

Perencanaan Ulang Struktur Gedung Rumah Susun Negara Kementerian Keuangan 25 Lantai Tahan Gempa Menggunakan Sistem Ganda (*Dual System*) di Jakarta Barat

Rizci Purna Dewanti*, Dedy Rutama, Agastyasa Ghea Amarta

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Jakarta Global University

ARTICLE INFO

Kata Kunci:

Rumah Susun; Sistem Ganda; ETABS; Revit; *Building Information Modeling* (BIM).

*Correspondence email:

dewantirizeipurna@gmail.com

Submitted: 23 Juli 2026

Revised: 01 Agustus 2026

Accepted: 02 Agustus 2026

Published: 04 Agustus 2026

ABSTRAK

Pertumbuhan penduduk di wilayah perkotaan memicu tingginya kebutuhan hunian vertikal yang efisien dan tangguh terhadap beban lateral. Gedung Rumah Susun Negara Kementerian Keuangan di Jakarta Barat yang saat ini terealisasi 12 lantai, direncanakan ulang menjadi 25 lantai untuk optimalisasi lahan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dimensi elemen struktur utama gedung 25 lantai tersebut menggunakan sistem ganda (*Dual System*), serta melakukan kontrol kinerja struktur secara menyeluruh sesuai standar ketahanan gempa. Analisis dilakukan menggunakan metode dinamik respons spektrum dengan perangkat lunak ETABS v22.7, yang disesuaikan dengan parameter gempa wilayah Jakarta Barat pada kondisi tanah lunak (Kelas Situs SE). Pemodelan ini diintegrasikan dengan *Building Information Modeling* (BIM) melalui Autodesk Revit 2025 guna penyusunan detail penulangan dan estimasi kuantitas material. Hasil analisis menunjukkan bahwa elemen struktur perencanaan ulang mampu memenuhi seluruh kriteria kontrol kinerja. Simpangan antar lantai (*story drift*) berada dalam batas aman, struktur stabil terhadap efek P-Delta, dan prinsip *Strong Column-Weak Beam* terpenuhi. Penerapan sistem ganda menghasilkan partisipasi SRPMK sebesar 79,8% pada arah X dan 53,8% pada arah Y, serta mampu membatasi simpangan antar lantai maksimum sebesar 50,204 mm, lebih kecil dari batas izin 72 mm sehingga terbukti efektif memberikan kekakuan lateral dan daktilitas yang disyaratkan. Secara keseluruhan, desain struktur ini mematuhi ketentuan SNI 1726:2019, SNI 1727:2020, SNI 2847:2019, dan SNI 2052:2024. Integrasi BIM juga berhasil memproduksi gambar kerja teknis dan perhitungan *Quantity Take-Off* (QTO) dengan tingkat akurasi tinggi.

ABSTRACT

Keywords:

Apartment; Dual system; ETABS; Revit; *Building Information Modeling* (BIM).

Urban population growth has driven a high demand for vertical housing that is efficient and highly resilient to lateral loads. The Ministry of Finance's State Apartment Building in West Jakarta, initially constructed with 12 stories, is being redesigned into a 25-story structure to optimize land utilization. This study aims to design the main structural elements of the upgraded building using a Dual System while performing comprehensive structural performance evaluations in accordance with seismic resistance standards. The analysis employed the dynamic response spectrum method via ETABS v22.7, incorporating West Jakarta's specific seismic parameters for soft soil conditions (Site Class SE). Furthermore, the structural model was integrated into Building Information Modeling (BIM) using Autodesk Revit 2025 to generate reinforcement detailing and material quantity estimates. Analytical results demonstrate that the redesigned structural elements successfully satisfy all performance criteria. Story drift remains within safe boundaries, the structure maintains stability against P-Delta effects, and the Strong Column-Weak Beam principle is well fulfilled. The implementation of the Dual System yielded a Special Moment Resisting Frame (SMRF) participation of 79.8% in the X-direction and 53.8% in the Y-direction. Additionally, it restricted the maximum story drift to 50.204 mm well below the 72 mm allowable limit—proving its effectiveness in providing the requisite lateral stiffness and ductility. Overall, the structural design strictly conforms to SNI 1726:2019, SNI 1727:2020, SNI 2847:2019, and SNI 2052:2024 provisions. The BIM integration also successfully produced technical working drawings and highly accurate Quantity Take-Off (QTO) calculations.

PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk perkotaan yang pesat mendorong pergeseran tren pengembangan wilayah dari hunian tapak menjadi bangunan vertikal. Pembangunan fasilitas komersial seperti pusat perbelanjaan (Naufal, 2022), bangunan perhotelan (Riyadi & Yusmanto, 2022), hingga bangunan rumah susun (Darmawan & Pratama,

2022) semakin signifikan dilakukan untuk menyiasati keterbatasan lahan. Kementerian Keuangan merespons urgensi hunian bagi pegawainya melalui proyek Rumah Susun Negara di Kemanggisan, Jakarta Barat (Kemenkeu, 2023). Berdasarkan laporan perencanaannya, proyek ini menargetkan kapasitas tampung yang besar, namun pada pelaksanaannya hanya terealisasi 12 lantai sehingga belum mengoptimalkan ketersediaan lahan. Solusi strategis tanpa membebaskan lahan baru adalah melalui rekayasa struktural berupa perencanaan ulang (redesain) dengan mengekspansi struktur eksisting menjadi 25 lantai (Anwar, 2020). Praktik redesain untuk meningkatkan kapasitas ini umum diterapkan pada fasilitas perkantoran (Damayanti, 2022) maupun fasilitas pendidikan (Salsabel & Shofyansyah, 2023). Peningkatan tinggi bangunan secara ekstrem ini berdampak pada lonjakan beban gravitasi dan gaya lateral, sehingga memerlukan tinjauan parameter desain secara mendalam (Ristaningrum, 2020).

Parameter Geoteknik dan Standar Perencanaan

Mengingat beban lateral yang signifikan pada struktur 25 lantai, pemahaman prinsip mitigasi gempa harus diaplikasikan. Identifikasi karakteristik tanah berdasarkan data *Standard Penetration Test* atau SPT menunjukkan bahwa lokasi proyek berada pada Kelas Situs SE (tanah lunak). Kondisi tanah ini sangat rentan terhadap amplifikasi gelombang seismik (Mulyono, 2021). Oleh karena itu, guna menjamin keamanan, pembebanan struktur dihitung berdasarkan standar beban desain minimum pada SNI 1727:2020 (Badan Standardisasi Nasional, 2020). Evaluasi batas simpangan dan gaya geser dasar dikontrol secara ketat menggunakan SNI 1726:2019 tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa (Badan Standardisasi Nasional, 2019b), sebagaimana diimplementasikan pada perancangan fasilitas umum serupa (Putra & Budiyo, 2022). Detail elemen struktur dihitung berdasarkan SNI 2847:2019 mengenai beton struktural (Gumelar & Pribadi, 2023) (Badan Standardisasi Nasional, 2019a), didukung oleh spesifikasi baja tulangan SNI 2052:2024 sesuai (Badan Standardisasi Nasional, 2024).

Konsep Kinerja Sistem Ganda (Dual System)

Bangunan tinggi dengan Kategori Desain Seismik (KDS) tinggi membutuhkan sistem penahan gaya lateral yang kaku namun daktail, seperti sistem rangka pemikul momen khusus atau SRPMK (Prainka & Mukti, 2023). Meskipun SRPMK daktail (Primadana & Anwar, 2021), efisiensi penggunaannya menurun pada gedung tinggi akibat simpangan (*drift*) yang berlebihan. Kombinasi SRPMK dan dinding geser atau *shear wall*, yang dikenal sebagai sistem ganda (*Dual System*), direkomendasikan sebagai solusi optimal (Zulkarnaen et al., 2021). Dinding geser pada sistem ini membatasi deformasi lateral secara efektif (Rahmi, 2022). Studi membuktikan sistem ganda memberikan tingkat kekakuan yang lebih superior dari SRPMK murni pada gedung belasan lantai (Pradhani & Rizky, 2022). Standar mensyaratkan agar elemen rangka portal memikul paling sedikit 25% dari beban geser dasar (Stella et al., 2024).

Kapasitas sistem ganda telah teruji di berbagai rekayasa bangunan tinggi. Pada sektor perhotelan, sistem ini mampu mereduksi simpangan gempa struktur 9-10 lantai (Anggreini & Machmoed, 2024); (Nhisya & Machmoed, 2023); (Putri et al., 2025). Konfigurasi serupa diaplikasikan pada stabilitas apartemen menengah (Machmoed & Dewi, 2023) hingga bangunan 35 lantai (Winita & Darmini, 2021). Pada bangunan sipil lainnya, sistem ganda terbukti andal untuk rumah sakit (Rahmatulloh & Suprpto, 2025), perkantoran sewa 7 lantai (Rizki Falah et al., 2025), gedung kampus (Octavia et al., 2025), serta rumah susun konvensional maupun pracetak (Rahmat et al., 2023); (Susilo & Didiek, 2023). Bahkan, praktik redesain struktur ganda sukses mereduksi ketidakberaturan torsi (Wicaksono & Musyafaq, 2023) yang sering muncul akibat modifikasi tinggi gedung (Alim & Prayogi, 2022); (Lilik & Setiawan, 2022).

Analisis Dinamik dan Building Information Modeling (BIM)

Analisis dinamik tiga dimensi untuk struktur 25 lantai memerlukan perangkat lunak berbasis elemen hingga. ETABS secara luas dimanfaatkan sebagai standar industri untuk evaluasi gaya dalam interaksi elemen penahan gempa (Riza, 2024), seperti yang dipraktikkan pada rumah susun 16 lantai (Prastio, 2025). Mengikuti standar industri konstruksi modern, keluaran desain numerik dituntut untuk terintegrasi dengan teknologi *Building Information Modeling* (BIM) (Autodesk, 2025). Penggunaan platform seperti Revit untuk BIM terbukti memfasilitasi koordinasi detail dan akurasi *Quantity Take-Off* (QTO), yang telah sukses diterapkan pada perancangan infrastruktur pendidikan (Supiansyah et al., 2024).

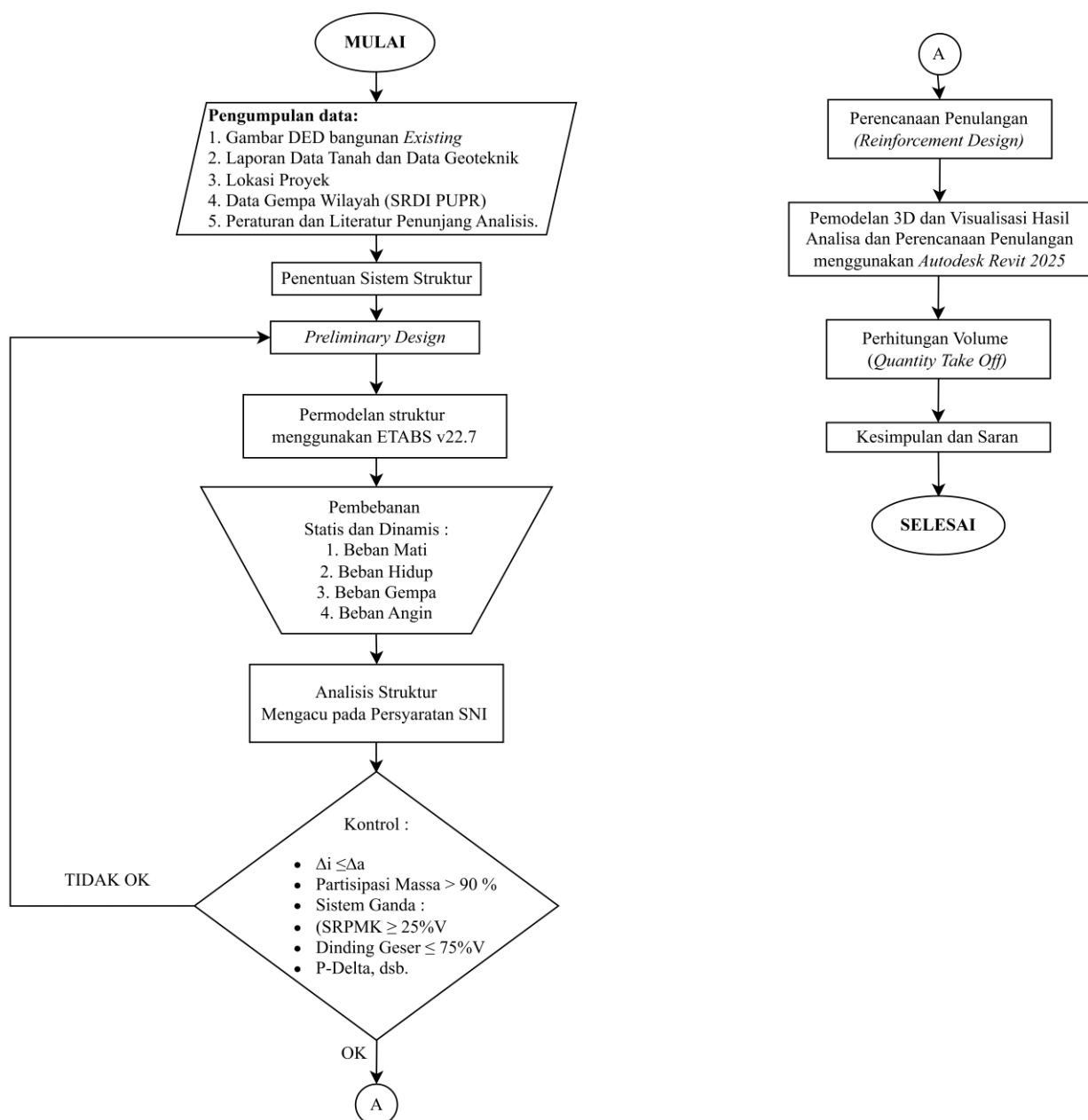
Meskipun kajian elemen struktural dan BIM telah banyak dibahas, riset komprehensif yang memadukan kontrol analitis sistem ganda untuk redesain struktur 25 tingkat dengan visualisasi dan kuantifikasi material berbasis BIM dalam satu kesatuan studi kasus masih sangat terbatas. Beberapa literatur telah meneliti penggunaan BIM pada proyek Rumah Susun Kementerian Keuangan (Mahardika, 2025), namun belum mencakup evaluasi kontrol SNI gempa pada skenario penambahan tinggi hingga 25 lantai. Berdasarkan kajian literatur, penelitian terdahulu umumnya berfokus pada perencanaan struktur gedung baru menggunakan sistem ganda atau implementasi BIM secara terpisah. Penelitian yang mengintegrasikan evaluasi kelayakan peningkatan jumlah lantai dari bangunan eksisting, verifikasi kontrol desain seismik sesuai SNI 1726:2019, serta pemodelan BIM untuk ekstraksi kuantitas material pada satu studi kasus

rumah susun pemerintah masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini mengisi kesenjangan tersebut melalui pendekatan terintegrasi antara analisis struktur dan BIM. Penelitian ini bertujuan merencanakan ulang struktur Gedung Rumah Susun Negara Kementerian Keuangan menjadi 25 lantai dengan sistem ganda, memverifikasi kinerjanya sesuai kontrol desain seismik SNI terbaru, serta memodelkan hasil akhirnya menggunakan teknologi BIM guna mencapai presisi gambar kerja teknis dan efisiensi volume material.

METODE

Pendekatan dan Jenis Penelitian

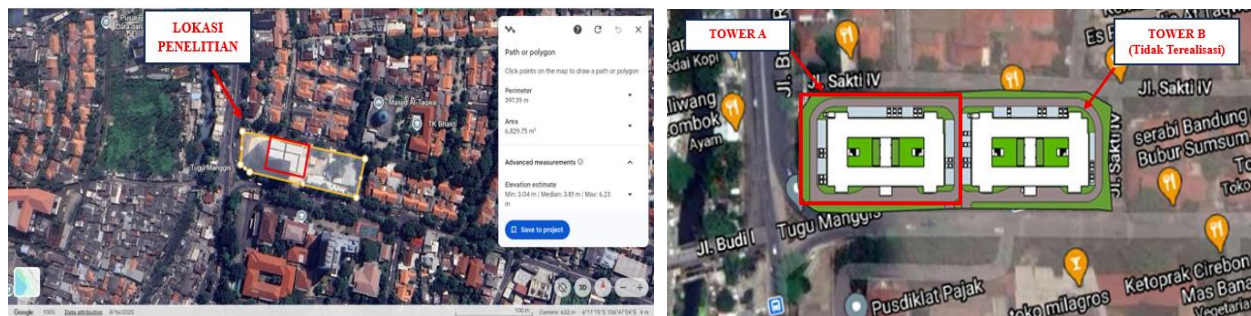
Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode analisis rekayasa struktural (*structural engineering analysis*). Penelitian difokuskan pada penyusunan alternatif desain struktur atas Gedung Rumah Susun Negara Kementerian Keuangan menjadi bangunan 25 lantai berdasarkan data perencanaan eksisting. Analisis dilakukan menggunakan model struktur baru hasil redesain untuk mengevaluasi pemenuhan persyaratan SNI 1726:2019, SNI 1727:2020, SNI 2847:2019, dan SNI 2052:2024. Penelitian ini tidak mengevaluasi kapasitas struktur maupun fondasi bangunan eksisting sebagai dasar pelaksanaan penambahan lantai pada bangunan yang telah dibangun. Secara spesifik, tahapan evaluasi kapasitas struktur eksisting hingga prosedur perancangan desain akhir dirangkum secara komprehensif dalam diagram alir pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian
Sumber: Data Penulis (2026)

Prosedur Pengumpulan Data

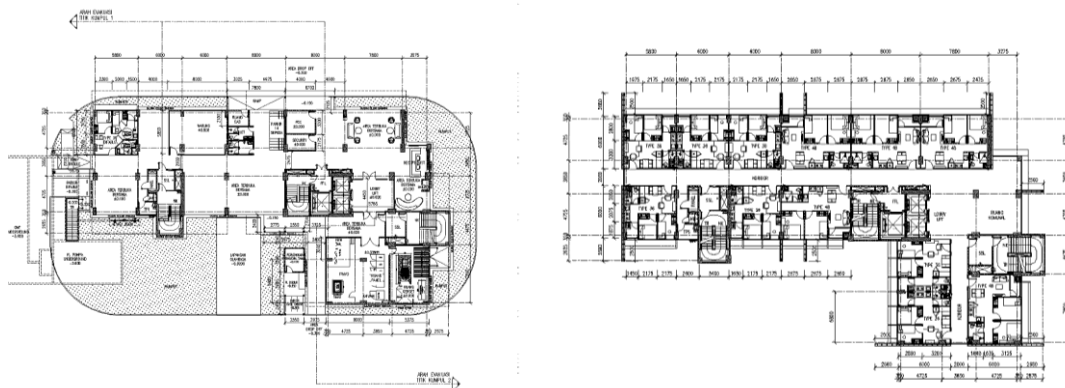
Data yang digunakan dalam perancangan ini sepenuhnya merupakan data sekunder kuantitatif yang diperoleh dari laporan teknis perencanaan proyek terkait (Kemenkeu, 2023). Orientasi tapak dan tata letak bangunan tersebut divisualisasikan pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Lokasi Penelitian
Sumber: Data Proyek Kemenkeu (2023)

Data perencanaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Nama Gedung	: Gedung Rumah Susun Negara Kementerian Keuangan
Fungsi Bangunan	: Gedung Hunian Vertikal
Lokasi	: Kemanggisan, Jakarta Barat (-6.1885448, 106.7812044)
Jumlah Lantai	: 25 Lantai + Lantai Atap + Top Atap
Tinggi Bangunan	: $\pm 96,8$ m
Tinggi tiap lantai	: 5,4 m ; 3,6 m (tipikal) ; 5 m
Struktur Bangunan	: Beton Bertulang (sistem ganda)
Mutu Beton ($f'c$)	: 35 MPa (kolom), 40 MPa (<i>shear wall</i>) dan 30 MPa (balok & pelat)
Mutu Tulangan (f_y)	: BJTS 420B (Longitudinal dan Transversal)



Gambar 3. Denah Bangunan Tinjauan
Sumber: Data Proyek Kemenkeu (2023)

Parameter Geoteknik

Selain gambar detail rekayasa dasar (DED), dikumpulkan pula data penyelidikan geoteknik yang mencakup hasil pengujian *Standard Penetration Test* (SPT). Ringkasan profil stratigrafi lapisan tanah dan parameter fisiknya disajikan secara rinci pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Profil Lapisan Tanah dan Nilai N-SPT

Kedalaman (m)	Jenis Tanah	Konsistensi / Kepadatan	N-SPT (Range)	Keterangan
0 – 2	Tanah Urugan (<i>Fill Material</i>)	-	-	Lapisan permukaan
2 - 5	Lempung berlanau (<i>Silty Clay</i>)	Lunak - Sedang	2 – 6	Lapisan tanah lunak permukaan
5 – 10	Lempung kaku (<i>Stiff clay</i>)	Teguh – Kaku	7 – 23	Lapisan tanah sedang, peningkatan kekuatan signifikan
10 – 12	Pasir kelanauan (<i>Silty sand</i>)	Sangat padat	> 50	Lapisan keras pertama

Kedalaman (m)	Jenis Tanah	Konsistensi / Kepadatan	N-SPT (Range)	Keterangan
12 – 22	Lanau berlempung (<i>Clayey Silt</i>)	Sangat teguh	12 – 27	Lapisan transisi antara lapisan pasir
22 – 50	Pasir (<i>Dense sand</i>) dan Pasir berlanau (<i>Silty Sand</i>)	Sangat padat	> 50	Lapisan keras utama, daya dukung tinggi

Sumber: Laporan Desain dan Analisis Geoteknik PT. Penta Rekayasa, 2023

Berdasarkan evaluasi nilai rata-rata N-SPT pada **Tabel 1**, diidentifikasi bahwa struktur berdiri di atas tanah lunak (Kelas Situs SE). Kondisi geoteknik ini selanjutnya menjadi landasan utama dalam penarikan parameter respons spektrum gempa desain untuk wilayah Jakarta Barat.

Penetapan Kelas Situs SE dilakukan berdasarkan interpretasi data penyelidikan tanah yang tersedia pada dokumen perencanaan proyek dengan mengacu pada prosedur klasifikasi SNI 1726:2019. Data N-SPT menunjukkan dominasi lapisan tanah lunak pada kedalaman dangkal yang menjadi dasar penetapan parameter respons spektrum dalam pemodelan struktur. Karena penelitian ini menggunakan data sekunder dari dokumen desain proyek, klasifikasi tanah mengikuti hasil investigasi geoteknik yang digunakan pada perencanaan awal.

Tabel 2. Perhitungan Nilai Rata-Rata N-SPT ($\bar{N}$) Kedalaman 30 m

Kedalaman (m)	Tebal Lapisan (m)	N-SPT (BH-01)	di/N (BH-01)	N-SPT (BH-02)	di/N (BH-02)
0 – 2	2	4	0,5	6	0,333
2 – 4	2	5	0,4	12	0,167
4 – 6	2	11	0,182	4	0,5
6 – 8	2	23	0,087	12	0,167
8 – 10	2	29	0,069	17	0,118
10 – 12	2	27	0,074	11	0,182
12 – 14	2	12	0,167	14	0,143
14 – 16	2	24	0,083	25	0,08
16 – 18	2	27	0,074	39	0,051
18 – 20	2	12	0,167	35	0,057
20 – 22	2	25	0,08	19	0,105
22 – 24	2	50	0,04	28	0,071
24 – 26	2	25	0,08	50	0,04
26 – 28	2	22	0,091	21	0,095
28 – 30	2	30	0,067	16	0,125
Total	30		2,161		2,234

Berdasarkan **Tabel 2**, nilai tahanan penetrasi standar rata-rata dihitung menggunakan persamaan empiris klasifikasi situs SNI 1726:2019.

$$\bar{N}_{\text{gabungan}} = \frac{BH-01+BH-02}{2}$$

$$\bar{N}_{\text{gabungan}} = \frac{13,888 + 13,427}{2}$$

$$\bar{N}_{\text{gabungan}} = 13,657$$

Rata-rata gabungan N-SPT dari kedua titik bor tersebut adalah **13,657**. Mengacu pada parameter SNI 1726:2019, karena nilai $\bar{N} < 15$, maka lokasi proyek diklasifikasikan secara mutlak sebagai **Kelas Situs SE (Tanah Lunak)**. Hal ini memvalidasi penggunaan parameter respons spektrum Kelas Situs SE dalam analisis gaya gempa dasar tanpa perlu dilakukan penyesuaian ulang.

Perancangan Pendahuluan (*Preliminary Design*)

Sebelum melakukan pemodelan numerik, dilakukan perancangan dimensi awal (*preliminary design*) guna memastikan penampang elemen memenuhi syarat minimum geometri. Langkah ini krusial untuk mengontrol lendutan dan memastikan kapasitas geser penampang telah memadai sejak fase awal sesuai pedoman SNI 2847:2019. Dimensi elemen balok, kolom, pelat lantai, serta ketebalan *shear wall* dikalkulasi secara empiris berdasarkan bentang dan beban kumulatif sebelum diintegrasikan ke dalam pemodelan tiga dimensi.

Tahapan Analisis dan Pembebanan Struktur

Tahap awal analisis adalah mendefinisikan seluruh beban yang bekerja pada struktur berdasarkan standar pembebanan minimum (Badan Standarisasi Nasional, 2020). Pembebanan gravitasi yang diaplikasikan pada setiap pelat lantai meliputi beban mati, beban mati tambahan (SIDL), dan beban hidup disesuaikan secara ketat dengan

fungsi bangunan sebagai hunian rumah susun. Untuk beban lateral, analisis kegempaan dieksekusi menggunakan metode dinamik respons spektrum sesuai pedoman perencanaan ketahanan gempa (Badan Standarisasi Nasional, 2019a). Pemodelan geometri 3D gedung beserta pembebanannya dioperasikan menggunakan perangkat lunak ETABS v22.7. Struktur dikonfigurasi dengan sistem ganda, di mana dinding geser (*Shear Wall*) dan sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK) dirancang berinteraksi secara proporsional dalam memikul gaya geser dasar.

Pemodelan dan Kontrol Kinerja Struktur

Setelah gaya dalam pada keseluruhan elemen model ETABS diperoleh, tahapan metode dilanjutkan dengan verifikasi batas kinerja struktur. Pengecekan dilakukan melalui komparasi langsung antara *output* perangkat lunak dengan batasan izin SNI 1726:2019. Parameter evaluasi meliputi sembilan tahapan kontrol:

1. Kontrol Partisipasi Massa Ragam, Memastikan massa efektif ragam struktur mencapai minimal 90% dari total massa bangunan untuk menjamin validitas analisis dinamik.
2. Kontrol Periode Getar Alami (T), Mengevaluasi waktu getar fundamental agar tidak melebihi batas atas periode ($C_u \times T_a$) guna mencegah gaya gempa desain yang terlalu konservatif.
3. Kontrol Gaya Geser Dasar, Memverifikasi penskalaan gaya geser dasar dinamik mencapai minimal 100% dari gaya geser statik.
4. Validasi sistem ganda, Memastikan elemen SRPMK mampu memikul sekurang-kurangnya 25% dari total gaya geser dasar seismik, sementara sisanya dipikul oleh dinding geser.
5. Kontrol Simpangan Antar Lantai (*Story Drift*), Mengevaluasi simpangan inelastis agar tidak melampaui batas izin guna menjamin kinerja batas layan dan kenyamanan penghuni.
6. Kontrol Stabilitas Efek P-Delta, Menganalisis pengaruh beban gravitasi pada struktur yang terdeformasi lateral dengan memastikan koefisien stabilitas (θ) bernilai $\leq 0,10$.
7. Pengecekan Ketidakberaturan Torsi, Mengidentifikasi potensi torsi melalui rasio simpangan maksimum dan rata-rata untuk mendeteksi kebutuhan amplifikasi gaya geser.
8. Kontrol *Strong Column – Weak Beam* (SCWB), Memastikan jumlah momen nominal kolom minimal 1,2 kali lebih besar dari momen nominal balok guna mencapai mekanisme keruntuhan yang daktail.
9. Pengecekan Kebutuhan Tulangan, Memverifikasi rasio tulangan hasil analisis berada di antara batas minimum dan maksimum untuk menjamin syarat daktilitas dan buildability elemen di lapangan.

Perencanaan dimensi dan detail penulangan elemen struktural yang telah lolos kesembilan uji kelayakan tersebut kemudian dihitung mengacu pada persyaratan beton struktural SNI 2847:2019 dengan mutu baja tulangan sesuai SNI 2052:2024.

Integrasi Building Information Modeling (BIM)

Tahap akhir metode ini adalah mengonversi *output* desain numerik ke dalam dokumentasi teknis berbasis *Building Information Modeling* (BIM). Data dimensi dan penulangan dari ETABS divisualisasikan menggunakan perangkat lunak Autodesk Revit 2025. Pemodelan BIM ini ditujukan untuk mengevaluasi *buildability* elemen struktur, memproduksi *shop drawing*, serta memanfaatkan fitur *schedule* guna menghasilkan estimasi perhitungan volume material beton dan baja tulangan atau *Quantity Take-Off* (QTO) secara komprehensif.

HASIL

Preliminary Design Elemen Struktur

Perencanaan ulang struktur Rumah Susun Negara Kementerian Keuangan dari 12 lantai menjadi 25 lantai menuntut penyesuaian dimensi elemen struktural yang signifikan untuk mengakomodasi lonjakan beban gravitasi dan beban lateral seismik. Berdasarkan hasil perancangan pendahuluan, rekapitulasi perbandingan dimensi penampang antara kondisi eksisting dan hasil redesain disajikan pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Perbandingan Dimensi Elemen Struktur Eksisting dan Redesain

Elemen Struktur	Kondisi Eksisting (12 Lantai) (mm)	Hasil Redesain (25 Lantai) (mm)
Kolom Utama	600 x 1000	1000 x 1000
Balok Induk Utama	500 x 900	500 x 900
Dinding Geser Induk (Tebal)	400 & 450	600
Dinding Geser Induk (Elemen Batas / <i>Boundary</i>)	1000 x 500	1200 x 600
Pelat Lantai (Tebal)	Tipikal : 120 Atap : 180	Tipikal: 120 Atap : 180

Sumber: Data Penulis (2026)

Pembebanan Struktur

Pembebanan pada struktur dihitung berdasarkan SNI 1727:2020 tentang beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung dan struktur lain, serta SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung dan nongedung.

a. Beban Mati (*Dead Load*)

Berat struktur beton bertulang dihitung secara otomatis berdasarkan dimensi penampang dan volume beton yang dipakai pada program. Beban mati tambahan (*superimposed dead load*) yang diaplikasikan pada struktur ditetapkan sebesar 115 kg/m² untuk pelat lantai hunian tipikal, 225 kg/m² untuk pelat atap dak, dan 152,5 kg/m² untuk area *roof tank*.

b. Beban hidup (*live load*)

Beban hidup yang diaplikasikan bervariasi bergantung pada fungsi ruang, dapat disajikan pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Beban Hidup

No	Fungsi Ruang	Berat (kN/m ²)
1	Ruang Hunian / Kamar	1,92
2	Koridor, Area Terbuka, <i>lobby</i>	4,79
3	Toilet	1,92
4	Ruang Komunal	4,79
5	Ruang Genset	4,79
6	Atap Dak	4,79
7	<i>Roof Tank</i>	2,40

Sumber: Data Proyek Kemenkeu (2023)

c. Beban Angin (*Wind Load*)

Beban angin dihitung secara otomatis menggunakan perangkat lunak ETABS v22.7 dengan memasukkan kecepatan angin dasar yang dikonversi sesuai parameter kondisi lokal. Arah angin yang dimasukkan dalam perencanaan kali ini yaitu arah sumbu X dan Y.

d. Beban Gempa

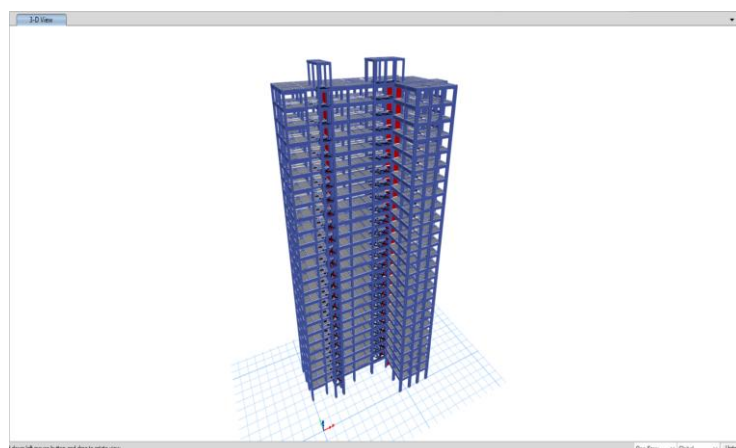
Beban gempa dihitung secara otomatis di perangkat lunak ETABS v22.7 dengan memasukkan data kategori risiko II, $S_1 = 0,3898$ g, $S_s = 0,7955$ g, $T_L = 20$ detik, $I_e = 1,0$, kelas situs SE (Tanah Lunak), $R = 7$, dan $C_d = 5,5$.

e. Kombinasi Pembebanan

Kombinasi beban diatur dalam SNI 1726:2019 pasal 4.2.2 struktur, komponen struktur dan elemen-elemen fondasi harus didesain sedemikian hingga kuat rencananya sama atau melebihi pengaruh beban-beban terfaktor.

Pemodelan Struktur Redesain 25 Lantai

Perencanaan ulang struktur Rumah Susun Negara Kementerian Keuangan dari 12 lantai menjadi 25 lantai menuntut adanya penyesuaian dimensi elemen struktural untuk mengakomodasi peningkatan beban gravitasi dan beban angin, serta mengantisipasi beban lateral seismik. Geometri struktur dimodelkan secara 3D menggunakan ETABS v22.7 dengan menerapkan elemen *frame* untuk balok dan kolom, serta elemen *shell* untuk pelat lantai dan dinding geser (*shear wall*). Visualisasi pemodelan struktur utama tersebut disajikan pada **Gambar 4**.



Gambar 4. Pemodelan 3D Struktur 25 Lantai pada ETABS

Sumber: Data Penulis (2026)

Kontrol Kinerja Dinamik Struktur

Validitas dan kelayakan struktur hasil redesain dievaluasi melalui 8 parameter kontrol utama yang disyaratkan oleh SNI:

a. Kontrol Partisipasi Massa

Hasil perhitungan yang dirangkum pada **Tabel 5** menunjukkan bahwa partisipasi massa ragam efektif telah mencapai 100% pada ragam ke-75, dengan batas minimal 90% telah terpenuhi secara memadai pada ragam ke-9 untuk arah X (90,16%) dan ragam ke-18 untuk arah Y (90,18%).

Tabel 5. Rekapitulasi Partisipasi Massa Dinamik

<i>TABLE: Modal Load Participation Ratios</i>				
<i>Case</i>	<i>Item Type</i>	<i>Item</i>	<i>Static</i> %	<i>Dynamic</i> %
<i>Modal</i>	<i>Acceleration</i>	UX	100	100
<i>Modal</i>	<i>Acceleration</i>	UY	100	99,99

Sumber: Data Penulis (2026)

Hal ini mengindikasikan perilaku struktur telah terwakili secara keseluruhan.

b. Kontrol Periode Getar Alami (T)

Analisis modal menunjukkan waktu getar fundamental struktur aktual (T_c) sebesar 5,850 detik pada arah X dan 4,836 detik pada arah Y. Sesuai SNI 1726:2019, nilai T_c harus dikontrol terhadap batas atas perioda empiris. Berdasarkan parameter tinggi gedung (h_n) = 96,8 m, C_t = 0,0466, dan x = 0,9, diperoleh perioda pendekatan (T_a) sebesar 2,85 detik. Batas atas perioda maksimum (T_{max}) dihitung dengan persamaan $C_u \times T_a$ ($1,4 \times 2,85$) sehingga diperoleh nilai sebesar 3,99 detik. Karena $T_c > T_{max}$ ($5,850 > 3,99$), maka perhitungan gaya geser dasar seismik secara konservatif menggunakan nilai T_{max} sebesar 3,99 detik.

c. Kontrol Penskalaan Gaya Geser Dasar

Penskalaan dieksekusi agar gaya geser dinamik mencapai 100% dari gaya geser statik ekuivalen, memenuhi syarat minimum distribusi gaya gempa.

d. Kontrol Sistem Ganda (*Dual System*)

Berdasarkan pengecekan distribusi gaya pada **Tabel 6**, elemen Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) mampu memikul beban lateral sebesar 79,8% pada arah sumbu X dan 53,8% pada arah sumbu Y. Nilai ini melampaui syarat minimum 25% yang ditetapkan SNI 1726:2019, sementara sisa beban lateral diserap secara efektif oleh dinding geser.

Tabel 6. Persentase Distribusi Gaya Geser Dasar

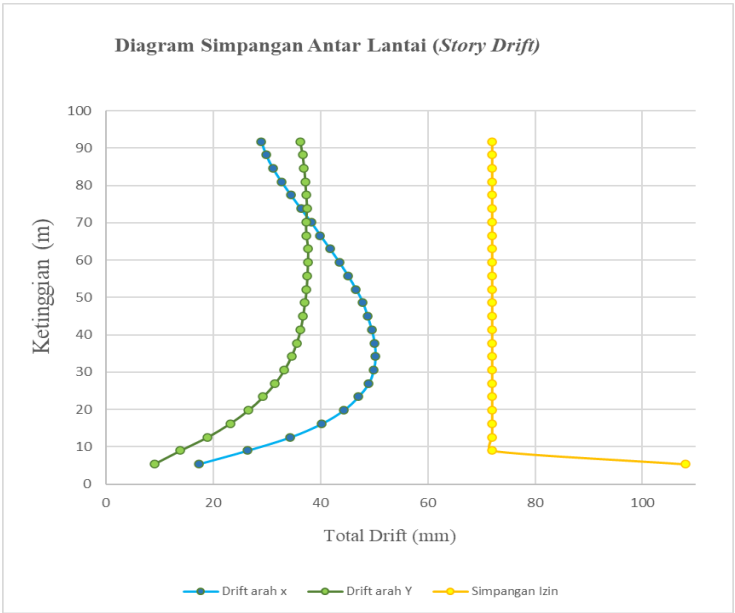
<i>Frame Ratio</i>		<i>Cek Syarat > 25%</i>
FX	79,8%	Memenuhi
FY	53,8%	Memenuhi

<i>VShearWall</i>		<i>%SW</i>	<i>Cek Syarat < 75%</i>
SW-x	1.352,1846	20,2%	Memenuhi
SW-y	3.096,2223	46,2%	Memenuhi

Sumber: Data Penulis (2026)

e. Kontrol Simpangan Antar Lantai (*Story Drift*)

Evaluasi simpangan antar lantai (*story drift*) merupakan parameter krusial untuk mencegah kerusakan elemen non-struktural akibat deformasi lateral. Grafik profil simpangan elastis yang diperbesar akibat faktor defleksi disajikan pada **Gambar 5**.



Gambar 5. Profil Simpanan Antar Lantai (Story Drift)
Sumber: Data Penulis (2026)

- Berdasarkan **Gambar 5**, respons perpindahan struktur menunjukkan kinerja batas layan yang memenuhi kriteria. Simpangan antar lantai maksimum terjadi pada elevasi Lantai 10 arah sumbu X dengan nilai sebesar 50,204 mm. Simpangan aktual tersebut masih berada jauh di bawah batas izin simpangan (Δa) yang ditetapkan sebesar 72 mm. Keberhasilan kontrol simpangan ini mengonfirmasi temuan (Susilo & Didiek, 2023) serta (Anggreini & Machmoed, 2024), di mana penerapan dinding geser dalam sistem ganda terbukti dapat meningkatkan kekakuan lateral bangunan secara signifikan.
- f. Kontrol Stabilitas Efek P-Delta
Kontrol stabilitas terhadap efek P-Delta menghasilkan nilai koefisien stabilitas maksimum (θ) sebesar 0,0771 (terjadi pada elevasi Lantai 9 arah sumbu X), yang mana memenuhi kriteria aman ($\theta \leq 0,0909$ dan di bawah ambang 0,10).
- g. Kontrol Ketidakberaturan Torsi
Evaluasi lanjutan untuk ketidakberaturan torsi disajikan pada **Tabel 7**.

Tabel 7. Kontrol Ketidakberaturan Torsi Struktur

Story	Arah X				Arah Y			
	Δ_{max}	Δ_{avg}	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$	Cek	Δ_{max}	Δ_{avg}	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$	Cek
TOP ATAP	16,030	13,459	1,191	REGULAR	14,194	11,888	1,194	REGULAR
LANTAI ATAP	6,432	6,396	1,006	REGULAR	9,598	8,541	1,124	REGULAR
25	6,668	6,638	1,005	REGULAR	9,713	8,641	1,124	REGULAR
24	6,949	6,924	1,004	REGULAR	9,810	8,730	1,124	REGULAR
23	7,249	7,228	1,003	REGULAR	9,914	8,819	1,124	REGULAR
22	7,542	7,524	1,002	REGULAR	10,006	8,895	1,125	REGULAR
21	7,818	7,803	1,002	REGULAR	10,078	8,949	1,126	REGULAR
20	8,081	8,069	1,001	REGULAR	10,129	8,983	1,128	REGULAR
19	8,302	8,295	1,001	REGULAR	10,135	8,979	1,129	REGULAR
18	8,540	8,539	1,000	REGULAR	10,129	8,966	1,130	REGULAR
17	8,778	8,772	1,001	REGULAR	10,090	8,928	1,130	REGULAR
16	9,001	8,986	1,002	REGULAR	10,020	8,869	1,130	REGULAR
15	9,193	9,169	1,003	REGULAR	9,917	8,789	1,128	REGULAR
14	9,349	9,316	1,004	REGULAR	9,781	8,690	1,126	REGULAR
13	9,414	9,374	1,004	REGULAR	9,596	8,555	1,122	REGULAR
12	9,480	9,431	1,005	REGULAR	9,375	8,403	1,116	REGULAR
11	9,494	9,435	1,006	REGULAR	9,096	8,212	1,108	REGULAR
10	9,448	9,379	1,007	REGULAR	8,751	7,975	1,097	REGULAR
9	9,323	9,245	1,008	REGULAR	8,326	7,678	1,084	REGULAR
8	9,096	9,010	1,010	REGULAR	7,297	6,730	1,084	REGULAR
7	8,699	8,607	1,011	REGULAR	6,926	6,413	1,080	REGULAR
6	8,179	8,083	1,012	REGULAR	6,110	5,686	1,075	REGULAR
5	7,415	7,320	1,013	REGULAR	5,020	4,693	1,070	REGULAR

Tabel 8. Kontrol Ketidakberaturan Torsi Struktur (Lanjutan)

Story	Arah X				Arah Y			
	Δ_{max}	Δ_{avg}	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$	Cek	Δ_{max}	Δ_{avg}	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$	Cek
4	6,341	6,251	1,014	REGULAR	4,003	3,759	1,065	REGULAR
3	4,862	4,783	1,017	REGULAR	2,921	2,755	1,060	REGULAR
2	3,198	3,138	1,019	REGULAR	1,645	1,560	1,054	REGULAR

Sumber: Data Penulis (2026)

Hasil pada **Tabel 7** memperlihatkan rasio simpangan maksimum terhadap rata-rata tertinggi berada pada angka 1,194, yang mana masih di bawah batas ketidakberaturan 1,2. Hal ini menguatkan bukti bahwa penempatan elemen *shear wall* secara proporsional di area inti (*core*) efektif mendistribusikan pusat massa yang telah dikalibrasi sesuai koordinat tinjauan, sekaligus mencegah respons puntir berlebihan.

h. Kontrol *Strong Column-Weak Beam* (SCWB)

Desain struktur tahan gempa mengharuskan mekanisme keruntuhan lentur terjadi pada balok terlebih dahulu sebelum kolom, guna mencegah keruntuhan progresif. Pengecekan prinsip *Strong Column-Weak Beam* (SCWB) pada perancangan ini divalidasi baik secara analitis maupun melalui fitur *Beam/Column Capacity Ratio* dari perangkat lunak.

Secara analitis, tinjauan pada titik simpul interior Lantai 2 (pertemuan Kolom K1 1000x1000 mm dan Balok 400x800 mm) menghasilkan kapasitas momen nominal balok total (ΣM_{nb}) sebesar 685,22 kN.m. Untuk memenuhi syarat Strong Column, kolom harus memiliki kekuatan lentur minimal 1,2 kalinya, yakni 822,26 kN.m. Hasil output kapasitas penampang kolom aktual menghasilkan momen nominal total (ΣM_{nc}) sebesar 1.996 kN.m. Perhitungan ini memvalidasi bahwa rasio momen nominal kolom jauh melampaui syarat 1,2 kali momen balok ($\Sigma M_{nc} \geq 1,2 \Sigma M_{nb}$).

Penulangan Elemen Struktur Beton Bertulang

Pendetailan penulangan elemen struktural dihitung berdasarkan gaya dalam maksimum sesuai spesifikasi SNI 2847:2019. Hasil rekapitulasi luas tulangan longitudinal dan transversal untuk komponen struktur vertikal maupun horizontal pada tinjauan dimensi terbesar disajikan pada tabel-tabel berikut.

Tabel 9. Tulangan Longitudinal Kolom

Desain Tulangan Lentur Kolom											
Nama	Dimensi Kolom		As Perlu mm ²	D mm	Luas mm ²	n	As Aktual mm ²	Cek	Di Pasang		
	b	h									
K1	1.000 mm	1.000 mm	10	25	490,874	40	19.634,954	Aman!	40	D	25
K2	800 mm	1.000 mm	8	25	490,874	38	18.653,206	Aman!	38	D	25
K3	800 mm	900 mm	7.2	25	490,874	34	16.689,711	Aman!	34	D	25
K4	700 mm	800 mm	5.6	22	380,133	28	10.643,716	Aman!	28	D	22
K5	600 mm	900 mm	5.4	22	380,133	28	10.643,716	Aman!	28	D	22
KT	300 mm	400 mm	3.047	20	314,159	10	3.141,593	Aman!	10	D	20
CW1&2	1.200 mm	600 mm	9.952	25	490,874	36	17.671,459	Aman!	36	D	25

Sumber: Data Penulis (2026)

Tabel 10. Tulangan Transversal Kolom

Desain Tulangan Geser Kolom													
Nama	Dimensi Kolom		Av/S Perlu mm²/mm	D mm	n	Sperlu mm	Smax mm	Sterpakai mm	Di Pasang				
	b	h											
K1	1.000 mm	1.000 mm	6,90	13	6	115,419	150	115,419	6	D	13	-	75
K2	800 mm	1.000 mm	5,40	13	4	98,320	150	98,320	4	D	13	-	90
K3	800 mm	900 mm	5,40	13	4	98,320	150	98,320	4	D	13	-	90
K4	700 mm	800 mm	4,65	13	4	114,178	132	114,178	4	D	13	-	110
K5	600 mm	900 mm	3,90	13	4	136,136	132	132,000	4	D	13	-	130
KT	300 mm	400 mm	3,88	10	2	40,537	120	40,537	2	D	10	-	40
CW1&2	1.200 mm	600 mm	8,40	13	5	79,007	150	79,007	5	D	13	-	70

Sumber: Data Penulis (2026)

Tabel 11. Tulangan Longitudinal Balok

Desain Tulangan Lentur Balok													
Nama	Dimensi		Daerah	Letak Tulangan	As Perlu mm ²	As min mm ²	D mm	Luas mm ²	n	As Aktual mm ²	Cek	Di Pasang	
	b	h											
B2A3	250 mm	300 mm	Tumpuan	Atas	197	217	16	201	4	804,25	Aman!	4	D 16
				Bawah	217	217	16	201	4	804,25	Aman!	4	D 16
			Lapangan	Atas	217	217	16	201	4	804,25	Aman!	4	D 16
				Bawah	25	217	16	201	4	804,25	Aman!	4	D 16
B59	500 mm	900 mm	Tumpuan	Atas	1.368	1.423	22	380	4	1.520,53	Aman!	4	D 22
				Bawah	1.423	1.423	22	380	4	1.520,53	Aman!	4	D 22
			Lapangan	Atas	1.423	1.423	22	380	4	1.520,53	Aman!	4	D 22
				Bawah	1.368	1.423	22	380	4	1.520,53	Aman!	4	D 22

Sumber: Data Penulis (2026)

Tabel 12. Tulangan Transversal Balok

Desain Tulangan Geser Balok												
Nama	Dimensi		Daerah	Av/S Perlu mm²/mm	D mm	Luas mm²	Sperlu mm	Smax mm	Sterpakai mm	Di Pasang		
	b	h										
B2A3	250 mm	300 mm	Tumpuan	0,099	10	157,08	1.582,32	60,5	60,5	D 10	-	60
			Lapangan	0,099	10	157,08	1.582,32	121	121	D 10	-	120
B59	500 mm	900 mm	Tumpuan	0,306	10	157,08	512,801	132	100	D 10	-	100
			Lapangan	0,306	10	157,08	512,801	425	100	D 10	-	100

Sumber: Data Penulis (2026)

Tabel 13. Rekapitulasi Penulangan Pelat Lantai

No	Pelat	Jenis Pelat	h (mm)	Arah X		Arah Y	
				Tumpuan	Lapangan	Tumpuan	Lapangan
1	S1 (Atap)	2 arah	180	D13-150	D13 - 150	D13 - 150	D13-150
2	S2 (Tipikal)	2 arah	120	D13-150	D13-150	D13-150	D13-150

Sumber: Data Penulis (2026)

3

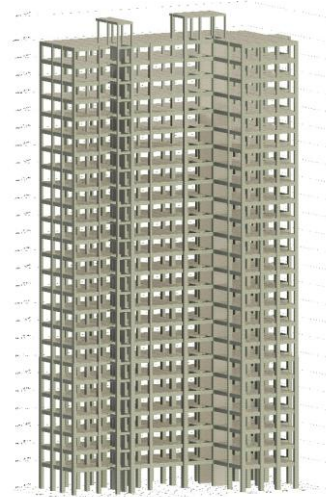
Tabel 14. Rekapitulasi Tulangan Dinding Geser

Arah Dinding Geser	Tebal	Diameter Tulangan	Spasi Tulangan (s)	Jumlah Tulangan (n)	Lapis Tulangan	Digunakan
Arah X	600 mm	D19	150 mm	6 batang / meter	2 lapis	D19 – 150
Arah Y	600 mm	D19	150 mm	6 batang / meter	2 lapis	D19 – 150

Sumber: Data Penulis (2026)

Visualisasi dan Ekstraksi Data berbasis BIM

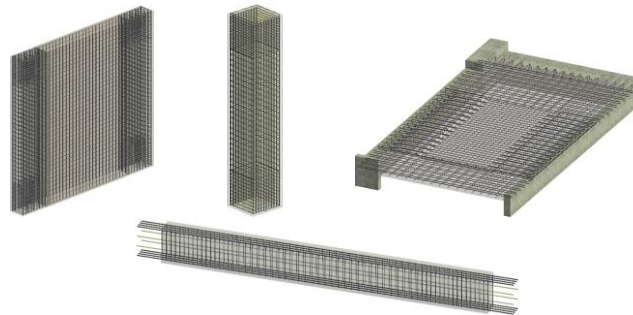
Konversi desain analitik menjadi model informasi bangunan dieksekusi menggunakan Autodesk Revit 2025. Detail pembesian balok, kolom, dan dinding geser yang telah memenuhi kriteria kinerja divisualisasikan secara presisi untuk menghindari *clash* tulangan, sebagaimana ditunjukkan pada **Gambar 6**.



Gambar 6. Pemodelan 3D Struktur 25 Lantai berbasis BIM

Sumber: Data Penulis (2026)

Lebih lanjut, pendetailan pembesian untuk elemen balok, kolom, dan dinding geser yang telah memenuhi kriteria kinerja divisualisasikan secara presisi guna menghindari *clashing* (tabrakan) antartulangan saat pelaksanaan konstruksi, sebagaimana ditunjukkan pada **Gambar 7**.



Gambar 7. Model Detail Penulangan berbasis BIM
Sumber: Data Penulis (2026)

Integrasi platform BIM ini dieksploitasi untuk menghasilkan *Quantity Take-Off* (QTO) guna menyusun estimasi material secara otomatis dan akurat. Sistem kalkulasi *multi-category takeoff schedule* mereduksi duplikasi volume beton pada persimpangan (*join geometry*) antar elemen struktur. Ekstraksi volume material beton murni (*Cast-in-Place*), estimasi berat total baja tulangan, ekuivalensi batang besi berukuran standar (12 meter), serta hasil perhitungan kepadatan rasio penulangan volumetrik per meter kubik untuk masing-masing sampel komponen struktur disajikan secara komprehensif pada **Tabel 14**.

Tabel 15. Rekapitulasi Ekstraksi QTO Material dan Rasio Penulangan

Elemen Struktur	Tipe / Sampel	Volume Beton (m3)	Berat Tulangan (kg)	Kebutuhan Besi (Batang 12 m)	Rasio Volumetrik (kg/m3)	Rasio Penampang (%)
Kolom Utama	K1-1 (1000x1000)	5,4	1.357,58	60,68	251,4	1,96%
Balok Induk	B48 (400x800)	2,37	394,53	20,49	166,47	2,12%
Pelat Lantai	S12 (Tebal 120)	1,26	303,88	41,07	241,17	3,07%
<i>Boundary Element</i>	KCW (600x1200)	7,13	2.193,58	88,02	307,65	3,92%
Dinding Geser	SW 1 (Tebal 600)	12,07	1.069,57	60,22	88,61	1,13%

Sumber: Data Penulis (2026)

Berdasarkan ekstraksi data pada **Tabel 13**, tercatat perbedaan kepadatan penulangan yang signifikan pada setiap komponen. Tingginya angka rasio pada elemen batas dinding geser (*Boundary Element* KCW) sebesar 307,65 kg/m³ merupakan kondisi struktural yang wajar guna menahan konsentrasi gaya aksial serta momen guling di ujung dinding geser. Seluruh komponen elemen vertikal (kolom K1) dan dinding geser terbukti telah melampaui ketentuan batas daktilitas yang dipersyaratkan oleh SNI 2847:2019 (minimum rasio 1% untuk kolom dan 0,25% untuk dinding). Pemanfaatan BIM memudahkan proses ekstraksi kuantitas material secara otomatis dan konsisten berdasarkan model tiga dimensi yang telah dibuat, mereduksi potensi *human error*, serta memberikan parameter validasi estimasi Rencana Anggaran Biaya (RAB) bangunan tinggi dengan menyeluruh tanpa memicu kerapatan tulangan berlebih (*reinforcement congestion*).

Pembahasan

Berdasarkan serangkaian evaluasi numerik, perencanaan ulang struktur atas Gedung Rumah Susun Negara Kementerian Keuangan menjadi 25 lantai terbukti layak secara rekayasa struktural dengan mengadopsi sistem ganda. Temuan utama dari analisis dinamik menunjukkan bahwa peningkatan massa bangunan dan ekspansi vertikal yang akurat menyebabkan struktur menjadi sangat fleksibel. Karakteristik ini terkonfirmasi dari nilai perioda getar alami bangunan yang melampaui batas atas perioda empiris (T_{max}). Oleh karena itu, intervensi desain berupa pembatasan parameter gaya geser dasar mutlak diperlukan guna menghindari asumsi gaya gempa desain yang terlalu konservatif, sesuai dengan amanat SNI 1726:2019.

Interpretasi terhadap distribusi gaya lateral secara fundamental memvalidasi keandalan sistem ganda dalam merespons beban seismik. Distribusi gaya lateral menunjukkan bahwa SRPMK memikul 79,8% gaya geser arah X dan 53,8% arah Y, sedangkan dinding geser memikul masing-masing 20,2% dan 46,2%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kedua sistem bekerja secara bersama-sama sesuai konsep sistem ganda, dengan dinding geser berperan meningkatkan kekakuan lateral sehingga simpangan struktur tetap berada di bawah batas yang dipersyaratkan. Konfigurasi ini secara efektif mendikte perilaku struktur secara keseluruhan, mereduksi deformasi lateral secara

signifikan sehingga simpangan antar lantai tetap tertahan pada rentang kinerja batas layan yang memenuhi kriteria. Temuan ini sejalan dengan hasil riset terdahulu pada hunian vertikal bersistem ganda (Anggreini & Machmoed, 2024; Susilo & Didiek, 2023). Korelasi ini menegaskan bahwa kehadiran dinding geser yang proporsional mampu mengeliminasi anomali kekakuan dan mencegah risiko keruntuhan tingkat lunak (*soft-story failure*).

Lebih lanjut, pemenuhan kriteria *Strong Column-Weak Beam* (SCWB) dengan rasio kapasitas kolom yang melampaui momen balok membuktikan bahwa rancangan ini telah menjamin terbentuknya mekanisme sendi plastis pada elemen lentur (balok) terlebih dahulu. Dari perspektif manajemen konstruksi, konversi model ke dalam ekosistem *Building Information Modeling* (BIM) memberikan implikasi efisiensi yang akurat. Ekstraksi otomatis *Quantity Take-Off* (QTO) mengatasi kelemahan perhitungan konvensional yang rentan terhadap duplikasi volume pada area persimpangan elemen beton (*join geometry*). Hal ini memperkuat literatur yang ada (Mahardika, 2025; Supiansyah et al., 2024), yang membuktikan bahwa BIM merupakan katalisator presisi untuk proyek konstruksi skala besar.

Meskipun analisis yang dihasilkan sangat komprehensif, kajian redesain ini memiliki sejumlah keterbatasan. Evaluasi kinerja seismik pada penelitian ini masih bertumpu pada analisis dinamik linear (*Response Spectrum*) dan belum memodelkan perilaku keruntuhan pascagempa secara riil melalui *Non-Linear Time History Analysis* (NLTHA). Selain itu, batasan ruang lingkup penelitian ini difokuskan secara eksklusif pada elemen struktur atas (*upper-structure*), tanpa melakukan evaluasi kapasitas dan interaksi struktur bawah (fondasi) terhadap karakteristik tanah lunak Kelas Situs SE.

Terlepas dari keterbatasan tersebut, implikasi dari temuan ini memberikan kontribusi nyata terhadap paradigma pengembangan tata ruang perkotaan. Penelitian ini membuktikan bahwa strategi redesain vertikal untuk mengoptimalkan aset bangunan pemerintah di lahan terbatas bukan sekadar konsep teoretis. Ekspansi hingga 25 tingkat dapat dieksekusi secara rasional, memiliki ketangguhan terhadap tingkat bahaya seismik tinggi, serta terukur kuantitasnya secara presisi melalui integrasi teknologi *engineering* terkini.

Penelitian ini memiliki keterbatasan karena analisis hanya dilakukan melalui metode respons spektrum linear berdasarkan data perencanaan yang tersedia. Evaluasi tidak mencakup analisis nonlinear, *time history*, evaluasi kapasitas struktur eksisting, maupun kajian perkuatan fondasi apabila bangunan benar-benar akan ditingkatkan dari 12 menjadi 25 lantai. Oleh karena itu, aspek tersebut dapat menjadi pengembangan penelitian selanjutnya.

SIMPULAN

Perencanaan ulang Gedung Rumah Susun Negara Kementerian Keuangan menjadi 25 lantai menggunakan sistem ganda (*Dual System*) berhasil memenuhi seluruh persyaratan kinerja struktur berdasarkan SNI 1726:2019, SNI 1727:2020, SNI 2847:2019, dan SNI 2052:2024. Sistem rangka pemikul momen Khusus (SRPMK) dan dinding geser mampu bekerja secara efektif dalam menahan beban lateral, ditunjukkan oleh terpenuhinya persyaratan partisipasi gaya geser, batas simpangan antar lantai, stabilitas P-Delta, ketidakberaturan torsi, serta prinsip Strong Column-Weak Beam (SCWB).

Integrasi *Building Information Modeling* (BIM) menggunakan Autodesk Revit 2025 mendukung visualisasi detail penulangan, deteksi potensi *clashing*, serta menghasilkan *Quantity Take-Off* (QTO) yang akurat sehingga meningkatkan efisiensi proses perencanaan dan estimasi material.

Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa pendekatan redesain bangunan eksisting dapat menjadi alternatif pengembangan hunian vertikal pada kawasan perkotaan yang memiliki keterbatasan lahan. Kombinasi sistem ganda dan BIM memberikan solusi yang andal, aman terhadap beban gempa, serta mendukung pembangunan hunian yang lebih berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alim, A. N., & Prayogi, A. J. (2022). *Redesain gedung hotel 12 lantai (Studi pada Gedung SkySuites Soho Kedung Baruk Surabaya) [Tugas Akhir, Universitas Islam Sultan Agung]*. <https://repository.unissula.ac.id/25547/>.
- Anggreini, N. S., & Machmoed, S. P. (2024). Perencanaan struktur beton bertulang gedung Hotel Delmare 10 lantai tahan gempa dengan Sistem ganda di Kota Mataram. *Axial: Jurnal Rekayasa dan Manajemen Konstruksi*, 12(1), 11–22. <https://doi.org/10.30742/axial.v12i1.3371>
- Anwar, B. (2020). Perencanaan Ulang Struktur Gedung Hotel Golden Tulip dengan Portal Baja Beton Komposit “Encased Composite Members.” *Universitas Muhammadiyah Mataram*.
- Autodesk. (2025). *Building information modeling*. <https://www.autodesk.com/solutions/aec/bim>
- Badan Standardisasi Nasional. (2019a). SNI 1726:2019: Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung. Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019b). SNI 2847:2019: Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasan. Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2020). SNI 1727:2020: Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan

- gedung dan struktur lain. Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2024). SNI 2052:2024: Baja tulangan beton. Badan Standardisasi Nasional.
- Damayanti, D. A. (2022). Perancangan ulang struktur Gedung Kantor Pemerintahan Terpadu Kabupaten Brebes [Tugas Akhir, Universitas Islam Sultan Agung]. <https://repository.unissula.ac.id/28445/>.
- Darmawan, A. F., & Pratama, B. J. (2022). Struktur atas Gedung A rumah susun Politeknik Pekerjaan Umum (PU) [Tugas Akhir, Universitas Islam Sultan Agung]. <https://repository.unissula.ac.id/28478/>.
- Gumelar, R. A., & Pribadi, T. D. (2023). Perencanaan ulang struktur atas bangunan gedung 8 lantai Direktorat Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) Semarang berdasarkan SNI 2847 tahun 2019 [Tugas Akhir, Universitas Islam Sultan Agung]. <https://repository.unissula.ac.id/32551/>.
- Kemenkeu. (2023). Proposal Pemenuhan Kebutuhan Hunian Bersama di Lingkungan Kementerian Keuangan Tahap II.
- Lilik, J. S., & Setiawan, P. (2022). Redesain struktur gedung 10 lantai (Studi pada struktur Gedung Amaris Madiun) [Tugas Akhir, Universitas Islam Sultan Agung]. <http://repository.unissula.ac.id/25636/>
- Machmoed, S. P., & Dewi, F. P. S. (2023). Perencanaan struktur gedung apartemen "Niscala" beton bertulang 10 lantai dengan menggunakan sistem ganda di Kota Surabaya. *Axial: Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Konstruksi*, 11(3), 149–160.
- Mahardika, D. (2025). Implementasi Building Information Modeling (BIM) dalam analisis struktur Rumah Susun Negara Kementerian Keuangan Jakarta Gedung A menggunakan Autodesk Robot Structural Analysis Professional dan Autodesk Revit [Skripsi, Jakarta Global University]. <https://digilib.jgu.ac.id/>.
- Mulyono, T. (2021). Mekanika Tanah (Kepadatan Tanah, CPT dan SPT) Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta. Perpustakaan Nasional RI.
- Naufal, M. A. (2022). Perencanaan Struktur Bangunan Gedung Mall Lima Lantai di Kabupaten Semarang. <https://eskripsi.usm.ac.id/files/skripsi/C11A/2018/C.131.18.0089/C.131.18.0089-15-File-Komplit-20220825072219.pdf>
- Nhisysya, A., & Machmoed, S. P. (2023). Perencanaan Ulang Struktur Hotel Ayblue Makassar 10 Tingkat Tahan Gempa Menggunakan Sistem Ganda. *Axial: Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Konstruksi*, 11(3), 173. <https://doi.org/10.30742/axial.v11i3.3391>
- Octavia, D. M., Yunas, B., Alius, M., & Zayu, W. P. (2025). Perancangan Struktur Gedung Kantor Universitas Adzkia Kota Padang Dengan Sistem Ganda Sesuai Sni Gempa 1726:2019. *Axial: Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Konstruksi*, 13(2), 220–231. <https://doi.org/10.30742/axial.v13i2.4757>
- Pradhani, L. D., & Rizky, M. (2022). *Perbandingan sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK) dan sistem ganda pada struktur gedung apartemen 15 lantai [Tugas Akhir, Universitas Islam Sultan Agung]*. <https://repository.unissula.ac.id/25639/>.
- Prainka, I., & Mukti, T. P. (2023). *Perancangan Ulang Struktur Gedung Rumah Sakit 4 Lantai Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus*. [Tugas Akhir, Universitas Islam Sultan Agung]. http://repository.unissula.ac.id/32519/%0Ahttp://repository.unissula.ac.id/32519/2/30201900251_fullpdf.pdf
- Prastio, P. S. B. (2025). Analisis struktur pembangunan gedung bertingkat 16 lantai menggunakan Software ETABS V.21 (Green Rusun Jagakarsa, Jakarta Selatan). 21.
- Primadana, I. D., & Anwar, K. (2021). Tugas akhir studi perencanaan struktur atas bangunan tahan gempa menggunakan kolom dan dinding geser dengan sistem srpmk.
- Putra, R. B. A., & Budiyanto, S. (2022). Redesain struktur gedung dua belas lantai berdasarkan SNI 1726-2019 (Studi pada struktur Gedung FT-MIPA UNIMUS Semarang) [Tugas Akhir, Universitas Islam Sultan Agung]. <http://repository.unissula.ac.id/25699/>
- Putri, A. N., Supardi, I., & Rahmasari, P. (2025). Perancangan Struktur Beton Bertulang Gedung Hotel *Green Hexa* 9 Lantai Tahan Gempa Dengan Menggunakan Sistem Ganda di Kota Pontianak Design of Reinforced Concrete Structure for The Earthquake-Resistant 9-Story Green Hexa Hotel Using a Dual System in Pontia. 1, 31–40.
- Rahmat, S., Pandaleke, R. E., & Handono, B. D. (2023). Perencanaan Struktur Rumah Susun Penghargaan Kota Manado Menggunakan Metode Beton Pracetak Dengan Sistem Ganda. *Jurnal Tekno*, 21(85), 1094–1104.
- Rahmatulloh, D., & Suprpto, B. (2025). Studi Alternatif Perencanaan Gedung Bertingkat Dengan Metode Sistem Ganda (*Dual System*) Pada Gedung Rehabilitasi Medik Terpadu Dan Manajemen Rumah Sakit Saiful Anwar Kota Malang. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 246(1), 1–8.
- Rahmi, Y. (2022). Analisis Perencanaan Dinding Geser Berdasarkan Perbandingan Tipe Dinding Geser (Studi Kasus : Gedung Keuangan Banda Aceh). *Jurnal Teknik Sipil - Macca*, VOL.8(NO.1), 22–29.
- Ristaningrum. (2020). Perencanaan struktur gedung perkantoran delapan (8) lantai di Kota Semarang.
- Riyadi, M. A. K., & Yusmanto, A. R. (2022). Perencanaan struktur bangunan lima lantai gedung wisma.
- Riza, M. M. (2024). Modul ETABS 2024. *Teknik Sipil*.
- Rizki Falah, A. M., Ramadhansyah Pulungan, A. P., Anggraini, I., & Sasongko, H. W. (2025). Perencanaan struktur

- beton bertulang pada gedung sewa perkantoran 7 lantai tahan gempa dengan sistem ganda di Jalan Jendral Ahmad Yani Kota Pontianak. *Construction and Material Journal*, 7(1), 51–64. <https://doi.org/10.32722/cmj.v7i1.7203>
- Salsabiel, S. H., & Shofyansyah, S. M. (2023). Perancangan ulang struktur atas Gedung Pendidikan 8 lantai di Gunungpati Semarang [Tugas Akhir, Universitas Islam Sultan Agung].
- Stella, C. M., Lestyowati, Y., & Elvira. (2024). Perancangan gedung apartemen beton bertulang 10 lantai dengan sistem ganda di medan 1). *JeLAST: Jurnal Teknik Kelautan, PWK, Sipil, Dan Tambang*, 11(1), 1–10.
- Supiansyah, A., Rutama, D., & Sari, R. N. (2024). *Implementasi Building Information Modelling dalam Perencanaan Struktur Gedung Kampus Jakarta Global University Kota Depok*. 11(2), 95–104. <https://doi.org/10.21063/JTS.2024.V1102.095-104>
- Susilo, A. B., & Didiek, F. P. (2023). Perencanaan Struktur Gedung Tahan Gempa Menggunakan Metode Sistem Ganda (Dual System) Pada Studi Kasus Rusun Pik-Pulo Gadung. *Journal of Social Science Research*, 3(5), 71–84.
- Wicaksono, A., & Musyafaq, A. (2023). Studi ketidakberaturan torsi pada redesain struktur gedung 7 lantai dengan sistem ganda berdasarkan SNI 1726:2019. *Journal of Engineering Research*, 10(1), 35–45.
- Winita, A., & Darmini. (2021). Perencanaan struktur atas apartemen tower 35 lantai dengan kombinasi framing system (sistem rangka pemikul momen khusus dan ganda). *Jurnal Tera*, 1(1), 11–27.
- Zulkarnaen, L. V., Rosanti, I., & Ariyansyah, R. (2021). Analisis struktur gedung tahan gempa dengan metode sistem ganda (dual system) sering terkena bencana alam yaitu gempa didesain 2020 (Tentang beban minimum). *Teknik Sipil*, 3(3).