E-ISSN : 3025-1311
https://journal.cib.institute/index.php/kohesi

Kohesi: Jurnal Multidisiplin Saintek
Volume 11 No 6 Tahun 2026

ANALISIS KINERJA STRUKTUR GEDUNG TUJUH LANTAI MENGGUNAKAN SISTEM GANDA TERHADAP BEBAN GEMPA

Fadil Triputra Ramadhan[1], Agus Sugiarto[2], Yehezkiel Septian Yoganata[3]

Politeknik Negeri Malang[1-3]
Email: fadilcivillian@gmail.com[1] , agus.sugiarto@polinema.ac.id[2] ,
yehezkielseptian@polinema.ac.id[3]

ABSTRAK

Indonesia merupakan wilayah dengan aktivitas seismik tinggi sehingga perencanaan gedung bertingkat harus memperhatikan ketahanan terhadap beban gempa. Penelitian ini bertujuan menganalisis kinerja struktur gedung perkantoran tujuh lantai menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan Sistem Ganda dengan dinding geser (shear wall), menentukan konfigurasi dinding geser yang optimal, merencanakan elemen struktur, serta menghitung Rencana Anggaran Biaya (RAB). Pemodelan dilakukan menggunakan ETABS berdasarkan SNI 1726:2019, SNI 2847:2019, dan SNI 1727:2020 terhadap lima model, terdiri atas satu model SRPMK dan empat model Sistem Ganda dengan konfigurasi dinding geser berbeda. Analisis gempa menggunakan metode respons spektrum dengan mengevaluasi periode getar, gaya geser dasar, simpangan antar-lantai, stabilitas P-Delta, partisipasi massa, dan persyaratan Sistem Ganda. Hasil evaluasi menunjukkan Variasi 1 sebagai alternatif terpilih, dengan kontribusi SRPMK sebesar 59,92% pada arah X dan 69,60% pada arah Y, sedangkan dinding geser berkontribusi sebesar 40,08% dan 30,40%. Simpangan antar-lantai maksimum sebesar 30,003 mm pada arah X dan 36,355 mm pada arah Y, masih di bawah batas izin 61,538 mm, dengan koefisien stabilitas P-Delta di bawah 0,10. Perencanaan meliputi pelat, balok, kolom, dan dinding geser dengan estimasi biaya sebesar Rp9.891.803.653. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konfigurasi dinding geser memengaruhi kinerja struktur terhadap gempa sehingga pemilihannya perlu mempertimbangkan kontribusi gaya lateral, simpangan, dan stabilitas struktur.

Kata kunci : Sistem Ganda, Beban Gempa, SRPMK, Dinding Geser, ETABS.

ABSTRACT

Indonesia is located in a seismically active region; therefore, multistory buildings must be designed to resist earthquake loads. This study evaluates the structural performance of a seven-story office building using a Special Moment Resisting Frame (SMRF) and a Dual System incorporating shear walls, determines the appropriate shear-wall configuration, designs structural elements, and estimates construction costs. Five structural models were analyzed using ETABS in accordance with SNI 1726:2019, SNI 2847:2019, and SNI 1727:2020, consisting of one

Article History
Received: November 2026
Reviewed:November 2026
Published: November 2026

Plagiarism Checker No 237.u873247.fh8374

Copyright : Author
Publish by : Kohesi

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

SMRF reference model and four Dual System models with different shear-wall configurations. Seismic analysis employed the response spectrum method to evaluate the fundamental period, base shear, interstory drift, P-Delta stability, modal mass participation, and Dual System requirements. Variation 1 was selected as the preferred alternative, with SMRF contributions of 59.92% in the X direction and 69.60% in the Y direction, while shear-wall contributions were 40.08% and 30.40%, respectively. Maximum interstory drifts were 30.003 mm in the X direction and 36.355 mm in the Y direction, below the allowable limit of 61.538 mm, with P-Delta stability coefficients below 0.10. Structural design included slabs, beams, columns, and shear walls, with an estimated construction cost of IDR 9,891,803,653. The results demonstrate that shear-wall configuration influences seismic performance and should be selected based on lateral-force resistance, interstory drift, and structural stability.

Keywords *: Dual System, Seismic Load, SMRF, Shear Wall, ETABS.*

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan wilayah yang memiliki tingkat aktivitas seismik tinggi karena berada pada jalur *Ring of Fire*. Kondisi tersebut menyebabkan bangunan gedung, khususnya gedung bertingkat, perlu direncanakan dengan memperhatikan ketahanan terhadap beban gempa. Potensi gempa besar di wilayah selatan Jawa dan Sumatra menjadi salah satu faktor penting dalam mempertimbangkan keselamatan struktur bangunan. Oleh karena itu, perencanaan struktur tidak hanya dituntut memiliki kekuatan yang memadai, tetapi juga harus mampu mempertahankan kestabilan dan mencegah terjadinya keruntuhan ketika menerima beban gempa.

Struktur gedung bertingkat rentan terhadap gaya lateral akibat gempa yang dapat menimbulkan perpindahan horizontal dan simpangan antar-lantai (*story drift*). Menurut Hendra et al. (2021), struktur beton bertulang perlu dirancang secara daktil agar mampu mengalami deformasi tanpa mengalami keruntuhan secara tiba-tiba. Salah satu sistem struktur yang dapat diterapkan untuk meningkatkan ketahanan bangunan terhadap beban gempa adalah Sistem Ganda (*Dual System*), yaitu kombinasi Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan dinding geser (*shear wall*). SRPMK berperan dalam menyediakan daktilitas dan kemampuan disipasi energi, sedangkan dinding geser memberikan kekakuan serta kapasitas yang lebih besar dalam menahan gaya lateral.

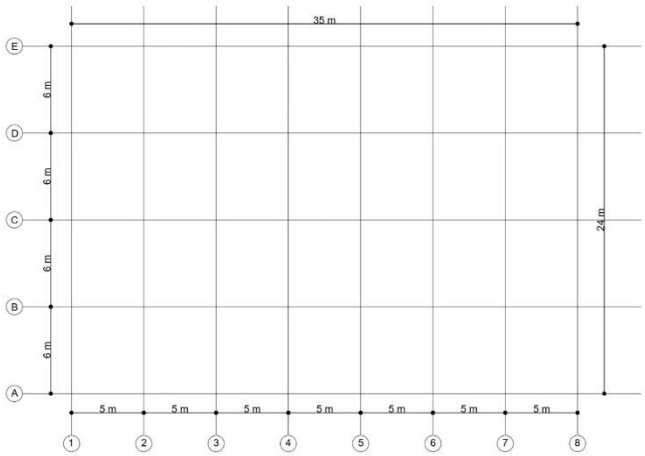
Dalam penerapan Sistem Ganda, konfigurasi dan penempatan dinding geser menjadi aspek penting karena dapat memengaruhi distribusi gaya lateral, kekakuan struktur, serta simpangan antar-lantai. Berdasarkan persyaratan sistem ganda yang digunakan, rangka pemikul momen harus mampu menahan sekurang-kurangnya 25% dari total gaya lateral yang bekerja. Suwal dan Khawas (2022) menjelaskan bahwa interaksi antara rangka pemikul momen dan dinding geser memungkinkan distribusi gaya lateral yang lebih efektif. Dengan demikian, pemilihan konfigurasi dinding geser perlu mempertimbangkan kemampuan struktur dalam memenuhi persyaratan sistem ganda sekaligus mengendalikan respons struktur akibat beban gempa.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis kinerja struktur gedung perkantoran tujuh lantai di Kota Malang dengan membandingkan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan Sistem Ganda dengan beberapa variasi konfigurasi dinding geser. Analisis dilakukan menggunakan perangkat lunak ETABS dengan

metode respons spektrum berdasarkan SNI 1726:2019, SNI 2847:2019, dan SNI 1727:2020. Evaluasi kinerja struktur meliputi periode getar, gaya geser dasar, partisipasi massa, simpangan antar-lantai, pengaruh P-Delta, serta pemenuhan persyaratan Sistem Ganda. Hasil penelitian diharapkan dapat menentukan konfigurasi dinding geser yang sesuai berdasarkan kinerja seismik dan menjadi pertimbangan dalam perencanaan struktur gedung tahan gempa.

2. METODE

Penelitian ini menggunakan objek berupa model gedung perkantoran tujuh lantai dengan atap dak yang direncanakan berlokasi di kawasan Politeknik Negeri Malang, Kota Malang. Data bangunan yang digunakan merupakan data fiktif dengan konstruksi beton bertulang, dimensi denah 35 m × 24 m, tinggi bangunan 28 m, dan luas total bangunan 5.880 m^2. Model bangunan disederhanakan dengan mengasumsikan seluruh lantai berfungsi sebagai ruang perkantoran tanpa memperhitungkan variasi fungsi ruang maupun keberadaan *void*. Penyederhanaan tersebut bertujuan untuk memfokuskan analisis pada perilaku sistem struktur terhadap beban gempa. Material yang digunakan meliputi beton dengan mutu 30 MPa untuk kolom, 25 MPa untuk balok dan pelat, serta 35 MPa untuk dinding geser. Tulangan utama menggunakan BjTS 420B dan tulangan sengkang menggunakan BjTS 280, dengan klasifikasi situs tanah sedang (SD).



Gambar 1. Denah rencana pembangunan gedung perkantoran tujuh lantai
Sumber: Dokumen Pribadi

Data penelitian terdiri atas data primer berupa gambar rencana bangunan dan data sekunder yang meliputi data tanah, parameter gempa, serta standar teknis perencanaan struktur. Perencanaan dan analisis mengacu pada SNI 1726:2019 mengenai tata cara perencanaan ketahanan gempa, SNI 2847:2019 mengenai persyaratan beton struktural, serta SNI 1727:2020 mengenai beban desain minimum. Analisis dibatasi pada struktur atas (*superstructure*), sehingga tidak mencakup perencanaan struktur bawah seperti pondasi dan sloof. Sebelum dilakukan pemodelan, terlebih dahulu dilaksanakan perencanaan awal (*preliminary design*) untuk menentukan dimensi elemen struktur. Dimensi awal yang digunakan meliputi balok induk 35/50 cm dan 30/45 cm, balok anak 30/40 cm, pelat lantai 13 cm, kolom interior 65/70 cm, serta kolom eksterior 50/55 cm. Sementara itu, dinding geser direncanakan dengan ketebalan 20 cm.

Pemodelan struktur dilakukan menggunakan perangkat lunak ETABS dengan membuat lima model yang memiliki dimensi bangunan, fungsi, dan pembebanan yang sama, tetapi menggunakan konfigurasi sistem penahan gaya lateral yang berbeda. Model pertama menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) sebagai pembanding, sedangkan empat model lainnya menggunakan Sistem Ganda yang mengombinasikan SRPMK dengan dinding geser (*shear wall*). Variasi konfigurasi dinding geser ditempatkan pada sisi eksterior bangunan, dengan dua variasi menggunakan dua dinding geser pada setiap sumbu dan dua variasi lainnya menggunakan empat dinding geser pada setiap sumbu. Perbedaan tata letak tersebut dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh konfigurasi dinding geser terhadap kekakuan lateral, distribusi gaya gempa, dan respons dinamik struktur.

Setelah proses pemodelan selesai, setiap model diberikan beban gravitasi dan beban gempa sesuai ketentuan perencanaan. Analisis beban gempa dilakukan menggunakan metode respons spektrum berdasarkan parameter gempa sesuai lokasi rencana bangunan. Dalam proses analisis,

pengaruh retak pada elemen struktur turut diperhitungkan untuk merepresentasikan kondisi kekakuan struktur beton bertulang. Hasil analisis ETABS selanjutnya digunakan untuk memperoleh parameter respons struktur, meliputi periode getar alami, gaya geser dasar seismik, partisipasi massa modal, distribusi gaya lateral, simpangan antar-lantai (*story drift*), serta pengaruh efek orde kedua atau P-Delta. Pemeriksaan juga mencakup ketidakberaturan struktur dan penskalaan gaya geser maupun simpangan sesuai ketentuan yang digunakan dalam penelitian.

Tahap evaluasi dilakukan dengan membandingkan hasil analisis dari kelima model untuk mengetahui konfigurasi struktur yang memiliki kinerja seismik paling sesuai. Pemeriksaan simpangan antar-lantai dilakukan untuk memastikan perpindahan relatif setiap tingkat masih berada dalam batas yang diizinkan, sedangkan pemeriksaan P-Delta digunakan untuk mengevaluasi stabilitas struktur akibat pengaruh beban gravitasi dan perpindahan lateral. Khusus pada model Sistem Ganda, dilakukan pemeriksaan distribusi gaya lateral antara SRPMK dan dinding geser untuk memastikan rangka pemikul momen mampu menahan sekurang-kurangnya 25% dari total gaya lateral yang bekerja. Apabila model belum memenuhi kriteria penerimaan, dilakukan penyesuaian kembali terhadap perencanaan awal dan konfigurasi struktur hingga diperoleh model yang memenuhi persyaratan.

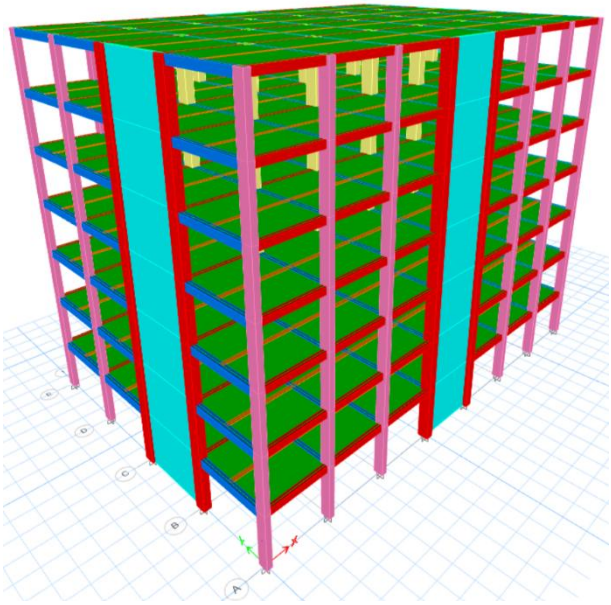
Model yang telah memenuhi kriteria penerimaan selanjutnya digunakan sebagai dasar perencanaan elemen struktur secara lebih terperinci. Perencanaan tersebut mencakup elemen pelat, balok, kolom, dan dinding geser berdasarkan gaya dalam hasil analisis serta ketentuan desain beton bertulang. Tahap akhir penelitian meliputi penyusunan gambar detail struktur dan perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) pekerjaan struktur.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemodelan dan konfigurasi sistem struktur

Pemodelan struktur dilakukan terhadap lima model gedung perkantoran tujuh lantai menggunakan perangkat lunak ETABS. Model pertama menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) sebagai model pembanding, sedangkan empat model lainnya menggunakan Sistem Ganda yang mengombinasikan SRPMK dengan dinding geser (*shear wall*). Keempat variasi Sistem Ganda memiliki konfigurasi penempatan dinding geser yang berbeda pada sisi eksterior bangunan. Dua variasi menggunakan dua dinding geser pada setiap sumbu, sedangkan dua variasi lainnya menggunakan empat dinding geser pada setiap sumbu.

Perbedaan konfigurasi tersebut digunakan untuk mengetahui pengaruh tata letak dinding geser terhadap pembagian gaya lateral antara rangka dan dinding geser. Walaupun jumlah dan posisi dinding geser berbeda, seluruh model menggunakan dimensi bangunan, fungsi ruang, serta sistem pembebanan yang sama. Dengan demikian, perbedaan respons struktur dapat dievaluasi berdasarkan variasi sistem penahan gaya lateral yang digunakan.



Gambar 2. Pemodelan 3D struktur menggunakan ETABS
Sumber: Dokumen Pribadi

Hasil pemodelan menunjukkan bahwa penambahan dinding geser tidak secara otomatis menjadikan suatu konfigurasi memenuhi persyaratan Sistem Ganda. Penempatan dinding geser memengaruhi besarnya gaya lateral yang diterima oleh masing-masing komponen struktur. Oleh sebab itu, pemilihan konfigurasi tidak hanya mempertimbangkan kemampuan dinding geser dalam meningkatkan kekakuan, tetapi juga kemampuan SRPMK untuk tetap berkontribusi dalam menahan gaya gempa.

Evaluasi kontribusi rangka dan dinding geser

Salah satu persyaratan utama Sistem Ganda yang dievaluasi dalam penelitian ini adalah kemampuan SRPMK untuk memikul sekurang-kurangnya 25% gaya lateral yang bekerja pada struktur. Pemeriksaan dilakukan dengan membandingkan gaya geser yang dipikul oleh rangka dan dinding geser terhadap gaya geser total sistem. Hasil evaluasi keempat variasi Sistem Ganda ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Presentase kontribusi SRPMK dan dinding geser

Model	SRPMK Arah x	SRPMK Arah Y	Shear Wall arah X	Shear Wall Arah Y
Variasi 1	59,92%	69,60%	40,08%	30,40%
Variasi 2	9,42%	11,89%	90,58%	88,11%
Variasi 3	4,34%	5,73%	95,66%	94,27%
Variasi 4	4,48%	5,90%	95,52%	94,10%

Sumber: Dokumen Pribadi

Analisis simpangan antar tingkat (story drift)

Simpangan antar tingkat merupakan salah satu parameter penting dalam mengevaluasi kinerja struktur terhadap beban gempa. Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui besarnya perpindahan relatif antara dua lantai yang berdekatan akibat respons struktur terhadap beban lateral. Simpangan yang terlalu besar dapat menimbulkan kerusakan pada elemen struktural maupun nonstruktural, sehingga nilainya harus berada di bawah batas yang ditentukan.

Tabel 2. Hasil pemeriksaan *story drift* variasi 1

Parameter	Arah x	Arah Y
Simpangan Inelastik Minimum	30,003 mm	36,355 mm
Lantai Dengan Simpangan Maksimum	Lantai 5	Lantai 4
Batas Simpangan	61,538 mm	61,538 mm
Status Pemeriksaan	Memenuhi	Memenuhi

Sumber: Dokumen Pribadi

Berdasarkan hasil analisis terhadap model Sistem Ganda Variasi 1, simpangan inelastik maksimum pada arah X sebesar 30,003 mm dan terjadi pada lantai 5. Sementara itu, simpangan inelastik maksimum pada arah Y sebesar 36,355 mm dan terjadi pada lantai 4. Batas simpangan antar tingkat yang digunakan dalam penelitian adalah 61,538 mm.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa simpangan maksimum pada kedua arah masih berada di bawah batas yang digunakan. Pada arah X, simpangan maksimum hanya sekitar 48,76% dari batas yang diizinkan, sedangkan pada arah Y sekitar 59,05%. Dengan demikian, Variasi 1 memenuhi pemeriksaan simpangan antar tingkat berdasarkan kriteria yang digunakan dalam penelitian.

Simpangan arah Y yang lebih besar dibandingkan arah X menunjukkan bahwa respons perpindahan struktur pada kedua arah tidak sepenuhnya sama. Perbedaan tersebut dapat berkaitan dengan karakteristik kekakuan struktur dan distribusi elemen penahan gaya lateral pada masing-masing arah. Meskipun demikian, kedua nilai simpangan masih berada dalam batas yang ditentukan, sehingga dari aspek simpangan

antar tingkat, konfigurasi Variasi 1 dapat diterima.

Analisis pengaruh P-Delta

Pengaruh P-Delta merupakan efek tambahan yang timbul akibat interaksi antara beban gravitasi dan perpindahan lateral struktur. Ketika bangunan mengalami simpangan akibat beban gempa, beban aksial yang bekerja pada elemen struktur dapat menghasilkan momen tambahan. Apabila pengaruh tersebut terlalu besar, stabilitas struktur dapat berkurang dan respons perpindahan dapat meningkat.

Evaluasi pengaruh P-Delta dilakukan menggunakan koefisien stabilitas struktur berdasarkan ketentuan SNI 1726:2019 Pasal 7.8.7. Dalam penelitian ini, batas koefisien stabilitas yang digunakan adalah 0,10. Hasil analisis menunjukkan bahwa koefisien stabilitas maksimum pada arah X sebesar 0,0132, sedangkan pada arah Y sebesar 0,0177.

Tabel 3. Hasil pemeriksaan koefisien stabilitas P-Delta

Parameter	Arah x	Arah Y
Koefisien Stabilitas maksimum	0,0132	0,0177
Batas Pemeriksaan	0,10	0,10
Status Pemeriksaan	Memenuhi	Memenuhi

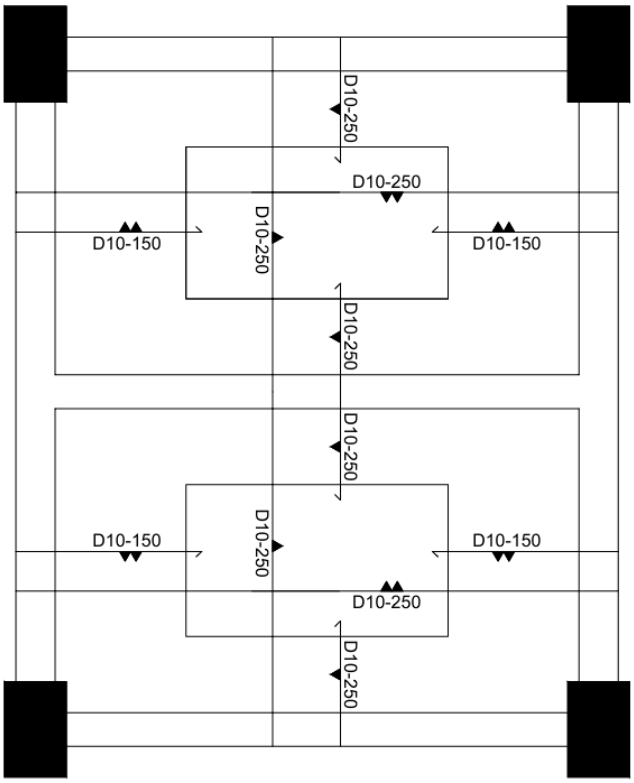
Sumber: Dokumen Pribadi

Nilai koefisien stabilitas pada kedua arah lebih kecil daripada batas 0,10. Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh P-Delta pada model Variasi 1 masih terkendali dan tidak melampaui batas pemeriksaan yang digunakan. Dengan demikian, struktur memenuhi kriteria stabilitas terhadap pengaruh P-Delta berdasarkan hasil analisis penelitian.

Koefisien pada arah Y lebih besar dibandingkan arah X, sejalan dengan hasil simpangan antar tingkat yang juga menunjukkan respons perpindahan lebih besar pada arah Y. Namun, nilai tersebut masih cukup jauh di bawah batas yang ditentukan. Hasil pemeriksaan ini memperkuat pemilihan Variasi 1 dari aspek stabilitas struktur terhadap pengaruh orde kedua.

Perencanaan plat lantai

Pelat lantai direncanakan menggunakan beton dengan kuat tekan f'c = 25 MPa dan tulangan dengan kuat leleh fy = 420 MPa. Tebal pelat yang digunakan adalah 130 mm dengan diameter tulangan rencana 10 mm. Berdasarkan hasil perencanaan, sebagian besar daerah pelat menggunakan tulangan Ø10-250 mm. Pada daerah tumpuan atas arah sumbu Y digunakan tulangan Ø10-150 mm.



Gambar 3. Detail Penulangan Plat
Sumber: Dokumen Pribadi

Hasil pemeriksaan kapasitas menunjukkan bahwa plat mampu memenuhi kebutuhan lentur dan geser berdasarkan perhitungan desain. Plat juga tidak memerlukan tulangan geser tambahan karena kapasitas geser yang tersedia telah mencukupi terhadap gaya geser rencana. Dengan demikian, dimensi dan

penulangan pelat yang direncanakan dapat digunakan pada desain struktur terpilih.

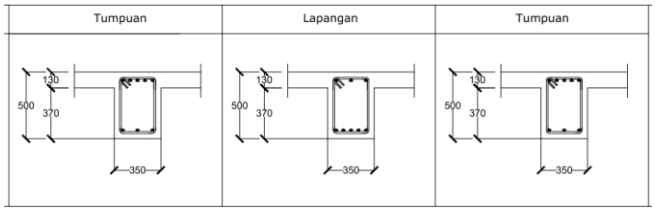
Perencanaan balok

Balok berfungsi menyalurkan beban dari pelat menuju kolom dan menjadi bagian dari sistem rangka pemikul momen. Dalam perencanaan ini digunakan balok utama B1 berukuran 35/50 cm untuk bentang 6 m, balok utama B2 berukuran 30/45 cm untuk bentang 5 m, serta balok anak Ba berukuran 30/40 cm.

Tabel 4. Desain Elemen Balok

Tipe Balok	Arah x	Arah Y
B1	Tumpuan Atas	5D22 - 100
	Tumpuan Bawah	3D22 - 100
	Lapangan bawah	5D22 - 200
	Lapangan Atas	3D22 - 200
	Sengkang	Ø10
B2	Tumpuan Atas	5D22 - 100
	Tumpuan Bawah	3D22 - 100
	Lapangan bawah	4D22 - 200
	Lapangan Atas	3D22 - 200
	Sengkang	Ø10
Ba	Tumpuan Atas	5D19 - 50
	Tumpuan Bawah	3D19 - 50
	Lapangan bawah	3D19 - 150
	Lapangan Atas	3D19 - 150
	Sengkang	ø10

Sumber: Dokumen Pribadi



Gambar 4. Detail Penulangan Balok B1
Sumber: Dokumen Pribadi

Berdasarkan hasil desain, balok utama B1 dan B2 menggunakan tulangan longitudinal hingga 5D22 dengan tulangan sengkang berdiameter 10 mm. Sementara itu, balok anak Ba menggunakan tulangan longitudinal hingga 5D19 dengan sengkang berdiameter 10 mm. Pemeriksaan kapasitas dilakukan terhadap kebutuhan lentur dan geser berdasarkan gaya dalam hasil analisis. Hasil perencanaan menunjukkan bahwa elemen balok memenuhi pemeriksaan kapasitas yang dilakukan dalam penelitian.

Perencanaan Kolom

Kolom merupakan elemen vertikal yang menyalurkan beban gravitasi dari balok dan pelat menuju struktur bawah. Selain memikul beban aksial, kolom juga menerima momen akibat respons struktur terhadap beban lateral. Oleh karena itu, desain kolom perlu mempertimbangkan interaksi antara gaya aksial dan momen lentur.

Tabel 5. Rekap desain tulangan longitudinal kolom K1

Tipe Kolom	Penulangan	Ast pakai	Ast Min.	Ast. Max	Kontrol
K1 65/70	20D25	9817	4675	28050	OK
K2 50/55	20D32	16085	2800	16800	OK
K3 65/70	20D25	9817	4675	28050	OK

Sumber: Dokumen Pribadi

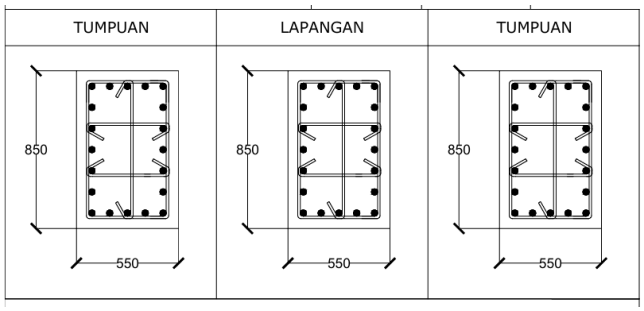
Tabel 6. Rekap desain tulangan transversal kolom K1

Tipe Kolom	Tulangan Transversal	Arah X	Arah Y
K1 65/70	Tumpuan	3D13-100	4D13-100
	Lapangan	3D13-150	4D13-150
K2 50/55	Tumpuan	2D13-100	3D13-100
	Lapangan	2D13-150	3D13-150
K3 65/70	Tumpuan	3D13-100	4D13-100
	Lapangan	3D13-150	4D13-150

Sumber: Dokumen Pribadi

Hasil perencanaan kolom menghasilkan beberapa tipe penampang, yaitu K1 berukuran 55/85 cm, K2 berukuran 40/70 cm, dan K3 berukuran 55/80 cm. Kolom K1 dan K3 menggunakan tulangan longitudinal 20D25, sedangkan kolom K2 menggunakan 20D32. Pemeriksaan dilakukan terhadap kapasitas penampang dan batas rasio tulangan. Hasil kontrol menunjukkan bahwa luas tulangan terpasang berada di antara batas minimum dan maksimum yang dipersyaratkan, sehingga

kolom dinyatakan memenuhi pemeriksaan desain.



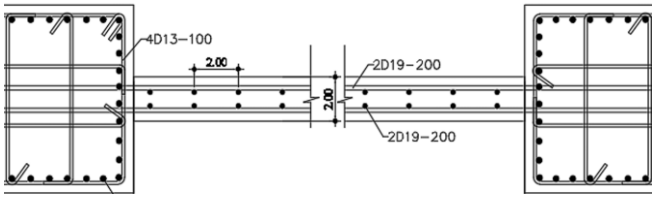
Gambar 5. Detail Penulangan Kolom K1
Sumber: Dokumen Pribadi

Perencanaan dinding geser

Dinding geser merupakan elemen struktural vertikal yang berfungsi meningkatkan kekakuan lateral dan memikul sebagian gaya gempa yang bekerja pada bangunan. Dalam model terpilih, dinding geser direncanakan dengan ketebalan 200 mm. Perencanaan tulangan dilakukan berdasarkan gaya dalam yang diperoleh dari hasil analisis struktur.

Hasil desain dinding geser menggunakan tulangan longitudinal 2D19-200 mm dan tulangan transversal 2D19-400 mm. Selain pemeriksaan kapasitas, dilakukan pula evaluasi kebutuhan Elemen Batas Khusus (EBK). Berdasarkan hasil pemeriksaan dalam skripsi, dinding geser tidak memerlukan EBK karena nilai evaluasi yang diperoleh masih berada di bawah batas 180.000 sebagaimana digunakan dalam perhitungan penelitian.

Secara keseluruhan, hasil desain pelat, balok, kolom, dan dinding geser menunjukkan bahwa elemen struktur pada konfigurasi terpilih telah memenuhi pemeriksaan kapasitas yang dilakukan. Hal tersebut menjadi dasar bahwa Variasi 1 tidak hanya memenuhi persyaratan kinerja global struktur, tetapi juga dapat dilanjutkan ke tahap perencanaan detail elemen beton bertulang.



Gambar 6. Detail Penulangan *Shear Wall*
Sumber: Dokumen Pribadi

Rencana Anggaran Biaya

Estimasi Rencana Anggaran Biaya dilakukan untuk mengetahui kebutuhan biaya pekerjaan struktur berdasarkan desain elemen pada konfigurasi terpilih. Perhitungan biaya mencakup pekerjaan bekisting, pembesian, dan pengecoran pada elemen kolom, balok, pelat, serta dinding geser. Volume pekerjaan dihitung berdasarkan dimensi dan kebutuhan material dari hasil perencanaan struktur, kemudian dikalikan dengan harga satuan pekerjaan yang digunakan dalam penelitian.

Tabel 7. Rekap desain tulangan transversal kolom K1

Pekerjaan	Total
Lantai 1	Rp.1.413.114.808
Lantai 2	Rp.1.413.114.808
Lantai 3	Rp.1.413.114.808
Lantai 4	Rp.1.413.114.808
Lantai 5	Rp.1.413.114.808
Lantai 6	Rp.1.413.114.808
Lantai 7	Rp.1.413.114.808

Sumber: Dokumen Pribadi

Hasil rekapitulasi RAB menunjukkan bahwa estimasi biaya pekerjaan struktur pada setiap lantai, mulai lantai 1 hingga lantai 7, adalah sebesar Rp1.413.114.808. Dengan demikian, total estimasi biaya pekerjaan struktur untuk keseluruhan gedung mencapai Rp9.891.803.653.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis kinerja struktur gedung perkantoran tujuh lantai menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan Sistem Ganda (Dual System) dengan dinding geser (shear wall), dapat disimpulkan bahwa:

1. Perencanaan awal struktur (preliminary design) menghasilkan dimensi balok utama sebesar 35/50 cm untuk bentang 6 m dan

30/45 cm untuk bentang 5 m, sedangkan balok anak menggunakan dimensi 30/40 cm. Pelat lantai direncanakan dengan ketebalan 13 cm. Dimensi kolom interior sebesar 65/70 cm, kolom eksterior 50/55 cm, dan kolom eksterior yang terhubung dengan shear wall sebesar 65/70 cm. Sementara itu, dinding geser pada bentang 8 m maupun 5 m menggunakan ketebalan 20 cm.

2. Evaluasi konfigurasi Sistem Ganda menunjukkan bahwa Variasi 1 merupakan konfigurasi terbaik dari empat alternatif penempatan shear wall yang dianalisis. Variasi ini mampu mempertahankan kontribusi SRPMK sebesar 59,92% pada arah X dan 69,60% pada arah Y, sehingga memenuhi persyaratan minimum kontribusi rangka sebesar 25%. Sebaliknya, Variasi 2, 3, dan 4 tidak memenuhi persyaratan tersebut karena kontribusi SRPMK hanya berkisar antara 4,34% hingga 11,89%.
3. Kinerja struktur terhadap beban gempa pada Variasi 1 memenuhi pemeriksaan simpangan antar tingkat dan stabilitas P-Delta. Simpangan inelastik maksimum mencapai 30,003 mm pada arah X di lantai 5 dan 36,355 mm pada arah Y di lantai 4, lebih kecil daripada batas simpangan sebesar 61,538 mm. Selain itu, koefisien stabilitas P-Delta maksimum sebesar 0,0132 pada arah X dan 0,0177 pada arah Y, masih berada di bawah batas 0,10. Dengan demikian, struktur Variasi 1 memenuhi kriteria pemeriksaan simpangan dan stabilitas yang digunakan dalam penelitian.
4. Perencanaan elemen struktur pada konfigurasi terpilih mencakup pelat lantai, balok, kolom, dan dinding geser berdasarkan hasil analisis struktur serta ketentuan SNI 2847:2019. Hasil desain menunjukkan bahwa elemen-elemen tersebut memenuhi pemeriksaan kapasitas yang dilakukan. Dinding geser direncanakan menggunakan tulangan longitudinal 2D19-200 mm dan tulangan transversal 2D19-400 mm, serta tidak memerlukan Elemen Batas Khusus (EBK) berdasarkan hasil evaluasi dalam penelitian.
5. Estimasi Rencana Anggaran Biaya (RAB) pekerjaan struktur menghasilkan biaya sebesar Rp1.413.114.808 untuk setiap lantai yang dihitung, dengan total estimasi biaya sebesar Rp9.891.803.653. Perhitungan tersebut mencakup pekerjaan bekisting, pembesian, dan pengecoran elemen struktur sesuai lingkup perencanaan.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa pemilihan konfigurasi dinding geser perlu mempertimbangkan keseimbangan kontribusi antara SRPMK dan shear wall, selain kemampuan struktur dalam mengendalikan simpangan dan menjaga stabilitas akibat beban gempa. Berdasarkan parameter yang dievaluasi, Variasi 1 merupakan alternatif konfigurasi Sistem Ganda yang paling sesuai untuk model gedung perkantoran tujuh lantai yang ditinjau.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Amir, A. Y. A., & Wiswamitra, K. A. (2024). Comparison of Behavior of Reinforced Concrete Dual-system Structure (Frame-Shear Wall) and Steel Dual-system Structure (Frame-Special Plate Shear Wall) in High Rise Building (Case Study: IT Mandiri Bumi Slipi Building). Rekayasa Sipil, 18(3), 272-280

[2] Hendra, H., Zulkarnaen, L. V., Rosanti, I., & Ariyansyah, R. (2021). Analisis Struktur Gedung Tahan Gempa Dengan Metode Sistem Ganda (Dual System). Construction and Material Journal, 3(3), 189-196.

[3] Değer, Z. T., & Wallace, J. W. (2016). Seismic performance of reinforced concrete dual-system buildings designed using two different design methods. The structural design of tall and special buildings, 25(1), 45-59

[4] Suwal, R., & Khawas, A. (2022). Performance of Reinforced Concrete Shear Wall In Dual Structural System: A Review. Nepal Journal of Science and Technology, 21(1), 91-100.

[5] El Zareef, M. A., Ghalla, M., Hu, J. W., & El-Demerdash, W. E. (2024). Damage detection of lightweight concrete dual

systems reinforced with GFRP bars considering various building heights and earthquake intensities. Case Studies in Construction Materials, 20, e03191.

[6] Putra, O. B., Ramadhan, I. D., Rosyidah, A., Saputra, J., & Sucita, I. K. (2024). Investigation of seismic resistant structures with various moment-resisting frame systems and pushover analysis. Sinergi (Indonesia), 28(3), 535-544.

[7] Moehle, J. P., Hooper, J. D., & Lubke, C. D. (2016). Seismic design of reinforced concrete special moment frames. US Department of Commerce, National Institute of Standards and Technology.

[8] Teddy, L., & Tumbelaka, H. H. (2025). A Shear Wall Design Study in an 8-Story Building. Journal of Architectural Design and Urbanism, 7(2), 61-69.

[9] Seçkin, A. (2025). Influence of shear wall layout on the seismic performance of an RC building. Journal of Innovative Engineering and Natural Science, 5(2), 751-764.

[10] Masheh, O. H. F., & Al-lami, M. S. (2022). THE MOST SUITABLE SEISMIC STRUCTURAL SYSTEMS IN HIGH-RISE REINFORCED CONCRETE BUILDINGS. GEOMATE Journal, 23(95), 65-72.

[11] Faizah, R. (2015). Studi Perbandingan Pembebanan Gempa Statik Ekuivalen dan Dinamik Time History pada Gedung Bertingkat di Yogyakarta. Semesta Teknika, 18(2), 190-199.

[12] Xiong, Z., Liang, J., & Chen, X. (2025). Seismic Performance Evaluation of Reinforced Concrete Frame–Shear Wall Structural Systems in Thermal Power Plants. Buildings, 15(3), 419. https://doi.org/10.3390/buildings15030419

[13] Paulay, T., & Priestley, M. N. (1992). Seismic design of reinforced concrete and masonry buildings (Vol. 768). New York: Wiley.

[14] Darwin, D., Dolan, C. W., & Nilson, A. H. (2016). Design of concrete structures (Vol. 2). New York, NY, USA:: McGraw-Hill Education.

[15] Safety, I. S. (2004). NEHRP recommended provisions for seismic regulations for new buildings and other structures (FEMA 450). Building Seismic Safety Council, National Institute of Building Sciences: Washington, DC, USA.