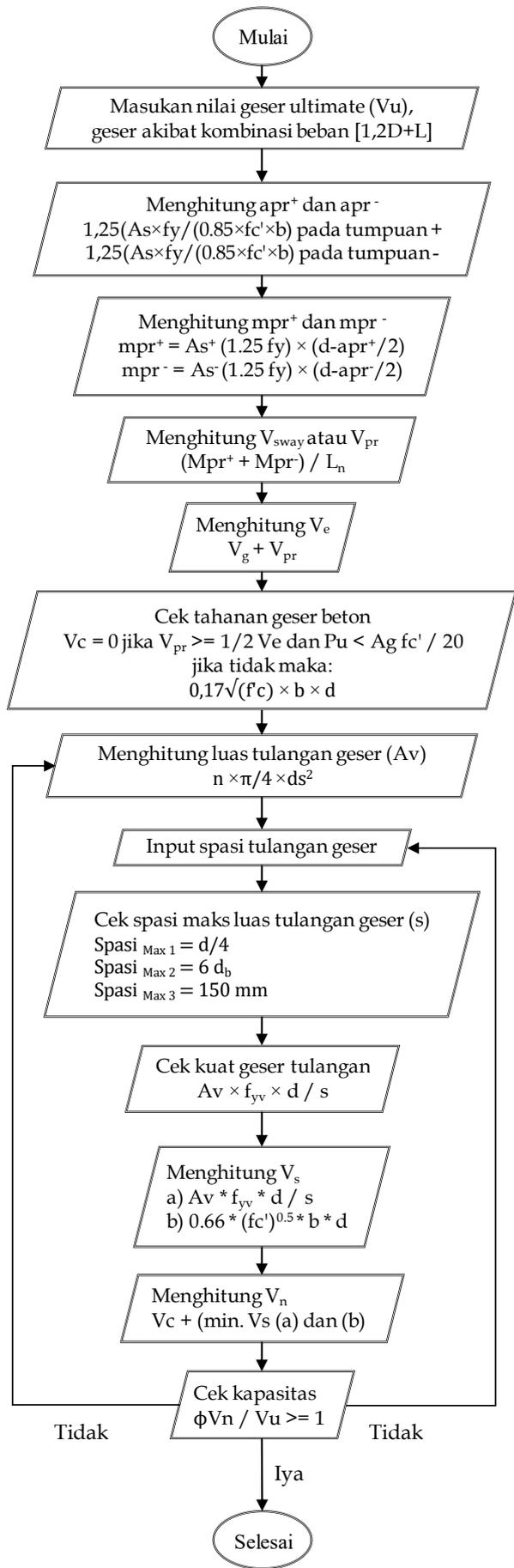
	Statik Ekuivalen	Dinamik
Gaya Geser Dasar	(kN)	(kN)
Arah X	10564,9	10564,9
Arah Y	10564,9	10564,9

Tahapan berikutnya adalah perhitungan struktur balok, yang dijelaskan melalui diagram alir pada Gambar 1, menunjukkan langkah-langkah dalam menghitung tulangan lentur balok.



Gambar 3. Diagram Proses Perhitungan Tulangan Lentur pada Balok

Adapun untuk proses perhitungan tulangan geser balok mengikuti alur proses yang telah dirancang, dimulai dengan menentukan beban geser, menghitung kebutuhan tulangan sesuai rumus, dan memvalidasi hasil dengan rumus yang berlaku, seperti yang disajikan dalam bagan alir dibawah pada Gambar 4.



Gambar 4. Flowchart Perhitungan Pembesian Geser Pada Balok

Berdasarkan metode perhitungan yang telah dijelaskan, Balok B9 dimensi 300 x 700 mm memerlukan tulangan longitudinal berupa 7 D22. Perhitungan ini dimulai dengan menentukan kapasitas momen yang dibutuhkan dan membandingkannya dengan kapasitas tulangan yang direncanakan. Untuk tulangan sengkang, digunakan 2 D10–100 mm pada area tumpuan untuk menahan gaya geser maksimum, sedangkan pada area lapangan, digunakan 3D10–150 mm sesuai dengan distribusi gaya yang lebih kecil. Penempatan tulangan ini mempertimbangkan pola pembebanan yang bekerja pada balok serta jarak antar sengkang yang disesuaikan dengan kebutuhan desain geser. Semua spesifikasi ini telah diverifikasi melalui analisis kapasitas tulangan, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.

B9 (300 x 700 mm)	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN
UKURAN PENULANGAN	1/4 in	1/2 in	1/4 in
TULANGAN ATAS	7 D19	4 D19	7 D19
TULANGAN BAWAH	4 D19	5 D19	4 D19
SENGKANG	2 D10 - 100	2 D10 - 250	2 D10 - 100
SELIMUT BETON	30 mm		
MUTU BETON	25 MPa		

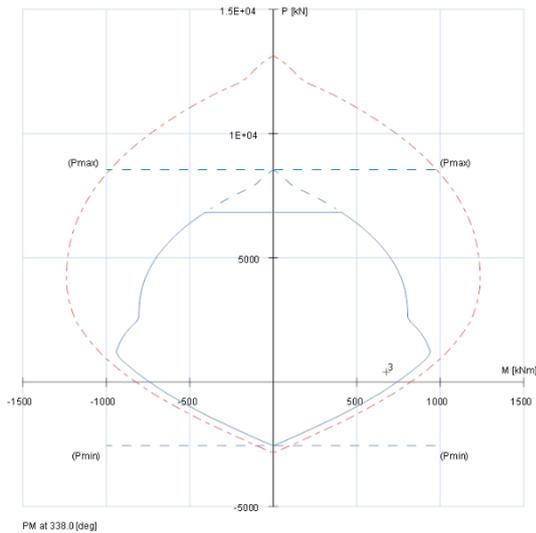
Gambar 4. Penulangan Balok Induk B1

Setelah perhitungan balok selesai, langkah berikutnya adalah merancang kolom. Proses ini mencakup beberapa tahapan, yaitu merancang tulangan pada struktur kolom, mengevaluasi kapasitas kuat struktur kolom dengan bantuan software Spcolumn, serta menyusun detail kolom selaras dengan aturan yang berlaku. Berikut ini adalah data yang digunakan untuk perencanaan kolom:

1. Jarak antar kolom : 8000 mm
2. Tinggi kolom : 4500 mm
3. Ketebalan selimut beton : 40 mm
4. Ukuran tulangan utama : D22
5. Ukuran sengkang : D13

Hasil yang diperoleh dari penggunaan program Spcolumn, yang terlihat pada Gambar 5, menunjukkan jumlah tulangan yang diperlukan adalah 14 batang dengan diameter 22 mm untuk tulangan ulir. Semua gaya yang dimasukkan ke dalam program berada di dalam garis interaksi. Presentase tulangan adalah 1,11%, berdasarkan

a  
r

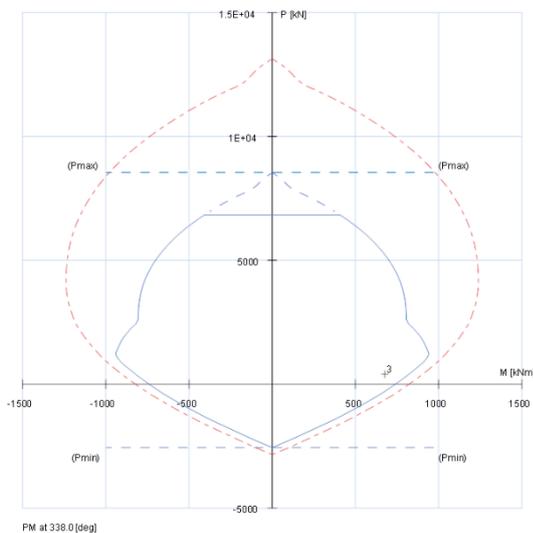


Gambar 5. Diagram Interaksi Kekuatan pada Kolom Rencana

Berdasarkan SNI 2847-2019, tidak ada ketentuan khusus yang mengatur bagian sistem SRPMK menahan *bending force* dan *aksial force* sebagaimana tercantum dalam Pasal R18.7.1. Pada perencanaan struktur kolom ini, semua persyaratan tersebut sudah dipenuhi. Hal ini berdasarkan prinsip filosofi “*Capacity Design*”, Pasal 18.7.3.2 mensyaratkan bahwa  $\sum$  Momen nominal kolom nilainya tidak boleh lebih kecil atau minimal sama  $1,2 \sum$  momen nominal baloknya. Dalam perhitungan ini, yang digunakan hanya kombinasi beban dari gempa untuk memastikan terpenuhinya prinsip *strong column weak beam*.

$$\begin{aligned} \sum M_{nb} &= \sum M_{nb-} + \sum M_{nb+} \\ &= 627,355 + 382,479 \\ &= 1009,834 \text{ kN m} \end{aligned}$$

Program Spcolumn digunakan untuk menghitung nilai  $M_{nc}$  pada kolom, seperti yang dapat dilihat pada diagram dibawah ini:



Gambar 6. Diagram Interaksi Nilai Momen Nominal Kolom

Pada gambar 6 didapat momen nominal pada kolom sebagai berikut:

$$\sum M_{nc} = 620,17 \text{ kNm}$$

Pada SNI 2847-2019 di Pasal 18.7.3.2, persyaratan untuk prinsip *strong column-weak beam* adalah:

$$\sum M_n \text{ kolom} \geq 1,2 \sum M_n \text{ balok.}$$

$$2 \times \left( \frac{620,17}{0,9} \right) \geq 1,2 \times (627,355 + 382,479)$$

$$1378,1555 \text{ kNm} \geq 1009,834 \text{ kNm}$$

Karena ketentuan *strong column weak beam* telah dipenuhi, maka ketentuan pada Pasal 18.7.3.2 juga dianggap terpenuhi, sehingga semua kolom dapat dikategorikan sebagai bagian dari Sistem perlindungan terhadap gempa. Berdasarkan SNI 2847-2019 Pasal 18.6.5.1, *shear force design*,  $V_e$ , dikalkulasikan menggunakan momen terbesar yang kemungkinan terjadi/momen probable ( $M_{pr}$ ). Selain itu, gaya  $V_e$  nilainya harus lebih besar dari gaya geser akibat kombinasi yang dihitung di software analisis. Adapun kebutuhan penulangan sengkang pada kolom didapat sebagai berikut:

Tulangan sengkang daerah tumpuan:

1. Daerah tumpuan diambil  $\frac{1}{4} l_n$  (bentang bersih)
2. Digunakan sengkang 3D-100 di sumbu lemah, dan sumbu kuat di area sendi plastis
3. Instalasi sengkang awal dilakukan dengan spasi 50 mm pada muka tepi tumpuan.

Tulangan sengkang daerah lapangan:

1. Daerah lapangan diambil  $\frac{1}{2} l_n$  (bentang bersih)
2. Digunakan sengkang 2D-130 di sumbu lemah, dan sumbu kuat. Selanjutnya adalah desain hubungan balok kolom (HBK) pada SRPMK dalam studi ini melibatkan HBK dengan 4 balok yang merangka tetapi tidak mengekang. Lebar balok dirancang sebesar 400 mm, sesuai dengan syarat karena lebih kecil dari  $\frac{3}{4}$  tinggi kolom (700 mm). Namun, meskipun syarat ini telah terpenuhi, desain tersebut tidak mengurangi jumlah tulangan sesuai ketentuan yang ada dan tidak memperlebar jarak antar sengkang. pada studi kali ini desain HBK merangka 4 sisi tidak terkekang:

$$\begin{aligned} \text{Tul. atas (7 D19)} &: A_s \times 1,25 f_y \\ &: 1984,701 \times 1,25 (420) \\ &: 1041968,10 \text{ N} = 1041,968 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tul. bawah (4 D19)} &: A_s \times 1,25 f_y \\ &: 1134,115 \times 1,25 (420) \\ &: 595410,347 \text{ N} = 595,410 \text{ kN} \end{aligned}$$

Vu kolom adalah *shear force* pada kolom yang dikalkulasikan dengan nilai  $M_{pr}$  dari kedua ujung beam yang terhubung dengan *Joint* balok kolom. Karena bentang kolom bagian atas - bawah identik, maka struktur kolom di kedua ujung sisinya menahan nilai  $M_{pr}$  balok yang serupa.

Gaya geser kolom (*column hinging*) 4 arah:

$$M_{pr}^- = 468102,5682 \text{ kNm}$$

$$M_{pr}^+ = 753580,3458 \text{ kNm}$$

$$V_e = 403,821 \text{ kN}$$

$$[(M_{pr}^+ + M_{pr}^-) + (V_e + V_e) \cdot h/2] / L_n = 395,883 \text{ kN}$$

Gaya geser akibat balok:

$$F_s^3 + C4 = F_s^3 + F_s^4 :$$

$$= 1396,988 + 798,279$$

$$= 2195,266 \text{ kN}$$

Gaya geser total joint 4 arah:

$$F_s + C - V_{col} = 2195,266 - 395,884 = 1799,383 \text{ kN}$$

Perhitungan Kuat Geser Nominal Joint Gempa arah X,  $V_{nX}$ :

$$c \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times A_{jX} = 1 \times 1 \times \sqrt{25} \times (700 \times 700)$$

$$= 2450 \text{ kN}$$

Perhitungan Kuat Geser Nominal Joint Gempa arah Y,  $V_{nY}$ :

$$c \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times A_{jY} = 1 \times 1 \times \sqrt{25} \times (700 \times 700)$$

$$= 2450 \text{ kN}$$

Perhitungan Kuat Geser Joint Gempa pada arah X,  $\Phi V_{nX}$ :

$$\Phi \times V_{nX} = 0,85 \times 2450 = 2082,500 \text{ kN}$$

Perhitungan Kuat Geser Joint Gempa Y,  $\Phi V_{nY}$ :

$$\Phi \times V_{nY} = 0,85 \times 2450 = 2082,500 \text{ kN}$$

Perhitungan Gaya Geser Joint Gempa X,  $V_{uX}$  :

Max (Geser Joint Gempa arah X) = 1799,38 kN

Gaya Geser di Joint Gempa arah Y,  $V_{uY}$  :

Max (Geser Joint Gempa Y) = 1799,383 kN

Cek kuat geser joint:

$$\Phi V_{nX} / V_{uX} = 2082,500 / 1799,383 = 1,157$$

$$\Phi V_{nY} / V_{uY} = 2082,500 / 1799,383 = 1,157$$

karena nilai diatas lebih dari satu maka HBK dinyatakan telah memenuhi syarat.

Setelah hubungan balok kolom (HBK) selanjutnya desain Tie beam yang berperan sebagai elemen penghubung antar fondasi. Pada penelitian ini, tie beam tidak dipandang sebagai elemen beban bagi pondasi dan kolom, mengingat posisinya yang terletak di atas tanah (*on ground*). Adapun data perencanaan tie beam sebagai berikut:

Gaya aksial terfaktor ( $P_g$ ) = 2513,485 kN

$P_u$  sloof =  $0,1 \times S_d \times P_g$  = 150,809 kN

Panjang sloof = 800 cm

Dimensi sloof = 400 x 600 cm

Besi utama = D 22

Penulangan geser = D 13

*clear cover* = 30 mm

$E_c$  = 23500 MPa

Inersia penampang,  $I_g$  = 7200000000 mm<sup>4</sup>

Differensial settlement,  $\Delta$  =  $\frac{L_n}{300}$

$$= 7900/300 = 26,3 \text{ mm}$$

$M_{diff}$  momen akibat  $\Delta$  =  $6 \times E_c \times I_g \times \Delta / L_n^2$

$$= 428,354 \text{ kNm}$$

Gaya geser akibat  $\Delta$  =  $dM/dx_{(x=L)}$

$$= 12 E_c I_g \Delta / L_n^3$$

$$= 108,444 \text{ kN}$$

Karena  $P_u < 0.1 A_g f_c'$  (150,809 < 600) maka gaya aksial tidak harus diperhitungkan karena nilainya dianggap lebih kecil 10% dari kuat tekan beton rencana. Selanjutnya adalah perhitungan gaya dalam akibat beban gravitasi:

Beban merata dinding = 11,25 kN/m

beban merata ultimit gravitasi =  $1.4 (q_{DL} + q_{SIDL})$

$$= 23,658 \text{ kN/m}$$

Momen Ultimit Tumpuan Akibat Beban Gravitasi, ( $M_{D,tum}$ ) =  $-1/12 \times qD \times L_n^2$

$$= -123,042 \text{ kNm}$$

Momen Ultimit Lapangan Akibat Beban Gravitasi, ( $M_{D,lap}$ ) =  $1/24 \times qD \times L_n^2$

$$= 61,521 \text{ kNm}$$

Gaya Geser terbesar Tumpuan =  $qD \times L_n / 2$

$$= 93,449 \text{ kN}$$

Akibat Beban Gravitasi, ( $V_{D,tum}$ ) =  $qD \times L_n / 4$

$$= 46,725 \text{ kN}$$

Selanjutnya, perhitungan penulangan lentur yang dapat diterapkan pada studi ini karena gaya aksial yang tidak perlu diperhitungkan. berikut adalah contoh perhitungan penulangan lentur pada daerah tumpuan negatif:

Luas pasang =  $n \times \pi/4 \times d_b^2$

$$= 9 \times \pi/4 \times 22^2$$

$$= 3421,194 \text{ mm}^2$$

$A_{s \text{ min } 1}$  =  $(f_c')^{0.5} / (4 \times f_y) \times b \times d$

$$= 653,571 \text{ mm}^2$$

$A_{s \text{ min } 2}$  =  $1.4 / (4 \times f_y) \times b \times d$

$$= 732,000 \text{ mm}^2$$

Cek  $A_s$  pasang >  $A_s \text{ min}$  = 3421,194 > max (653,571 dan 732,000).

karena luas tulangan dipasang lebih besar dari  $A_s$  minimum maka perhitungan telah memenuhi syarat dan bisa dilanjutkan.

$a$  =  $A_s \times f_y / (0.85 \times f_c' \times b)$  = 169,047 mm

$M_n$  =  $A_s \times f_y \times (d - a/2)$  = 667,407 kN m

$c$  =  $a / \beta_1$  = 198,879 mm

$\epsilon_s$  =  $(d - c) / c \times 0.003$  = 0,005

Cek  $\phi M_n > M_u$ .

$$= (0,9 \times 667,407) > 551,396$$

$$= 600,666 > 551,396 \text{ (OK)}$$

Karena  $\phi M_n > M_u$ , tulangan lentur tumpuan 9 D22 dapat digunakan. Berikut hasil penulangan tie beam:

Tie Beam (400 x 600 mm)	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN
UKURAN PENULANGAN	1/4 $l_n$	1/2 $l_n$	1/4 $l_n$
TULANGAN ATAS	9 D22	2 D22	9 D22
TULANGAN BAWAH	7 D22	2 D22	7 D22
SENGKANG	2 D10 - 250	2 D10 - 250	2 D10 - 250
SELIMUT BETON	30 mm		
MUTU BETON	25 MPa		

Gambar 7. Penulangan tie beam

## SIMPULAN

Kesimpulan dari studi kasus redesain gedung asrama ini adalah sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil perhitungan redesain struktur pada balok utama, diperoleh penghematan material sebagai berikut: penulangan sebesar 17,246%, dan beton 18,446%. Sebagai perbandingan, pada kondisi eksisting, total kebutuhan tulangan sebesar 80,829 ton sedangkan redesain hanya 66,890 ton. Untuk kebutuhan beton eksisting sebesar 559,640 m<sup>3</sup> sedangkan redesain 456,411 m<sup>3</sup>.
2. Redesain struktur pada balok utama berhasil mengoptimalkan penggunaan material dengan efisiensi sebesar 17,246% untuk penulangan dan 18,446% untuk penggunaan beton.
3. Desain ulang dilakukan berdasarkan prinsip *Strong Column-Weak Beam* (SCWB) menggunakan metode diagram interaksi dengan perangkat lunak SPColumn. Analisis menunjukkan bahwa hasil redesain telah memenuhi persyaratan Standar Nasional Indonesia (SNI).
4. Redesain dengan metode rangka beton pemikul momen khusus dirancang agar meningkatkan ketahanan struktur terhadap gaya lateral akibat gempa, dengan memastikan perencanaan sesuai standar yang berlaku.
5. Keseluruhan redesain ini menghasilkan struktur yang sesuai dengan kebutuhan teknis, memadukan efisiensi material dan pemenuhan standar ketahanan gempa.

## SARAN

1. Perlu dilakukan evaluasi lebih lanjut untuk komponen struktur lainnya agar efisiensi material yang dicapai pada balok dapat diterapkan secara konsisten pada seluruh elemen struktur.
2. Penelitian serupa dapat dilakukan untuk struktur bangunan lainnya guna mengidentifikasi peluang efisiensi yang lebih luas, terutama di wilayah dengan risiko gempa tinggi.

## REFERENSI

- Alma'mun, I. A. (2016). *Analisa Biaya Penggunaan Struktur Baja Dan Struktur Beton Bertulang Gedung RSJ Prof. V.L Ratumbusang*. Undergraduate Thesis, Politeknik Negeri Manado, Manado.
- Badan Standardisasi Indonesia. (2019). *SNI 2847:2019 - Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2017). *SNI 8460 - 2017 Persyaratan Perancangan Geoteknik*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). *SNI 03-1726-2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2020). *SNI 03-1727-2020 Beban Minimum Untuk Perencanaan Gedung dan Struktur Lain*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Hermawan, O. H., Kurniawan, A., Santoso, T. H., & Weimintoro. (2021). Redesain Perancangan Gedung Trasa Mart Slawi Menggunakan Struktur Beton Beertulang. *Sigma: Jurnal Teknik Sipil*, 29-44.
- Hibbeler, R. (2006). *Structural Analysis* (6 ed.). Pearson Prentice Hall.
- Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2021). *Desain Spektra Indonesia*. Retrieved from <https://rsa.ciptakarya.pu.go.id/2021/>
- Nor, H., & Yustianingsih, H. (2019). Studi Analisa Pengaruh Dimensi Kolom Pada Infrastruktur Strong Column Weak Beam Gedung Lantai 3 - Lantai 7 Akibat Gaya Gempa. 51-56.
- Purbandini, P., Santosa, B. J., & Sunardi, B. (2017). Analisis Bahaya Kegempaan di Wilayah Malang Menggunakan Pendekatan Probabilistik. *Jurnal Sains Dan Seni Its*.
- Suparman, D., Irfan, R., Syahrani, D., & Anggraini, I. (2022). *Perancangan Struktur Beton Bertulang Asrama Mahasiswa Kapuas Hulu Di Kota Pontianak (Structure Design Of Reinforced Concrete Kapuas Hulu Student Dormitory In Pontianak City)*.

Undergraduate Thesis, Politeknik Negeri  
Pontianak, Pontianak.