

## **Analisis Struktur Pembangunan Gedung Bertingkat 16 Lantai Menggunakan *Software Etabs V.21* pada Green Rusun Jagakarsa, Jakarta Selatan**

**Panca Susilo Budi Prastio\*, Dedy Rutama, Arief Subagyo**

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

---

### **ARTICLE INFO**

#### **Kata Kunci:**

Analisis Struktur, ETABS V.21, Beban Gempa, SNI 1726:2019., Autodesk Revit 2026, Penerapan Modeling Bangunan.

#### **\*Correspondence email:**

pancasusilo17@gmail.com

**Submitted:** 03 Oktober 2025

**Revised:** 03 Februari 2026

**Accepted:** 04 Februari 2026

**Published:** 06 Februari 2026

### **ABSTRAK**

Perkembangan pesat di kawasan perkotaan, terutama di Jakarta Selatan, menyebabkan meningkatnya kebutuhan akan hunian vertikal yang aman, nyaman, dan efisien secara ruang. Salah satu solusi untuk memenuhi kebutuhan tersebut adalah pembangunan *Green Rusun Jagakarsa*, yang dirancang sebagai hunian berkelanjutan dengan penerapan teknologi *Building Information Modeling* (BIM). Dalam konteks pembangunan gedung bertingkat tinggi, analisis struktur menjadi aspek yang sangat krusial guna memastikan ketahanan terhadap berbagai jenis beban, terutama beban lateral akibat gempa bumi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis desain struktur gedung 16 lantai *Green Rusun Jagakarsa* menggunakan perangkat lunak ETABS V.21 dengan metode analisis statik ekuivalen dan analisis dinamik (*response spectrum*). Pemodelan struktur dilakukan menggunakan *Autodesk Revit 2026* untuk menghasilkan elemen-elemen bangunan yang akurat sebelum dianalisis dengan ETABS. Evaluasi dilakukan terhadap parameter penting seperti *displacement*, *interstory drift*, *base shear*, serta kesesuaian terhadap ketentuan SNI 1726:2019 dan SNI 2847:2019. Hasil analisis menunjukkan bahwa mode pertama memiliki periode getar 2,856 detik dengan partisipasi massa 79,29% pada arah X dan mencapai 91,08% pada arah Y hingga mode ke-12. Tidak ditemukan ketidakberaturan horizontal yang signifikan, meskipun terdapat ketidakberaturan vertikal tipe V.3 pada lantai dasar. Secara keseluruhan, struktur gedung dinyatakan stabil, kuat, dan memenuhi standar perencanaan tahan gempa. Kesimpulannya, penggunaan ETABS dan Revit terbukti efektif untuk menghasilkan desain struktur yang akurat, efisien, dan sesuai standar nasional sebagai acuan dalam perencanaan proyek konstruksi vertikal di wilayah rawan gempa.

---

### **ABSTRACT**

#### **Keywords:**

Structural Analysis, ETABS V.21, Earthquake Loads, SNI 1726:2019., Autodesk Revit 2026, Application of Building Modeling.

*Rapid development in urban areas, especially in South Jakarta, has led to an increased need for safe, comfortable, and space-efficient vertical housing. One solution to meet this need is the construction of Green Rusun Jagakarsa, which is designed as sustainable housing with the application of Building Information Modeling (BIM) technology. In the context of high-rise building construction, structural analysis is a crucial aspect to ensure resistance to various types of loads, especially lateral loads caused by earthquakes. This study aims to analyze the structural design of the 16-story Green Rusun Jagakarsa building using ETABS V.21 software with equivalent static analysis and dynamic analysis (response spectrum) methods. Structural modeling was performed using Autodesk Revit 2026 to produce accurate building elements before analysis with ETABS. Evaluations were conducted on important parameters such as displacement, interstory drift, base shear, and compliance with SNI 1726:2019 and SNI 2847:2019 regulations. The analysis results show that the first mode has a vibration period of 2.856 seconds with a mass participation of 79.29% in the X direction and reaching 91.08% in the Y direction up to the 12th mode. No significant horizontal irregularities were found, although there was a V.3 type vertical irregularity on the ground floor. Overall, the building structure is declared stable, strong, and meets earthquake-resistant planning standards. In conclusion, the use of ETABS and Revit has proven effective in producing accurate, efficient structural designs that comply with national standards as a reference in planning vertical construction projects in earthquake-prone areas.*

---

### **PENDAHULUAN**

Pembangunan Rumah Susun Jagakarsa di Jakarta Selatan merupakan respons terhadap tantangan urbanisasi yang mendesak kebutuhan akan hunian vertikal yang layak dan terjangkau bagi warga, sejalan dengan visi pembangunan berkelanjutan (Putra et al., 2024). Untuk mencapai tujuan ini, proyek memanfaatkan teknologi Building Information Modeling (BIM) melalui perangkat lunak Revit, yang berperan penting dalam perencanaan dan pembangunan. Revit memungkinkan pembuatan model tiga dimensi yang detail untuk visualisasi, mempermudah analisis, serta

meningkatkan koordinasi yang efisien antar berbagai disiplin ilmu (struktur, MEP, HVAC). Kemampuan integrasi Revit memungkinkan identifikasi dan penyelesaian potensi masalah lebih awal, secara signifikan mengurangi kesalahan desain dan ketidaksesuaian saat pelaksanaan di lapangan (Anjani et al., 2022; Fonseca Arenas & Shafique, 2023).

Selain itu, Revit juga memfasilitasi kolaborasi antara berbagai pihak yang terlibat dalam proyek, termasuk arsitek, insinyur dan kontraktor. Dengan adanya *platform* terintegrasi yang memungkinkan pembaruan informasi desain secara *real time*, setiap perubahan yang dilakukan dapat langsung diketahui oleh seluruh tim, sehingga meningkatkan koordinasi dan meminimalkan kemungkinan kesalahan komunikasi (Supiansyah et al., 2024; Tanne et al., 2025a). Hal demikian tidak hanya memastikan kelancaran jalannya proyek pembangunan Rumah Susun Jagakarsa, tetapi juga mendukung pencapaian tenggat waktu yang telah ditentukan serta memastikan bahwa proyek tersebut memenuhi standar kualitas yang diharapkan. Selain itu, penggunaan Revit dalam proyek sebagai penerapan prinsip pembangunan berkelanjutan, karena teknologi tersebut memungkinkan pengelolaan sumber daya dengan lebih efisien, pengurangan limbah dan penggunaan material yang ramah lingkungan (Silitonga et al., 2024; Telaga, 2022).

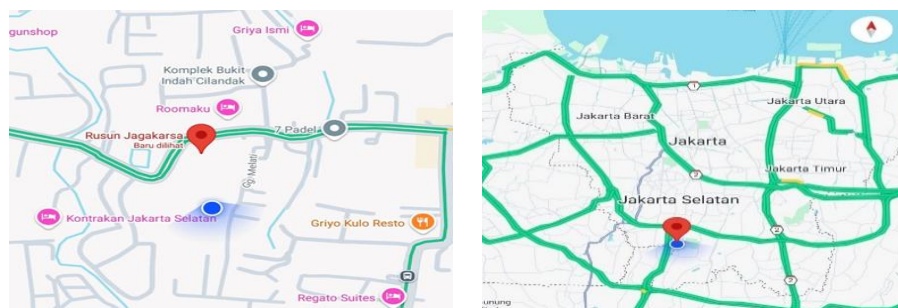
Sebagai proyek perumahan berbasis vertikal, Rumah Susun Jagakarsa memiliki kompleksitas perencanaan yang membutuhkan pendekatan teknis yang cermat. Lokasi pembangunan terletak di lokasi rawan bencana gempa bumi, sehingga desain struktur bangunan wajib memenuhi standar keselamatan nasional, seperti yang diatur dalam SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung dan Non-Gedung. Standar tersebut memberikan panduan penting terkait perencanaan struktur bangunan sehingga memiliki kekuatan menahan beban lateral akibat gempa, sekaligus memastikan keamanan penghuni dalam jangka panjang. SNI 1726-2002 (Tanne et al., 2025b). Rencana Kerja dan Syarat Teknis proyek Rumah Susun Jagakarsa menjadi pedoman kunci dalam perencanaan dan pelaksanaan, mengharuskan desain elemen struktural seperti pondasi, kolom, balok, dan pelat lantai dirancang untuk transfer beban yang efisien dan stabil, serta penggunaan material yang wajib memenuhi standar seperti SNI 2847:2019 (Persyaratan Beton Struktural) (Ayuddin, 2024; Rani et al., 2023)). Untuk menjamin bangunan mampu bertahan dalam berbagai kondisi, termasuk menahan gaya gempa, proyek ini mengadopsi teknologi modern seperti perangkat lunak ETABS. ETABS memungkinkan simulasi beban struktural (gravitasi dan lateral) secara rinci, visualisasi perilaku struktur 3D, dan analisis respons gempa berdasarkan parameter lokal seperti Peak Ground Acceleration (PGA) Jakarta Selatan, mempermudah identifikasi kelemahan desain (IPM et al., 2022; Roy & Firdaus, 2020a). Perencanaan struktur yang cermat dan teliti ini sangat penting untuk bangunan beton bertulang bertingkat banyak agar dapat memenuhi kriteria vital kekuatan (*strength*), kenyamanan (*serviceability*), keselamatan (*safety*), dan umur rencana bangunan (*durability*) (Hartono, 1999).

Salah satu pertimbangan dalam perencanaan pembangunan gedung adalah kemampuan struktur untuk menahan gaya lateral yang disebabkan oleh gempa bumi (Pangestuti et al., 2025). Ketidakmampuan struktur memikul beban gempa akan mengakibatkan terjadinya kerusakan pada bangunan (Sutjipto et al., 2023). Oleh karena itu diperlukan struktur yang kuat untuk memikul beban struktur dan menahan gaya yang ditimbulkan oleh gempa bumi. Tujuan utama Rumah Susun Jagakarsa adalah menyediakan hunian vertikal yang layak dan terjangkau di Jakarta Selatan, mendukung pembangunan berkelanjutan. Proyek ini memanfaatkan BIM (Revit) untuk pemodelan 3D, koordinasi desain, dan efisiensi, serta ETABS untuk analisis struktur dan ketahanan gempa sesuai SNI 1726:2019 (Handayani et al., n.d.; Syarif et al., 2023). Intinya, proyek ini bertujuan menjamin keselamatan, kualitas konstruksi, dan efisiensi dalam memenuhi kebutuhan perumahan masyarakat (Roy & Firdaus, 2020b; Suwondo et al., 2022).

## METODE

### Deskrip Penelitian

Penelitian berfokus pada Pembangunan Gedung Rumah Susun Green Jagakarsa Tower A yang terletak di Jl. Margasatwa RT 011 RW 002, Pondok Labu, Kec. Jagakarsa, Kota Jakarta Selatan.



**Gambar 1.** Lokasi Global Jakarta

(Sumber: *Google Maps 2025*)

## **Pendekatan Kasus**

Penelitian ini berlandaskan pada pendekatan studi kasus pada proyek Rumah Susun Green Jagakarsa sebagai objek penelitian. Data dikumpulkan dari dokumen proyek, perangkat pendukung, Perangkat Lunak Software ETABS V.21 dan wawancara dengan kordinator lapangan, pelaksana dan tim perencana.

## **Tahapan Penelitian**

Proses dimulai dengan pengumpulan data perencanaan, data gedung, peraturan, dan tinjauan literatur jurnal terkait. Setelah semua data terkumpul, data tersebut diolah untuk menentukan sistem struktur yang akan digunakan pada setiap komponen struktur. Selanjutnya, dilakukan Integrasi dan permodelan pada gambar rencana ke program *Software ETABS V.21*. Setelah itu dilakukan penginputan pembebanan struktur serta analisis struktur. Berdasarkan analisis struktur, struktur bangunan telah diverifikasi untuk memenuhi persyaratan kekuatan terhadap kombinasi beban ultimit yang telah ditetapkan sesuai dengan desain. Oleh karena itu, perhitungan beban pada struktur harus mengikuti persyaratan minimum sebagaimana diatur dalam SNI 1726:2019 adalah Standar Nasional Indonesia yang mengatur tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non-gedung, dan lantai, partisipasi massa yang bekerja pada struktur harus melebihi 90%, gaya seismik terhadap rangka pemikul momen khusus setidaknya 25%, periode getar struktur, dan nilai akhir respon spektrum ( $V_t$ ) harus  $> 85\%$  dari nilai gaya geser dasar (Syarif et al., 2023). Jika hasil dari control ETABS tidak sesuai, maka proses perencanaan harus diulang dari tahap penginputan pembebanan. Jika hasil sudah sesuai dengan SNI 1726:2019 adalah Standar Nasional Indonesia yang mengatur tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non-gedung., semua proses selesai, dilakukan penarikan kesimpulan dan pemberian saran untuk perencanaan struktur Gedung Rumah Susun Jagakarsa.

Tahapan analisis struktur untuk bangunan hijau bertingkat 16 lantai dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak ETABS v21 yang dimulai dengan pengumpulan data, seperti gambar rencana struktur, hasil penyelidikan tanah, serta literatur yang mendukung. Data-data tersebut dijadikan dasar untuk tahap desain awal (*preliminary design*) yang kemudian diproses melalui perangkat lunak ETABS untuk menghasilkan model struktur yang sesuai. Setelah itu, model struktur tersebut menggunakan berbagai jenis beban, termasuk beban mati, beban hidup, beban angin dan beban gempa, guna mensimulasikan kondisi operasional dan situasional yang mungkin terjadi. Proses analisis struktur dilakukan dengan tetap memperhatikan dan mematuhi ketentuan yang tercantum dalam Standar Nasional Indonesia (SNI) yang bertujuan untuk menjamin keamanan, stabilitas dan ketahanan dari bangunan terhadap berbagai beban yang ada, serta memastikan bahwa bangunan tersebut memenuhi kriteria teknis yang diperlukan untuk keselamatan penghuni fungsi bangunan dalam kondisi ekstrem.

## **Alat dan Bahan Penelitian**

Penelitian ini membutuhkan berbagai alat dan bahan yang mendukung proses analisis dan perencanaan struktur Rumah Susun Jagakarsa. Alat utama yang digunakan adalah seperangkat laptop dan program software ETABS dan catatan, yang berfungsi untuk membuat model struktur gedung bertingkat, mensimulasikan beban, serta menganalisis respons struktur terhadap berbagai jenis beban. Komputer atau laptop dengan spesifikasi yang memadai juga diperlukan untuk menjalankan perangkat lunak ini, terutama untuk pemrosesan simulasi struktur tiga dimensi yang memerlukan kapasitas komputasi tinggi. Selain itu, perangkat tambahan seperti spreadsheet digunakan untuk mencatat, mengolah, dan menganalisis data hasil simulasi. Data percepatan tanah maksimum *Piek Ground Acceleration* (PGA) untuk wilayah Jakarta Selatan yang diperoleh dari dokumen teknis digunakan sebagai salah satu input dalam simulasi. Dokumentasi hasil simulasi dilakukan menggunakan tangkapan layar atau aplikasi pendukung untuk merekam hasil analisis secara visual.

Bahan penelitian meliputi data dimensi struktur, seperti ukuran kolom, balok, pelat lantai, dan dinding geser, yang diperoleh dari dokumen teknis proyek Rumah Susun Jagakarsa. Data spesifikasi material beton mutu  $K 350 \text{ kg/cm}^2$  juga menjadi bahan penting dalam penelitian ini, karena digunakan dalam simulasi struktur. Selain itu, penelitian ini mengacu pada berbagai standar peraturan seperti SNI 1726:2019 tentang Ketahanan Gempa, SNI 2847:2019 tentang Beton Struktural, dan SNI 1727:2020 tentang Beban Minimum (Syarif et al., 2023). Dokumen teknis proyek, termasuk *Rencana Kerja dan Syarat Teknis (RKS)* serta gambar teknis, menjadi acuan utama dalam menentukan parameter desain dan beban yang digunakan dalam simulasi. Analisis dilakukan pada beban mati, beban hidup, dan beban lateral, yang diolah sesuai spesifikasi dalam dokumen proyek. Dengan kombinasi alat dan bahan dalam penggunaannya, harapannya penelitian ini bisa menghasilkan analisis yang akurat serta mendukung tujuan perencanaan struktur Rumah Susun Jagakarsa.

## **HASIL**

### **Analisis Struktur Atas Pembebanan Struktur**

Dalam proses perencanaan struktur atas bangunan, beban merupakan salah satu faktor utama yang mempengaruhi desain elemen-elemen struktur. Secara umum, pembebanan terdiri atas beban mati sendiri (*dead load*) yang sudah diketahui secara otomatis di program ETABS. Selain beban mati utama, struktur juga menerima beban mati tambahan (*super dead load*).

Berdasarkan fungsi bangunan rumah hunian, beban hidup yang digunakan mengacu pada SNI 1727:2020 adalah Standar Nasional Indonesia yang mengatur tentang "Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain". yaitu sebesar  $2.4 \text{ kN/m}^2$ , dan  $0.96 \text{ kN/m}^2$  untuk atap.

### Parameter Model Struktur

Penerapan reduksi momen inersia dilakukan dengan membandingkan momen inersia efektif terhadap kondisi gross penampang guna merepresentasikan perilaku retak dan ketidaklinieran material beton bertulang. Pelat dimodelkan sebagai elemen shell dengan momen inersia efektif sebesar 0,25 yang diterapkan baik pada kekakuan membran (F) maupun kekakuan lentur (M). Balok dimodelkan sebagai elemen balok berbentuk persegi dengan asumsi bahwa sebelum berinteraksi dengan pelat, balok telah memiliki kontribusi kekakuan yang memadai, sehingga nilai momen inersia efektif yang digunakan adalah 0,35. Kolom dimodelkan menggunakan momen inersia efektif sebesar 0,7 untuk merefleksikan perannya sebagai elemen utama penahan beban aksial dan lateral. Sementara itu, dinding geser beton direpresentasikan sebagai elemen shell dengan momen inersia efektif sebesar 0,7 untuk kekakuan membran dan 0,1 untuk kekakuan lentur, yang mencerminkan dominasi mekanisme geser dibandingkan perilaku lenturnya dalam sistem struktur.

### Asumsi Model Struktur

Dalam analisis struktur yang mempertimbangkan beban gempa, elemen diafragma struktur dimodelkan sebagai seismik *semi-rigid diaphragm* karena struktur termasuk ke dalam kategori seismik D. Nilai faktor redundansi ( $\gamma$ ) sebesar 1,0 yang diterapkan dalam seluruh kombinasi pembebanan untuk analisis struktur atas. Kekakuan sambungan pada model struktur diakomodasi melalui parameter *rigid zone factor* menggunakan perangkat lunak ETABS dan Revit. Nilai faktor ini ditentukan sebesar 1.0 untuk kolom, dan 0.75 untuk balok.

### Analisis Struktur 3 Dimensi

#### Kurva Respon Spektrum

Grafik respon spektra didapati dari lokasi wilayah yaitu Jakarta, dengan nilai  $S_s$  dan  $S_1$  masing-masing sebesar 0.7806 g dan 0.3823 g.  $F_a$  dan  $F_v$  sebesar 1.08776, 1.8177 (sumber RSA Ciptakarya).

$$\begin{aligned} SMS &= S_s \times F_a \\ &= 0.7806 \times 0.849 \\ &= 0.849105456 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SM1 &= S_1 \times F_v \\ &= 0.3823 \times 1.8177 \\ &= 0.69490671 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Sd_s &= 2/3 \times SMS \\ &= 2/3 \times 0.849105456 \text{ g} \\ &= 0.566070304 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Sd_1 &= 2/3 \times SM1 \\ &= 2/3 \times 0.69490671 \\ &= 0.46327114 \text{ g} \end{aligned}$$

Untuk grafik respon spektrum desain dibuat manual dengan bantuan program Ms. Excel dan berikut uraiannya

$$S_a = \gamma ; S_{aTL} =$$

### Periode Getar Fundamental Mode 1 dan Mode 2

1. Periode getar  $T_c$
2. Partisipasi Massa  $>90\%$
3. Pola ragam gerak = dominan dalam translasi pada mode 1 dan mode 2

### Check Model

Untuk dapat mendapatkan output yang komprehensif langkah yang harus dilakukan ialah mengecek *warning* di Etabs dan didapati bahwa model tidak ada yang mengalami *warning*.

### Periode Getar Struktur

Berdasarkan hasil analisis modal yang ditampilkan pada tabel, diketahui bahwa mode getar pertama memiliki periode dominan sebesar 2,856 detik dengan partisipasi massa arah X (UX) mencapai 0,7929 atau 79,29%, menunjukkan

bahwa respons utama struktur terjadi pada arah X. Sementara itu, partisipasi massa pada arah Y (UY) mulai signifikan pada mode kedua dengan nilai 0,6885 atau 68,85%, yang kemudian meningkat secara kumulatif hingga mencapai 91,08% pada mode ke-12. Sedangkan pada arah vertikal (UZ), partisipasi massa sangat kecil dan tidak signifikan. Nilai kumulatif partisipasi massa telah memenuhi syarat minimum 90% sesuai ketentuan analisis dinamik pada SNI 1726:2019, baik untuk arah X maupun Y, sehingga dapat disimpulkan bahwa jumlah mode yang digunakan sudah mencukupi untuk merepresentasikan respons dinamik struktur secara memadai. Efek dari kondisi ini terhadap desain adalah perlunya perhatian lebih pada detailing dan penguatan elemen struktur yang bekerja di arah X, karena beban inersia akibat gempa akan cenderung lebih besar pada arah tersebut.

**Tabel 1.** Periode Getar Struktur dan Mode Shape

Case	Mode	Periode	Ux	Uy	Rz	Sum Ux	Sum Uy	Sum Uz
Modal	1	2.856	0.7929	0	0	0.7929	0	0
Modal	2	1.665	0	0.6885	0.0004	0.7929	0.6885	0
Modal	3	1.387	0.000001	0.0003	0.6796	0.7929	0.6888	0
Modal	4	0.897	0.0996	0	0	0.8925	0.6888	0
Modal	5	0.487	0.0411	0	0	0.9336	0.6888	0
Modal	6	0.424	0	0.1641	0.000002666	0.9336	0.853	0
Modal	7	0.313	0.000001218	0	0.1782	0.9336	0.853	0
Modal	8	0.308	0.0232	0	0.000006147	0.9568	0.853	0
Modal	9	0.264	0	0.0315	0	0.9568	0.8845	0
Modal	10	0.234	0	0.0001	0	0.9568	0.8846	0
Modal	11	0.211	0.0148	0	0	0.9716	0.8846	0
Modal	12	0.202	0	0.0262	0.00002176	0.9716	0.9108	0

Sumber: Data Olahan, 2025

Karena periode struktur arah x dan y berurutan sebesar 2.856 s, dan 1.665 s.

$$Cu = 1.4, \quad Ct = 0.0466, \quad x = 0.9$$

$$h = 55.7 \text{ m}, \quad Ta = Ct \times h^x$$

$$= 0.0466 \times 55.7^{0.9} = 1.7364 \text{ s},$$

$$Ta_{max} = Cu \times Ta$$

$$= 1.4 \times 1.7364 \text{ s}$$

$$= 2.431 \text{ s}$$

$$\text{Karena } T_{max} < T_{cx} = T_{x,pakai} = 2.431 \text{ s, dan } T_{cy} < T_{max} = T_{y,pakai} = 1.665 \text{ s}$$

### Simpangan Antar Lantai (*Interstory Drift*)

Perhitungan simpangan antar lantai ( $\Delta t$ ) akibat gempa dilakukan mengacu pada ketentuan SNI 03-1726-2019 pasal 7.9.13. Rumus simpangan ini mempertimbangkan pengaruh dari faktor amplifikasi ( $C_d$ ), yang nilainya dapat ditemukan pada Tabel 1 dalam SNI 03-1726-2012 dan ditetapkan berdasarkan sistem struktur yang digunakan dalam desain bangunan.

Dalam analisis simpangan lateral yang terjadi akibat beban gempa, perlu diperhatikan bahwa struktur bangunan berada dalam kondisi retak, sehingga kekakuannya harus disesuaikan dengan kondisi tersebut. Sementara itu, simpangan antar lantai dihitung berdasarkan selisih perpindahan lateral antar tingkat, yang telah dikalikan dengan faktor  $C_d$  dan dinormalisasi terhadap tinggi antar lantai.

Adapun batas maksimum simpangan antar lantai mengacu pada pasal 7.12.1 dan Tabel 16 SNI 03-1726-2019. Untuk proyek pembangunan gedung rumah susun jagakarsa di Jakarta Selatan, nilai maksimum simpangan antar lantai tidak boleh melebihi 0,02 kali tinggi lantai ( $0.02 \text{ h}_{sx}/p$ ) untuk seluruh tingkat bangunan. Batas ini ditetapkan sesuai dengan pasal 7.3.4.2 SNI 03-1726-2019, dengan asumsi struktur masuk dalam kategori desain seismik D dan menggunakan nilai faktor redundansi  $\rho$  sebesar 1.0.

Hasil evaluasi terhadap simpangan antar lantai pada proyek pembangunan gedung rumah susun jagakarsa di Jakarta Selatan menunjukkan bahwa seluruh nilai simpangan yang diperoleh masih berada di bawah ambang batas yang ditentukan. Hal ini mengindikasikan bahwa struktur bangunan memiliki performa yang baik dan mampu merespons beban gempa sesuai kriteria desain.

### Ketidakteraturan Horizontal

Struktur bangunan harus diperiksa terhadap kemungkinan terjadinya ketidakberaturan horizontal sesuai ketentuan yang tercantum dalam Tabel 10 SNI 03-1726-2019 pasal 7.3.2.1. Ketidakberaturan horizontal ini merupakan salah satu

aspek penting dalam perancangan struktur tahan gempa, karena bangunan yang memiliki ketidakberaturan horizontal dapat mengalami perilaku dinamik yang tidak merata saat terjadi gempa, sehingga berpotensi meningkatkan risiko kerusakan lokal maupun keruntuhan sebagian struktur.

Secara umum, ketidakberaturan horizontal dapat diklasifikasikan menjadi lima kategori, yaitu:

1. Ketidakberaturan Torsi, yaitu ketidakseimbangan antara pusat massa dan pusat kekakuan, yang menyebabkan bangunan berputar saat menerima beban lateral gempa.
2. Ketidakberaturan Sudut Dalam, yang terjadi apabila perbedaan simpangan antar sisi bangunan terlalu besar.
3. Ketidakberaturan Diskontinuitas Diafragma, yaitu apabila lantai atau diafragma tidak memiliki kekakuan yang seragam.
4. Ketidakberaturan Pergeseran Melintang Terhadap Bidang, terjadi jika elemen-elemen struktur tidak sejajar dalam arah lateral.
5. Ketidakberaturan Sistem Non Paralel, yang disebabkan oleh elemen-elemen lateral penahan gaya gempa tidak tersusun secara sejajar.

Untuk memastikan bahwa bangunan yang direncanakan aman terhadap ketidakberaturan horizontal, dilakukan pengecekan torsi pada setiap lantai bangunan terhadap kategori 1a dan 1b sesuai kriteria yang ditetapkan oleh SNI. Hasil analisis ketidakberaturan horizontal bangunan Rumah Susun Jagarsa Jakarta ditunjukkan pada tabel di bawah ini. Berdasarkan hasil pengecekan, diperoleh bahwa bangunan ini tidak mengalami ketidakberaturan torsi baik pada arah X maupun Y di seluruh tingkat lantai, sehingga struktur dapat dinyatakan memenuhi persyaratan ketidakberaturan horizontal yang ditetapkan dalam standar.

### **Ketidakteraturan Vertikal**

Struktur bangunan harus dirancang dengan mempertimbangkan berbagai aspek kestabilan dan kekakuan untuk memastikan perilaku struktur yang aman saat menghadapi beban gempa. Salah satu aspek penting yang harus diperiksa dalam perancangan struktur tahan gempa adalah ketidakberaturan vertikal, yaitu kondisi di mana terdapat perbedaan signifikan dalam sifat mekanik atau geometri struktur pada ketinggian tertentu, yang dapat mempengaruhi respons dinamis bangunan saat terjadi gempa. Pemeriksaan terhadap ketidakberaturan vertikal ini telah diatur secara jelas dalam Tabel 11 SNI 03-1726-2019 pasal 7.3.2.1 yang berisi kriteria serta jenis-jenis ketidakberaturan vertikal yang wajib dipenuhi oleh struktur bangunan.

Ketidakteraturan vertikal terjadi apabila terdapat perbedaan yang signifikan pada kekakuan, massa, atau konfigurasi elemen struktur di antara lantai-lantai bangunan. Kondisi ini dapat menimbulkan konsentrasi gaya dalam jumlah besar pada lokasi tertentu, sehingga memperbesar risiko keruntuhan parsial maupun total saat bangunan menerima beban gempa. Oleh karena itu, pengujian terhadap ketidakberaturan vertikal menjadi salah satu langkah penting dalam proses evaluasi keamanan struktur.

Berdasarkan ketentuan yang berlaku, terdapat lima kategori utama ketidakberaturan vertikal, yaitu:

1. Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak  
Ketidakberaturan ini terjadi apabila suatu tingkat dalam bangunan memiliki kekakuan lateral yang jauh lebih kecil dibandingkan dengan tingkat-tingkat di atasnya. Tingkat lunak dapat mengakibatkan deformasi lateral berlebihan pada lantai tersebut saat menerima gaya gempa, sehingga meningkatkan potensi kerusakan lokal yang parah. Umumnya kondisi ini banyak dijumpai pada bangunan dengan lantai dasar yang memiliki bukaan lebar atau ruang terbuka tanpa dinding pengisi, seperti area parkir atau lobi.
2. Ketidakberaturan Berat (massa)  
Kategori ini muncul apabila distribusi massa antar tingkat dalam bangunan tidak seragam, terutama jika suatu tingkat memiliki massa jauh lebih besar dibandingkan tingkat lainnya. Ketidakseimbangan massa ini dapat menyebabkan peningkatan gaya inersia saat gempa, yang kemudian berpotensi menghasilkan gaya lateral berlebihan dan konsentrasi momen pada elemen-elemen struktur tertentu.
3. Ketidakberaturan Geometri Vertikal  
Ketidakberaturan ini berkaitan dengan perubahan konfigurasi elemen struktural dalam arah vertikal bangunan. Misalnya, jika suatu tingkat memiliki luas bidang lantai, penampang kolom, atau elemen vertikal penahan gempa yang jauh berbeda dibandingkan dengan tingkat di atas atau di bawahnya, maka akan terjadi ketidakberaturan geometri. Hal ini menyebabkan distribusi beban gempa menjadi tidak merata sepanjang ketinggian bangunan.
4. Diskontinuitas Arah Bidang dalam Ketidakberaturan Elemen Penahan Gaya Lateral Vertikal  
Kategori ini terjadi apabila jalur penyaluran gaya lateral dari lantai atas ke bawah mengalami gangguan atau perubahan arah akibat tidak adanya kesinambungan elemen penahan gaya lateral, seperti shear wall, bracing, atau kolom. Ketidakberaturan ini dapat menyebabkan distribusi gaya lateral menjadi tidak optimal dan mengurangi kapasitas struktur dalam menahan gempa.
5. Diskontinuitas dalam Ketidakberaturan Kuat Lateral Tingkat

Ketidakteraturan jenis ini terjadi apabila kapasitas kuat lateral suatu tingkat tidak sebanding dengan tingkat di atasnya. Kondisi ini dinyatakan tidak memenuhi syarat apabila rasio simpangan antar lantai akibat gaya gempa lateral desain melebihi batas nilai yang ditentukan oleh standar, yaitu 130% dari simpangan rata-rata antar lantai di atasnya.

Hasil evaluasi ketidakberaturan vertikal tingkat lunak pada struktur bangunan bertingkat berdasarkan nilai kekakuan (dalam satuan kN/m) untuk masing-masing lantai dalam arah X dan Y. Setiap lantai dari lantai 16 hingga lantai 1 diperiksa apakah mengalami penurunan kekakuan yang signifikan terhadap lantai di atasnya. Berdasarkan hasil tersebut, seluruh lantai mendapatkan status "OK" di kedua arah, yang menunjukkan bahwa tidak terdapat indikasi tingkat lunak (soft story) pada bangunan ini. Pola nilai kekakuan juga menunjukkan kecenderungan yang wajar, di mana kekakuan meningkat secara bertahap dari lantai atas ke lantai bawah, terutama pada lantai dasar yang memiliki nilai kekakuan tertinggi. Hal ini sesuai dengan karakteristik struktur bangunan bertingkat, di mana elemen-elemen struktur di bagian bawah dirancang lebih kaku untuk menahan akumulasi beban dari atas. Tidak ditemukan adanya penurunan kekakuan secara drastis antar lantai, yang biasanya menjadi indikator utama keberadaan soft story. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa struktur bangunan ini tidak mengalami ketidakberaturan vertikal tingkat lunak dan telah memenuhi persyaratan stabilitas sesuai standar desain struktur yang berlaku.

Hasil evaluasi ketidakberaturan geometri vertikal pada suatu struktur bangunan bertingkat berdasarkan parameter panjang (L) antar lantai dalam satuan meter. Evaluasi ini penting untuk menilai konsistensi konfigurasi vertikal dari suatu bangunan, di mana perubahan geometri yang signifikan antar lantai dapat menyebabkan ketidakstabilan struktural saat bangunan mengalami beban lateral, seperti gempa bumi.

Berdasarkan data tabel 1, terlihat bahwa dari lantai 16 hingga lantai 2, panjang antar lantai (L) adalah 320 meter secara konsisten, dan seluruh lantai tersebut mendapat status "OK". Ini menandakan bahwa pada bagian atas hingga mendekati dasar bangunan, tidak terdapat perubahan geometri vertikal yang mencolok—konfigurasi bangunan stabil, simetris, dan tidak mengandung risiko ketidakberaturan bentuk yang signifikan. Namun, lantai 1 menunjukkan anomali: nilai L-nya berubah menjadi 450 meter, berbeda jauh dibandingkan lantai-lantai di atasnya. Akibat perubahan ini, status verifikasi atau "Cek" lantai 1 ditandai sebagai "V.3", yang kemungkinan merujuk pada kategori ketidakberaturan geometri vertikal tipe ke-3 sesuai klasifikasi dalam standar perencanaan struktur bangunan (misalnya SNI 1726 atau UBC/IBC). Ketidakberaturan tipe ini umumnya mengacu pada perubahan dimensi vertikal atau offset horizontal yang signifikan, seperti adanya setback, overhang, atau perubahan bentuk struktur di lantai bawah yang tidak sejalan dengan lantai di atasnya. Perubahan nilai L dari 320 m menjadi 450 m ini merupakan peningkatan lebih dari 40%, yang cukup besar dan dapat menimbulkan masalah pada distribusi gaya dan respons dinamis struktur saat terjadi gempa. Lantai dasar dengan geometri berbeda dapat menyebabkan perilaku tidak seragam terhadap gaya lateral, yang pada akhirnya meningkatkan kerentanan terhadap keruntuhan lokal atau instabilitas struktur. Solusi yang disarankan untuk mengatasi ketidakberaturan geometri vertikal tersebut, berikut beberapa rekomendasi teknis:

1. Penyesuaian Kekakuan Elemen Struktur

Tambahkan shear wall atau core wall secara strategis di lantai yang memiliki simpangan besar.

2. Tingkatkan dimensi kolom atau ubah jenis material (misalnya mutu beton lebih tinggi) di lantai kritis untuk meningkatkan kekakuan.

3. Melakukan redesign lokal, yaitu analisis ulang dan perkuatan khusus pada lantai-lantai yang berkontribusi pada ketidakberaturan tersebut.

Evaluasi ketidakberaturan geometri vertikal berdasarkan parameter panjang antar lantai (L) dalam meter, dengan tujuan untuk menilai keteraturan vertikal struktur bangunan. Dari lantai 16 hingga lantai 2, panjang lantai konsisten berada pada nilai 320 meter, dan seluruhnya menunjukkan hasil "OK", yang mengindikasikan tidak adanya ketidakberaturan geometri pada sebagian besar bangunan. Namun, lantai 1 menunjukkan panjang yang berbeda secara signifikan, yakni sebesar 450 meter, dengan status "V.3" yang menunjukkan bahwa lantai tersebut mengalami ketidakberaturan geometri vertikal tipe ke-3. Perubahan ini terjadi bukan karena perubahan fungsi ruang, sehingga dapat diasumsikan bahwa perbedaan geometri tersebut lebih disebabkan oleh pertimbangan desain arsitektural dan struktural yang disengaja sejak awal, seperti keberadaan setback pada lantai-lantai atas, atau overhang struktur pada lantai dasar. Dengan kata lain, kemungkinan besar geometri bangunan memang dirancang melebar di lantai dasar untuk alasan tertentu—misalnya, untuk memberikan area bangunan yang lebih luas pada tingkat tanah demi memenuhi batas tapak atau garis sempadan jalan, atau untuk meningkatkan kestabilan struktur melalui distribusi massa yang lebih baik.

Secara struktural, perubahan ini mengindikasikan bahwa bentuk bangunan mengalami diskontinuitas geometri vertikal yang tidak proporsional, di mana terdapat pelebaran pada lantai dasar yang tidak dilanjutkan ke lantai-lantai di atasnya. Perubahan bentuk ini dapat menyebabkan terjadinya konsentrasi gaya di titik peralihan dimensi, yang dalam kondisi dinamis seperti gempa bumi berisiko menimbulkan respons lokal yang tidak diinginkan, seperti peningkatan gaya geser atau deformasi lateral berlebih di sambungan lantai. Meskipun hanya terjadi pada satu lantai, kondisi ini perlu diperhatikan secara serius, terutama dalam pemodelan analisis struktur. Kehadiran ketidakberaturan geometri vertikal tipe V.3 juga dapat berdampak pada respons dinamik bangunan secara keseluruhan, sehingga biasanya

diperlukan langkah mitigasi seperti penambahan elemen struktural pengaku (misalnya shear wall atau bracing) untuk menjaga kekakuan dan kontinuitas gaya antar lantai.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa ketidakberaturan geometri vertikal yang terjadi pada lantai 1 bukan disebabkan oleh fungsi ruang, melainkan oleh keputusan desain yang mengubah bentuk dasar bangunan agar melebar. Perubahan ini dikategorikan sebagai ketidakberaturan tipe V.3 dan meskipun hanya terjadi pada satu lantai, hal ini tetap memerlukan perhatian rekayasa lebih lanjut agar tidak mengganggu performa struktur secara keseluruhan dalam menghadapi beban lateral seperti gempa.

## **Analisa Elemen Struktur Atas**

### **Analisa Elemen Kolom Struktur**

Untuk kasus ini akan diambil salah satu sampel yaitu kolom K1. Berikut penjabarannya.

#### 1. Evaluasi Parameter Geometri dan Material

Dalam analisis detailing kolom struktur ini, digunakan dimensi kolom persegi dengan panjang/tinggi 3200 mm dan lebar 700 mm. Sisi pendek kolom memiliki dimensi 700 mm sedangkan sisi panjang mencapai 1000 mm. Untuk tulangan longitudinal, digunakan diameter 29 mm dengan tulangan sengkang berdiameter 13 mm. Selimut beton yang digunakan sebesar 40 mm untuk memenuhi persyaratan durabilitas struktur. Kuat tekan beton yang direncanakan adalah  $f_c' = 28$  MPa, sementara untuk kuat leleh tulangan longitudinal digunakan  $f_y = 420$  MPa dan tulangan transversal dengan  $f_y = 420$  MPa. Tinggi balok yang menumpu pada kolom ini adalah 500 mm dengan panjang tumpuan 2700 mm.

#### 2. Evaluasi Syarat Gaya dan Geometri

Berdasarkan persyaratan SNI 2847:2013 pasal 21.6.1, syarat gaya aksial yang diizinkan adalah  $P_u > 0,1 A_g f_c'$ . Dari hasil perhitungan, kondisi ini memenuhi persyaratan yang ditetapkan.

Untuk syarat dimensi penampang, mengacu pada SNI 2847:2013 pasal 21.6.1.1 dan SNI 2847:2019 pasal 18.7.2.1, dimensi terkecil penampang harus  $b \geq 300$  mm. Dengan dimensi kolom yang digunakan, persyaratan ini terpenuhi dengan baik.

Syarat rasio dimensi penampang juga telah dievaluasi sesuai pasal 21.6.1.2 dan 18.7.2.1, dimana rasio dimensi penampang tidak boleh kurang dari 0,4. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa rasio ini memenuhi kriteria yang dipersyaratkan.

#### 3. Persyaratan Tulangan Longitudinal

Dalam perencanaan tulangan longitudinal, digunakan jumlah tulangan sebanyak 26 batang dengan luas tulangan longitudinal total 17173,5 mm<sup>2</sup>. Rasio tulangan yang dihasilkan adalah  $A_s1 = (\rho * h)$ , dimana semua parameter ini telah memenuhi persyaratan minimum dan maksimum yang ditetapkan dalam standar.

Untuk pengecekan strong column - weak beam (SCWB), dilakukan evaluasi terhadap nilai  $\rho_{min}$  dan  $\rho_{max}$  sesuai dengan ketentuan pasal 21.6.3.1 dan 18.7.4.1. Persyaratan ini menyatakan bahwa  $1\% \leq \rho \leq 6\%$ , dan dari hasil perhitungan didapatkan bahwa rasio tulangan memenuhi batasan tersebut.

#### 4. Analisis Momen Nominal dan Kapasitas

Momen nominal kolom dihitung berdasarkan kondisi beban aksial yang bekerja. Untuk kondisi input dari kombinasi beban ( $M_n$  dari kondisi  $P_{min}$  dan  $P_{max}$ ), diperoleh nilai momen nominal sebesar 392,557 kN.m.

Kapasitas momen tumpuan balok yang menumpu pada kolom ini adalah  $M_{n+} = 245,442$  kN.m dan  $M_{n-} = 200,023$  kN.m. Untuk memenuhi konsep strong column weak beam, dilakukan pengecekan sesuai pasal 21.6.2.2 dan 18.7.3.2 dengan kriteria  $2 * M_{nc} \geq 1,2 * (M_{n+} + M_{n-})$ .

Dari hasil evaluasi, konsep strong column weak beam telah terpenuhi, yang menunjukkan bahwa kolom memiliki kapasitas yang cukup untuk menahan momen yang bekerja tanpa mengalami kegagalan lebih dulu dibandingkan balok yang menumpunya. Berdasarkan seluruh evaluasi yang telah dilakukan, desain kolom dengan dimensi dan penulangan yang direncanakan memenuhi semua persyaratan yang ditetapkan dalam SNI 2847:2013 dan SNI 2847:2019. Hal ini mencakup persyaratan geometri, rasio tulangan, kapasitas momen, dan konsep strong column weak beam yang merupakan prinsip fundamental dalam desain struktur tahan gempa. Detailing kolom ini dapat diimplementasikan dalam pelaksanaan konstruksi dengan keyakinan bahwa struktur akan mampu menahan beban-beban yang direncanakan sesuai dengan tingkat keamanan yang dipersyaratkan.

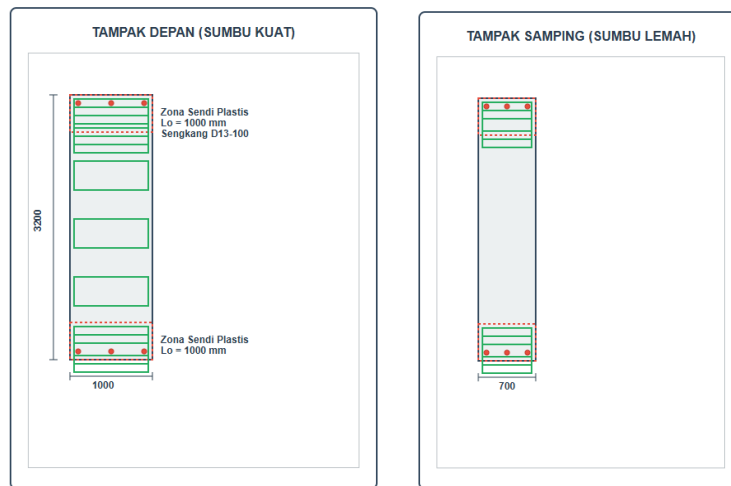
#### 5. Analisa Transversal

Pada zona luar sendi plastis, konfigurasi tulangan transversal dapat lebih ekonomis dengan 3 kaki pada sisi pendek dan 4 kaki pada sisi panjang. Spasi tulangan diperbesar menjadi 70 mm, masih memenuhi persyaratan untuk zona non-kritis.

Luas tulangan transversal yang dihasilkan berbeda untuk kedua arah: 398,197 mm<sup>2</sup> untuk sisi pendek dan 530,929 mm<sup>2</sup> untuk sisi panjang. Dengan spasi 70 mm, luas tulangan per satuan panjang menjadi 5,688 mm<sup>2</sup>/mm untuk sisi pendek dan 7,585 mm<sup>2</sup>/mm untuk sisi panjang.

#### 6. Kuat Geser Zona Luar Sendi Plastis

Gaya geser pada zona luar sendi plastis menggunakan hasil analisis struktur, yaitu 258.722 N untuk sumbu lemah dan 520.122 N untuk sumbu kuat. Nilai ini lebih kecil dibandingkan gaya geser desain pada zona sendi plastis. Untuk sumbu lemah, kuat geser beton (568.974 N) sudah mencukupi untuk menahan gaya geser yang bekerja, sehingga tidak diperlukan tulangan geser tambahan ( $V_s = 0$ ). Untuk sumbu kuat, diperlukan tulangan geser dengan kebutuhan 0,2714 mm<sup>2</sup>/mm. Luas tulangan transversal yang tersedia pada zona ini mampu memenuhi kebutuhan geser.



Gambar 9. Detailing Kolom Sumbu Kuat dan Detailing Kolom Tampak Samping



Gambar 10. Detailing Kolom Pot a, dan Pot b

## Analisa Elemen Struktur Balok

### 1. Distribusi Momen Lentur

Berdasarkan output dari etabs, didapat:

- Momen negatif tumpuan = -300.29 kNm
- Momen Positif Lapangan = +321.899 kNm
- Momen negatif lapangan = -251.539 kNm
- Momen positif tumpuan: +255.345 kNm

Distribusi ini menunjukkan bahwa daerah tumpuan mengalami momen negatif terbesar, yang mengindikasikan balok mengalami kondisi pembebanan terdistribusi yang signifikan.

### 2. Persyaratan Geometri dan Batasan Desain

Balok memenuhi seluruh persyaratan geometri yang ditetapkan dalam standar. Tinggi efektif memenuhi syarat dengan rasio  $L_n/d$  yang memadai ( $L_n \geq 4d$ ). Lebar balok memenuhi persyaratan minimum yaitu tidak kurang dari  $0.3h$  atau 250 mm, dan juga memenuhi batasan maksimum dalam hubungannya dengan dimensi kolom pendukung yang berukuran 650 mm x 650 mm. Panjang bersih balok ( $L_n$ ) adalah 4350 mm setelah dikurangi lebar kolom.

### 3. Analisis Penulangan Negatif

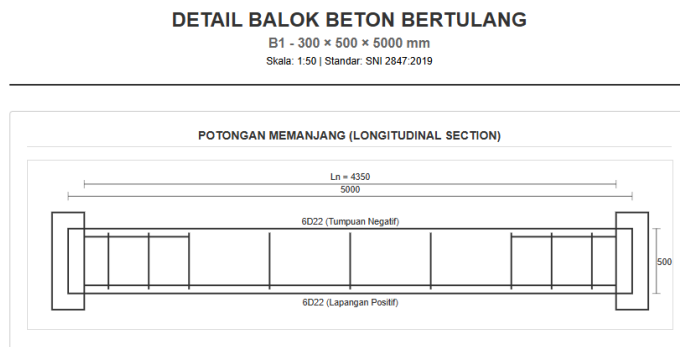
Untuk menahan momen tumpuan negatif sebesar -300.29 kN-m, diperlukan 6 tulangan diameter 22 mm dengan luas total 2280.796 mm<sup>2</sup>. Namun, terdapat masalah pada jarak bersih antar tulangan yang hanya 17.6 mm, tidak memenuhi

persyaratan minimum 25 mm atau diameter tulangan. Oleh karena itu, tulangan harus disusun dalam 2 lapis. Rasio tulangan  $\rho = 1.69\%$  masih berada dalam batas yang diizinkan ( $\rho_{max} = 2.5\%$ ). Kapasitas momen nominal yang dihasilkan adalah 370.136 kN-m, dan setelah dikalikan faktor reduksi kekuatan  $\phi = 0.9$ , menghasilkan kapasitas desain 333.123 kN-m yang memadai untuk menahan momen ultimate yang terjadi.

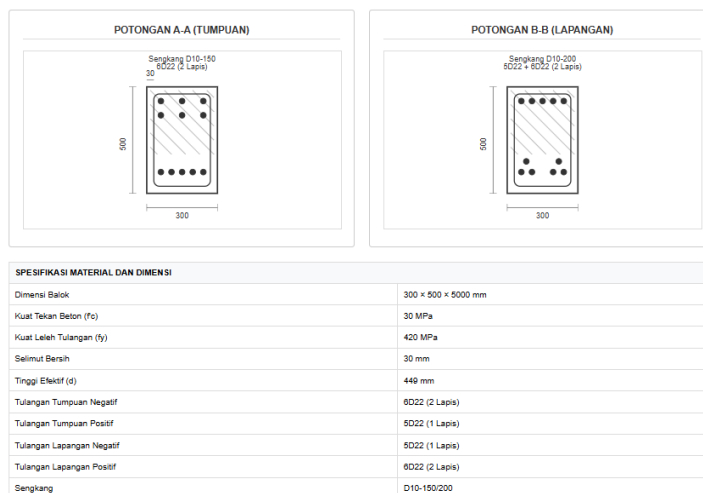
#### 4. Analisis Penulangan Positif

Untuk menahan momen tumpuan negatif sebesar -300.29 kN-m, diperlukan 6 tulangan diameter 22 mm dengan luas total 2280.796 mm<sup>2</sup>. Namun, terdapat masalah pada jarak bersih antar tulangan yang hanya 17.6 mm, tidak memenuhi persyaratan minimum 25 mm atau diameter tulangan. Oleh karena itu, tulangan harus disusun dalam 2 lapis. Rasio tulangan  $\rho = 1.69\%$  masih berada dalam batas yang diizinkan ( $\rho_{max} = 2.5\%$ ). Kapasitas momen nominal yang dihasilkan adalah 370.136 kN-m, dan setelah dikalikan faktor reduksi kekuatan  $\phi = 0.9$ , menghasilkan kapasitas desain 333.123 kN-m yang memadai untuk menahan momen ultimate yang terjadi.

Dengan demikian dapat dikatakan bahwa secara keseluruhan, desain balok memenuhi persyaratan keamanan struktur dengan margin yang memadai. Semua kapasitas momen nominal melebihi momen ultimate yang terjadi, menunjukkan bahwa struktur aman terhadap keruntuhan lentur. Rasio tulangan berada dalam rentang yang diizinkan, tidak terlalu sedikit sehingga menyebabkan keruntuhan getas, namun juga tidak berlebihan. Faktor reduksi kekuatan  $\phi = 0.9$  menunjukkan bahwa tulangan berada dalam kondisi tarik terkontrol dengan regangan tulangan yang memadai. Satu-satunya perhatian adalah pengaturan tulangan yang memerlukan susunan berlapis untuk beberapa lokasi akibat keterbatasan jarak bersih antar tulangan, yang memerlukan perhatian khusus dalam pelaksanaan konstruksi untuk memastikan pengecoran beton yang baik di antara tulangan.



**Gambar 11.** Detailing Balok Beton Bertulang Sectional



**Gambar 12.** Detailing dan Spesifikasi Material

### Analisa Plat Lantai

#### 1. Kombinasi Beban Ultimate Penulangan Plat Lantai

$$Q_u = 1.2D + 1.6L$$

Didapat bahwa nilai beban ultimate rencana pada kasus ini sebesar 856.6 kg/m<sup>2</sup> = 0.856 ton/m<sup>2</sup>

#### 2. Koefisien Momen dari Tabel PCA

Karena L<sub>x</sub>/L<sub>y</sub> = 0.8, maka termasuk kategori plat dua arah dengan jepit penuh

Berikut data tabel PCA dengan rasio 0.8

No	Posisi	Koefisien
1	Mx <sup>-</sup> (tumpuan)	0.041
2	Mx <sup>+</sup> (tengah x)	0.031
3	My <sup>-</sup> (tumpuan Y)	0.045
4	My <sup>-</sup> (tengah Y)	0.035

3. Hitung momen ultimate arah x dan arah y

Untuk arah x<sup>-</sup>:

$$Mu = 0.041 \times Qu \times Lx^2 = 0.041 \times 0.865 \text{ ton/m}^2 \times 4^2 = 0.567 \text{ ton.m}$$

Untuk arah y<sup>+</sup>:

$$Mu = 0.041 \times Qu \times Lx^2 = 0.031 \times 0.865 \text{ ton/m}^2 \times 4^2 = 0.428 \text{ ton.m}$$

Untuk arah y<sup>-</sup>:

$$Mu = 0.041 \times Qu \times Lx^2 = 0.041 \times 0.865 \text{ ton/m}^2 \times 4^2 = 0.973 \text{ ton.m}$$

Untuk arah y<sup>+</sup>:

$$Mu = 0.035 \times Qu \times Lx^2 = 0.035 \times 0.865 \text{ ton/m}^2 \times 4^2 = 0.757 \text{ ton.m}$$

4. Analisa Penulangan

Untuk perhitungan ini diambil salah satu sampel yaitu pada arah y<sup>-</sup>, maka

$$As = 3.10 \text{ cm}^2/\text{cm} = 3.10 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Lakukan perhitungan untuk semua bentang, dan berikut rekapnya:

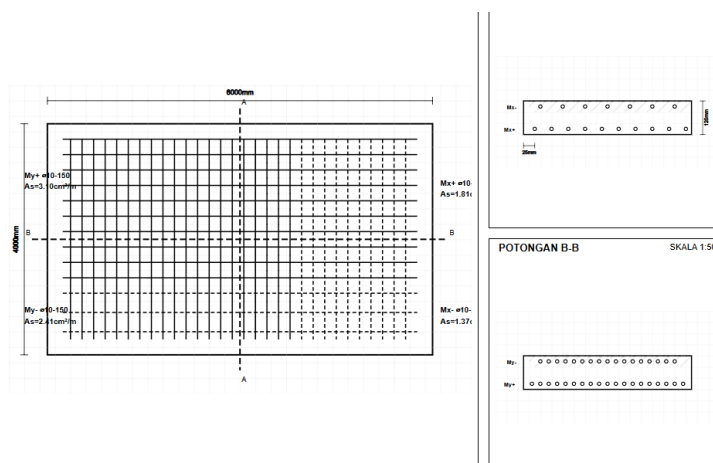
Posisi	Momen	As (cm <sup>2</sup> /m)	Rekomendasi tulangan
Mx <sup>-</sup>	5.56	1.81	Ø10 – 200 mm
Mx <sup>+</sup>	4.2	1.37	Ø10 – 250 mm
My <sup>-</sup>	9.55	3.10	Ø10 – 150 mm
My <sup>+</sup>	7.43	2.41	Ø10 – 150 mm

5. Analisa Struktural

Dari hasil perhitungan, tampak bahwa momen terbesar terjadi pada arah pendek di tumpuan (My<sup>-</sup>), yang menunjukkan bahwa pelat mengalami momen lentur dominan pada arah 4 meter, meskipun secara panjang pelat lebih besar ke arah 5 meter. Ini terjadi karena kondisi jepit penuh yang menyebabkan momen negatif signifikan di tumpuan pendek. Tulangan utama harus difokuskan di arah pendek dengan jarak lebih rapat. Sementara arah panjang cukup diberikan tulangan distribusi dengan jarak yang lebih longgar. Keseluruhan hasil memperlihatkan distribusi penulangan yang efisien namun tetap memenuhi ketentuan kekuatan lentur minimum.

6. Detailing dan Penempatan Tulangan

- Tulangan utama (arah pendek/My) diletakkan di bawah untuk momen positif dan di atas untuk daerah tumpuan.
- Arah panjang (Mx) sebagai tulangan distribusi tetap diletakkan menyilang di atas/bawah arah utama tergantung kondisinya.
- Seluruh penempatan tulangan memperhatikan panjang penyaluran (development length), pengait (standard hook), dan overlap sambungan.
- Tulangan minimum juga harus dicek agar tidak terlalu kecil yang menyebabkan retak ( $As_{min} = 0.0018 \cdot b \cdot h$ ). Gunakan balok tepi atau plat pinggir untuk membantu penyaluran momen.



Gambar 13. Detail Penulangan Plat Lantai

### Analisa Shearwall

#### 1. Asumsi Perencanaan

Berikut data-data asumsi yang dibutuhkan dalam perencanaan:

- Tinggi dinding = 3200 mm
- Panjang dinding = 4000 mm
- Tebal dinding = 400 mm
- $F'_c$  = 35 Mpa
- $F_y$  = 420 Mpa

#### 2. Cek karakteristik dinding

Cek  $l_w/t_w$  = 4550 mm / 400 mm = 11.375 > 6 dinding struktur (shearwall).

Maka tergolong dinding struktur, bukan balok dinding atau dinding partisi

#### 3. Cek kapasitas beton

Berdasarkan rumus yang didapatkan dari SNI 2847:2019 pasal 11.10.6; nilai  $v_c = 0.17 \lambda_c \sqrt{f'_c} b_w d$ , maka

$$V_c = 17.1 \sqrt{35} \cdot 400 \cdot 0.8 / 3000 = 963.8 \text{ kN}$$

Analisa  $V_u = 350 \text{ kN} < V_c = 963.8 \text{ kN}$  maka aman terhadap geser beton, namun memerlukan tulangan geser

#### 4. Penulangan horizontal

Untuk mendesain tulangan horizontal diperlukan syarat sebagai berikut:

- Syarat minimum SNI 2847-2019:

$$\rho_h \geq 0.0025 \text{ (untuk shearwall biasa)}$$

Luas tulangan horizontal per 1 m':

$$A_{sh} = \rho_h \cdot b \cdot s = 0.0025 \times 400 \times s$$

Pada kasus ini akan digunakan tulangan dengan  $\text{Ø}10$  ( $A_{sp} = 78.5 \text{ mm}^2$ )

Dan jarak tulangan  $s = 150 \text{ mm}$

Jumlah batang tulangan  $\text{Ø}10$

$$N = 150 / 78.5 = 1.91 \text{ maka digunakan 2 batang } \text{Ø}10 \text{ pepis}$$

#### 5. Detailing Boudary

##### a. Cek regangan serat terluar:

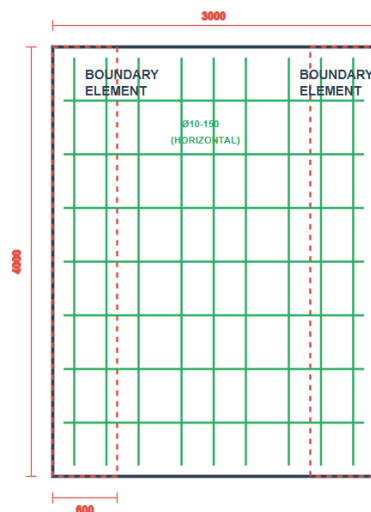
$$c = \alpha / \beta_1 = 239 \text{ mm} \rightarrow e^c = 0.0022 < 0.003$$

maka tidak wajib untuk diberikan boundary, namun pada kasus ini diperlukan karna itu dipakai di seluruh bangunan tinggi

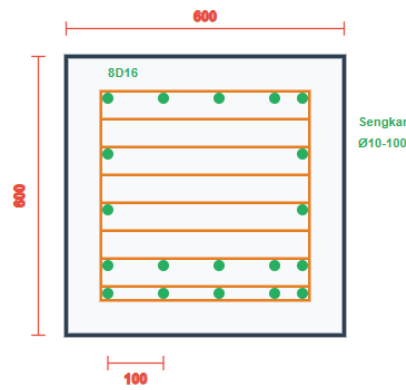
##### b. Tulangan boundary:

$$A_s = M_u / (\phi \cdot f_y \cdot d_{be}) = 7 \times 10^2 / (0.9 \cdot 420 \cdot 2950) = 6583 \text{ mm}^2$$

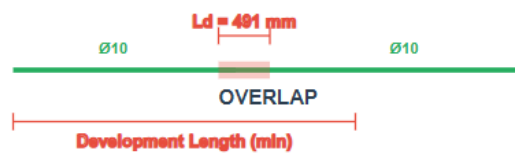
Gunakan 1425 ( $491 \text{ mm}^2$ ) -> per 7 sisi



Gambar 14. Tampak Depan Shearwall

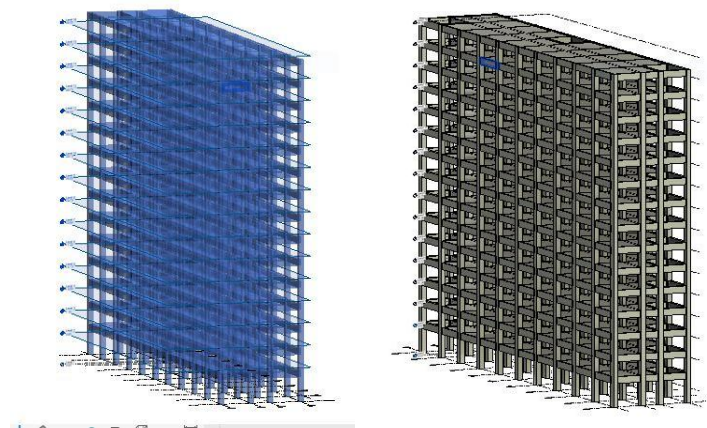


Gambar 15. Detail Boundary Element



Gambar 16. Detail Sambungan Tulangan

### Pemodelan Revit Struktur Hasil Pemodelan



Gambar 17. 3D Model Struktur

Sumber: Revit 2026

Gambar di atas menunjukkan model struktur gedung bertingkat yang telah dimodelkan menggunakan perangkat lunak Building Information Modeling (BIM), dalam hal ini Autodesk Revit. Model terdiri dari 16 lantai utama dan satu lantai dasar, dengan konfigurasi balok-kolom berulang secara vertikal dan horizontal yang mencerminkan sistem struktur rangka gedung beton bertulang. Struktur dirancang menggunakan pendekatan sistem rangka terbuka (open frame system) yang umum digunakan pada bangunan bertingkat menengah hingga tinggi. Tiap elemen struktur, seperti balok, kolom, dan pelat lantai, dimodelkan secara 3D untuk memberikan visualisasi yang akurat serta kemudahan dalam proses analisis dan dokumentasi.

### Volume Balok Struktural

Berdasarkan volume balok struktural yang dihasilkan dari pemodelan BIM, total volume seluruh balok pada gedung mencapai 644,13 m<sup>3</sup>, terdiri dari 1.122 elemen balok. Terdapat beberapa kategori balok seperti G1, G1A, G1B,

G2, dan G3, yang masing-masing menunjukkan fungsi atau dimensi yang berbeda dalam struktur. Balok tipe G1A tercatat memiliki volume terbesar, yaitu 210,86 m<sup>3</sup>, disusul oleh G1 dan G1B masing-masing dengan volume 152,40 m<sup>3</sup> dan 152,47 m<sup>3</sup>. Balok G2 memiliki volume 116,85 m<sup>3</sup> dan G3 paling kecil yaitu 11,55 m<sup>3</sup>. Volume yang besar pada tipe tertentu menunjukkan peran pentingnya dalam menahan beban utama, sedangkan balok dengan volume kecil berperan sebagai balok sekunder.

Besarnya volume balok, khususnya pada tipe G1A, menandakan bahwa balok tersebut kemungkinan memiliki dimensi lebih besar atau jumlah lebih banyak dibanding tipe lainnya. Dalam perencanaan struktur berdasarkan SNI 2847:2019, balok dengan beban lebih besar akan memerlukan dimensi penampang yang lebih besar dan penguatan tulangan yang lebih signifikan. Evaluasi juga harus mempertimbangkan lokasi pemasangan balok, apakah berada di zona lentur maksimum atau tumpuan momen besar. Sebagai contoh, balok dengan volume 210,86 m<sup>3</sup> dapat diasumsikan memiliki peran sebagai main beam pada lantai tipikal dengan beban berulang, sehingga analisis momen lentur dan geser menjadi sangat penting.

Dari sisi pelaksanaan konstruksi, total volume 644,13 m<sup>3</sup> memberikan gambaran awal kebutuhan beton dan jumlah cetakan bekisting. Dengan asumsi berat jenis beton normal sebesar 2.400 kg/m<sup>3</sup>, maka total berat beton untuk balok saja mencapai sekitar 1.545,91 ton. Nilai ini berpengaruh langsung terhadap perencanaan logistik, transportasi material, serta pengadaan material di lapangan. Secara ekonomis, informasi volume ini dapat digunakan untuk menyusun estimasi RAB (Rencana Anggaran Biaya), baik untuk pekerjaan struktur maupun pekerjaan pendukung lainnya. Selain itu, distribusi volume antar balok juga dapat digunakan untuk melakukan evaluasi efisiensi desain. Desain yang terlalu masif pada satu jenis balok mungkin menunjukkan potensi overdesign yang dapat dikaji ulang melalui pendekatan value engineering.

### **Volume Kolom Struktural**

Total volume keseluruhan elemen kolom struktur mencapai 1.113,98 m<sup>3</sup>, dengan distribusi terbesar berasal dari tipe K1 sebesar 532,05 m<sup>3</sup>. Hal ini menunjukkan bahwa kolom tipe K1 merupakan kolom utama yang kemungkinan besar digunakan secara berulang di area inti struktur atau pada grid-grid utama yang menahan beban gravitasi dan lateral secara dominan. Kolom tipe K2 dan K3 memiliki volume yang relatif berimbang, masing-masing sebesar 218,93 m<sup>3</sup> dan 221,78 m<sup>3</sup>, menandakan bahwa keduanya kemungkinan tersebar di beberapa lantai atau pada posisi strategis yang mendukung kinerja struktur secara menyeluruh. Adapun tipe K2A dengan volume 141,22 m<sup>3</sup> tampaknya merupakan variasi dari K2 yang digunakan untuk penyesuaian dimensi atau ketinggian pada lantai tertentu, seperti lantai mezzanine, atap, atau area transisi antar fungsi ruang.

Dari sudut pandang struktural, perbedaan volume kolom ini tidak hanya mencerminkan variasi dimensi penampang, tetapi juga potensi variasi tinggi kolom, jumlah unit, serta klasifikasi beban yang diterima. Kolom dengan volume besar seperti K1 kemungkinan memiliki dimensi lebih besar untuk mengakomodasi beban aksial yang signifikan dari lantai atas ke pondasi. Mengacu pada SNI 2847:2019, kolom merupakan elemen tekan utama yang sangat mempengaruhi stabilitas vertikal bangunan, sehingga perencanaannya perlu memperhitungkan rasio penulangan minimum, kapasitas tekan beton, serta faktor keutuhan struktur (structural integrity). Besarnya total volume kolom juga berdampak pada kebutuhan material utama seperti beton dan tulangan, serta menjadi acuan utama dalam penyusunan RAB (Rencana Anggaran Biaya) dan logistik konstruksi. Selain itu, sebaran volume yang proporsional antara tipe K2 dan K3 menunjukkan adanya keseimbangan pembagian beban pada area struktural sekunder, yang mencerminkan efisiensi sistem rangka secara keseluruhan.

### **Volume Shear Wall**

Total volume elemen dinding geser (shear wall) dengan tipe SW1 mencapai 393,79 m<sup>3</sup>. Jumlah ini cukup signifikan untuk sebuah elemen struktur vertikal non-kolom, menunjukkan bahwa elemen dinding geser berperan penting dalam sistem penahan gaya lateral bangunan. Volume besar ini menunjukkan bahwa elemen SW1 tersebar di banyak lantai dan/atau memiliki panjang dan tebal yang cukup besar—kemungkinan digunakan sebagai inti struktur (core wall) yang menampung tangga dan lift, atau sebagai boundary wall pada sisi bangunan. Dinding geser berfungsi utama dalam menahan gaya gempa dan angin, terutama pada bangunan bertingkat tinggi, di mana sistem rangka saja tidak cukup memberikan kekakuan lateral. Dalam pemodelan Revit, perbedaan antara dinding geser yang menabrak kolom (intersecting) dan yang berdiri terpisah (non-intersecting) dapat memengaruhi cara volume dihitung dan bagaimana gaya dialirkan ke sistem struktur lainnya. Ketika shear wall dibuat menabrak kolom, secara teknis terjadi redundansi massa struktural karena volume tumpang tindih antara kolom dan dinding akan dihitung dua kali jika tidak ada pemotongan geometri secara otomatis—ini bisa menjelaskan kenapa volume SW1 cukup besar. Selain itu, kondisi shear wall yang “nabrak” kolom juga dapat memengaruhi distribusi beban lateral: kolom dapat menjadi bagian dari sistem penahan gaya geser dan menambah kekakuan lokal. Sebaliknya, jika shear wall dibuat tanpa bersinggungan langsung dengan kolom, maka gaya lateral hanya dialirkan melalui pelat lantai dan koneksi struktural lainnya, yang cenderung menghasilkan respons struktur yang lebih fleksibel. Oleh karena itu, hasil volume 393,79 m<sup>3</sup> bisa dianggap

rasional mengingat kontribusi ganda dari elemen-elemen ini dalam memikul beban lateral, serta luasnya jangkauan shear wall tersebut dalam sistem struktur gedung.

### **Volume Penulangan**

Total tulangan berdasarkan diameter, yaitu D10, D13, D16, dan D22, dengan total volume kumulatif sebesar 508,147 m<sup>3</sup>. Dari data tersebut, terlihat bahwa tulangan berdiameter D22 mendominasi secara signifikan, mencapai 485,108 m<sup>3</sup>, atau sekitar 95,5% dari total volume baja tulangan. Dominasi tulangan D22 ini menunjukkan bahwa struktur gedung yang dimodelkan sangat bergantung pada kapasitas tarik dan tekan dari batang-batang tulangan berdiameter besar. Biasanya, D22 digunakan untuk tulangan utama (longitudinal reinforcement) pada elemen-elemen struktural berat seperti kolom, balok induk, serta dinding geser. Jumlah yang besar ini bisa menandakan bahwa struktur dirancang untuk menahan beban gravitasi dan lateral yang cukup besar, serta mengutamakan kekakuan dan kekuatan struktural dibandingkan fleksibilitas.

Sementara itu, volume tulangan untuk diameter lainnya seperti D10 (5,693 m<sup>3</sup>), D13 (15,275 m<sup>3</sup>), dan D16 (2,071 m<sup>3</sup>) relatif kecil. Tulangan dengan diameter lebih kecil ini umumnya digunakan sebagai tulangan distribusi, tulangan sengkang (stirrups), atau tulangan pembatas pada pelat dan balok sekunder. Meskipun volumenya kecil, keberadaan tulangan-tulangan ini tetap penting dalam menjaga stabilitas lokal terhadap gaya geser, torsi, serta mencegah keruntuhan getas (brittle failure). Dalam konteks ini, rasio volume tulangan kecil terhadap tulangan besar juga menggambarkan bahwa struktur lebih banyak mengandalkan kekuatan aksial dan lentur dibanding kebutuhan terhadap kontrol retak atau deformasi lokal. Selain itu, proporsi ini juga bisa menjadi indikator bahwa sistem struktur yang digunakan lebih mengarah pada sistem rangka kuat dan elemen sekunder yang ringan, khas bangunan berlantai banyak. Jika dilihat dari perspektif desain menurut SNI 2847:2019, pemilihan diameter dan jumlah tulangan harus mempertimbangkan faktor efisiensi, pemasangan di lapangan, serta detailing pengangkuran dan sambungan. Volume D22 yang sangat besar dapat mengindikasikan bahwa banyak elemen memerlukan kapasitas besar namun juga bisa mengarah pada tantangan dalam hal workability, seperti kesulitan dalam penempatan beton (karena celah antar tulangan terlalu sempit), atau potensi konsentrasi tegangan pada sambungan. Oleh karena itu, meskipun volume besar dari tulangan D22 menunjukkan struktur yang dirancang dengan kekuatan tinggi, penting untuk memastikan bahwa kebutuhan detailing dan konstruksi di lapangan tetap terpenuhi agar kualitas dan keamanan struktur tidak terganggu. Secara keseluruhan, data ini mengindikasikan pendekatan desain yang konservatif dan prioritas tinggi terhadap kapasitas struktural primer.

### **SIMPULAN**

Berdasarkan analisis struktur gedung menggunakan ETABS V.21 untuk wilayah gempa Kota Jakarta Selatan, dengan parameter gempa  $S_s=0.7806$  g dan  $S_1=0.3823$  g, serta koefisien  $F_a=1.08776$  dan  $F_v=1.8177$  (mengacu pada SNI 1726:2019 dan SNI 1727:2020), respons modal didominasi oleh arah X pada mode pertama (periode 2.856 detik, partisipasi massa 79.29%), sementara arah Y mencapai partisipasi signifikan (91.08) pada mode ke-12. Evaluasi geometri struktur mengungkapkan adanya ketidakberaturan vertikal tipe V.3 pada lantai 1 karena peningkatan panjang antar lantai (L) dari 320,m menjadi 450,m (>40%), yang berpotensi meningkatkan risiko instabilitas seismik, sehingga direkomendasikan penambahan elemen penahan gaya lateral (seperti *shear wall/core wall*), peningkatan dimensi atau mutu kolom lantai 1, dan analisis ulang. Hasil analisis penulangan menunjukkan kebutuhan baja tulangan yang spesifik untuk balok (misalnya 6D22 pada tumpuan negatif dan 5D22 pada tumpuan positif dan kolom (misalnya 6 batang D29 dengan sengkang D13-70-10-70, dengan volume total beton yang besar, termasuk balok (644.13m<sup>3</sup>), kolom (1113.98,m<sup>3</sup>), dan *shear wall* (393.79 m<sup>3</sup>), serta total volume tulangan yang didominasi oleh D22 (485.108 m<sup>3</sup>).

### **DAFTAR PUSTAKA**

- Anjani, A., Riakara Husni, H., & Niken, C. (2022). *Penerapan Building Information Modeling (Bim) Menggunakan Software Autodesk Revit Pada Gedung 4 Rumah Sakit Pendidikan Peguruan Tinggi Negeri (Rsptn) Universitas Lampung* (Vol. 10, Issue 1).
- Ayuddin, A. (2024). Analisis Struktur Perencanaan Gedung Kantordengan Software Etabs. *Teknika Sains: Jurnal Ilmu Teknik*, 9(2), 280–291. <https://doi.org/10.24967/Teksis.V9i2.3606>
- Fonseca Arenas, N., & Shafique, M. (2023). Recent Progress On Bim-Based Sustainable Buildings: State Of The Art Review. *Developments In The Built Environment*, 15, 100176. <https://doi.org/10.1016/J.Dibe.2023.100176>
- Handayani, A. T., Budiman, E., Rahman, T., Di, M., Yamin, J. M., Samarinda, K., Timur, K., Aldila, ), & Handayani, T. (N.D.). *Jurnal Teknologi Sipil Penerapan Building Information Modelling (Bim) Dalam Menghitung Quantity Take Off Material Struktur (Studi Kasus: Proyek Gedung Rumah Sakit*.
- Ipm, P., Rozandi, A., Budiman, D., Indra Ramdani, & Vladimirovna, K. E. (2022). Implementasi Building Information Modeling (Bim) Pada Proyek Perumahan. *Jurnal Teslink: Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 4(1), 1–15. <https://doi.org/10.52005/Teslink.V4i1.105>

- Pangestuti, P. A., Patria, A. S. N., & Sholikhin, I. P. (2025). Pengaruh Variasi Ukuran Dan Penempatan Void Plat Lantai Terhadap Perilaku Dan Kekuatan Gedung Bertingkat. *Jurnal Talenta Sipil*, 8(2), 786. <https://doi.org/10.33087/Talentsipil.V8i2.970>
- Putra, O. B., Ramadhan, I. D., Rosyidah, A., Saputra, J., & Sucita, I. K. (2024). *Analysis Of Earthquake-Resistant Building Structures Using Imrfs And Smrfs Methods*. 060010. <https://doi.org/10.1063/5.0207264>
- Rani, H. A., Al-Mohammad, M. S., Rajabi, M. S., & Rahman, R. A. (2023). Critical Government Strategies For Enhancing Building Information Modeling Implementation In Indonesia. *Infrastructures*, 8(3), 57. <https://doi.org/10.3390/Infrastructures8030057>
- Roy, A. F. Van, & Firdaus, A. (2020a). Building Information Modelling In Indonesia: Knowledge, Implementation And Barriers. *Journal Of Construction In Developing Countries*, 25(2), 199–217. <https://doi.org/10.21315/Jcdc2020.25.2.8>
- Roy, A. F. Van, & Firdaus, A. (2020b). Building Information Modelling In Indonesia: Knowledge, Implementation And Barriers. *Journal Of Construction In Developing Countries*, 25(2), 199–217. <https://doi.org/10.21315/Jcdc2020.25.2.8>
- Silitonga, D. M., Hendrawan, S. Y., & Jin, O. F. (2024). Digitalisasi Metode Konstruksi Pada Proyek High-Rise Building. *Jmts: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 795–806. <https://doi.org/10.24912/Jmts.V7i3.26755>
- Supiansyah, A., Rutama, D., Ribut, & Sari, N. (2024). Implementasi Building Information Modelling Dalam Perencanaan Struktur Gedung Kampus Jakarta Global University Kota Depok. *Jurnal Teknik Sipil Itp*, 11(2). <https://doi.org/10.21063/Jts.2024.V11i02.095-104>
- Sutjipto, S., Sumeru, I., & Sucipto, S. A. (2023). *Changes In Sni-1726 And Sni-2847's Effects On Low-Rise Reinforced Concrete Buildings's Reinforcing Steel Weight Article Info Abstract*.
- Suwondo, R., Mellyati, L., & Alama, S. (2022). Pushover Analysis Of Reinforced Concrete Building Seismically Designed Based On Sni 1726-2019. *Iop Conference Series: Earth And Environmental Science*, 998(1), 012005. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/998/1/012005>
- Syarif, M., Astika, S., & Viddy, A. (2023). *Study On The Application Of Earthquake Resistant Standards (Sni 1726: 2019) Against Building In Yogyakarta City*. 148–153. <https://doi.org/10.5220/0011729600003575>
- Tanne, Y. A., Rivana, D., Ramadan, R., & Farhani, S. (2025a). Bim For Efficiency And Sustainability In Construction: A Case Study In Indonesia. *Discover Civil Engineering*, 2(1), 79. <https://doi.org/10.1007/S44290-025-00228-6>
- Tanne, Y. A., Rivana, D., Ramadan, R., & Farhani, S. (2025b). Bim For Efficiency And Sustainability In Construction: A Case Study In Indonesia. *Discover Civil Engineering*, 2(1), 79. <https://doi.org/10.1007/S44290-025-00228-6>
- Telaga, A. S. (2022). A Lesson Learned From The Integration Of Bim In Construction Engineering Education In An Indonesian Polytechnic. *Jurnal Pendidikan Vokasi*, 12(2). <https://doi.org/10.21831/Jpv.V12i2.48455>