E-ISSN : 3025-1311
https://ejournal.warunayama.org/kohesi

Kohesi: Jurnal Multidisiplin Saintek
Volume 10 No 5 Tahun 2025

PERENCANAAN STRUKTUR BETON BERTULANG TAHAN GEMPA UNTUK GEDUNG PERKULIAHAN 12 LANTAI DI WILAYAH KARAWANG

Akmal Maulana Pranesti[1], Eko Darma[2], Anita Mardiana Agussalim[3]
[1,2,3]Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam 45 Bekasi
Jl. Cut Mutia No.83, Margahayu, Kec. Bekasi Tim., Kota Bks, Jawa Barat 17113
[1]pranezty2002@gmail.com

Abstrak

Perencanaan struktur tahan gempa menjadi hal penting dalam pembangunan gedung bertingkat di wilayah rawan gempa seperti Karawang. Studi ini merancang struktur beton bertulang gedung perkuliahan 12 lantai menggunakan sistem ganda (SRPMK + SDSK) berdasarkan SNI 2847:2019 dan SNI 1726:2019. Analisis beban dilakukan dengan *ETABS* dan pemodelan struktur menggunakan *RevitAutodesk Revit*. Elemen yang dirancang meliputi pelat, balok, kolom, dinding geser, tangga, pondasi *bore pile*, *pile cap*, dan *tie beam*. Penulangan elemen ditentukan dari hasil analisis gaya dalam serta diuji terhadap kapasitas lentur dan geser. Seluruh elemen terbukti aman, dengan detail penulangan disesuaikan kebutuhan masing-masing. Keseluruhan struktur memenuhi aspek kekuatan, kekakuan, dan daktilitas, serta dirancang secara efisien dan ekonomis.

Kata kunci: Struktur tahan gempa, sistem ganda, SRPMK, SDSK, *ETABS, Revit*.

Article History
Received: October 2025
Reviewed: October 2025
Published: October 2025
Plagiarism Checker No. 235
Prefix DOI : 10.8734/Kohesi.v1i2.365
Copyright : Author
Publish by : Kohesi

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

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Peningkatan kualitas infrastruktur pendidikan merupakan langkah strategis untuk mendukung mutu pendidikan nasional. Seiring meningkatnya jumlah mahasiswa, kebutuhan akan fasilitas akademik yang aman, nyaman, dan memadai juga terus tumbuh. Kabupaten Karawang, dengan populasi sekitar 2,55 juta jiwa (BPS, 2024) menjadi wilayah potensial bagi pembangunan gedung perkuliahan bertingkat. Desain struktur bangunan tinggi harus mengacu pada standar nasional (SNI), dengan mempertimbangkan aspek kekuatan, kestabilan, dan efisiensi ruang.

Penerapan *Building Information Modeling (BIM)* menjadi solusi dalam meningkatkan kecepatan dan efisiensi perencanaan. *RevitAutodesk Revit V.21*, sebagai perangkat lunak BIM, memfasilitasi pemodelan 3D yang terintegrasi dengan analisis struktur menggunakan *ETABS V.19*. Kombinasi kedua perangkat lunak ini mendukung perencanaan yang akurat dan efektif (Sutrisno, 2023). Dalam penelitian ini, struktur gedung perkuliahan 12 lantai di Karawang dirancang menggunakan *Revit* untuk pemodelan dan *ETABS* untuk analisis struktur.

1.2 Rumusan Masalah

Penelitian ini berfokus pada bagaimana merancang dan memodelkan struktur gedung bertingkat 12 lantai menggunakan *RevitAutodesk Revit V.21* serta menganalisis kekuatan strukturnya menggunakan *ETABS V.19*.

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menerapkan pemodelan 3D gedung perkuliahan menggunakan *RevitAutodesk Revit V.21*.
2. Melakukan analisis struktur bangunan dengan *ETABS V.19*.
3. Menghasilkan perencanaan struktur yang sesuai standar SNI dan efisien terhadap beban gempa.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat:

1. Menambah wawasan tentang penerapan BIM dalam perencanaan struktur gedung.
2. Memberikan pengalaman praktis dalam penggunaan *RevitAutodesk Revit* dan *ETABS*.
3. Menjadi referensi teknis bagi perencana dan pemerintah setempat dalam pembangunan gedung bertingkat tahan gempa di Karawang.
4. Meningkatkan pemahaman terhadap penerapan sistem struktur ganda sesuai SNI.

1.5 Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi pada:

1. Perencanaan struktur atas (kolom, balok, pelat) dan bawah (pondasi) dengan mutu beton f'c = 30 MPa.
2. Analisis struktur dilakukan menggunakan *ETABS V.19* dan pemodelan 3D menggunakan *Revit V.21*.
3. Tidak mencakup aspek MEP, arsitektur, RAB, dan jadwal kerja.
4. Mengacu pada SNI 1726:2019 (gempa), SNI 2847:2019 (beton), dan SNI 1727:2020 (beban).
5. Sistem struktur menggunakan sistem ganda: SRPMK + SDSK.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian sebelumnya menunjukkan penerapan sistem tahan gempa dan pemanfaatan perangkat lunak sebagai berikut:

1. Kamil (2021): Merancang apartemen dengan sistem ganda sesuai SNI.
2. Sutrisno (2023): Menggunakan *Revit* dan Robot untuk efisiensi desain RS 8 lantai.
3. Suiswanto (2021): Mendesain apartemen dengan kontrol simpangan dan sistem kolom kuatbalok lemah.
4. Liando et al. (2020): Merancang gedung tahan gempa di Manado menggunakan *ETABS* dan SRPMK.

2.1 Perbedaan Penelitian

Penelitian ini berbeda dalam:

1. Lokasi: Fokus pada wilayah Karawang.
2. *Software*: Menggunakan *Revit V.21* dan *ETABS V.19*.
3. Jenis bangunan: Gedung perkuliahan 12 lantai. 4. Peraturan: Mengacu SNI terbaru (2019-2020).
4. Metode: Sistem ganda (SRPMK + SDSK) untuk ketahanan gempa optimal.

2.2 Beton Bertulang

Beton bertulang merupakan kombinasi beton dan tulangan baja, menggabungkan kekuatan tekan beton dan kekuatan tarik baja. Material ini memiliki kelebihan seperti biaya rendah, ketahanan api tinggi, dan ketersediaan bahan, meskipun memiliki kelemahan seperti kekuatan tarik rendah dan memerlukan bekisting.

2.3 Konsep Kolom Kuat Balok Lemah

Prinsip SRPMK dalam SNI 2847:2019 mengutamakan keruntuhan plastis pada balok, bukan kolom, untuk menjaga stabilitas struktur selama gempa. Hal ini didukung dengan desain kapasitas pada sambungan dan elemen-elemen vertikal.

2.4 Bangunan Gedung

Bangunan gedung terdiri dari struktur bawah (pondasi, *tie beam*) dan atas (balok, kolom, pelat). Fungsinya adalah menopang beban dan menunjang aktivitas manusia secara aman dan nyaman.

2.5 Daktilitas

Daktilitas adalah kemampuan struktur mengalami deformasi plastis saat gempa tanpa kehilangan kekuatan. Hal ini memungkinkan struktur tetap berdiri meskipun terjadi sendi plastis yang menyerap energi gempa.

2.6 Daktilitas Kapasitas Struktur

Kapasitas struktur adalah batas maksimum struktur menahan beban. Perencanaan mengacu pada respons histeresis dan desain kapasitas untuk memastikan deformasi dan keruntuhan terjadi di lokasi yang dirancang.

2.7 Sistem Struktur

Sistem struktur meliputi:

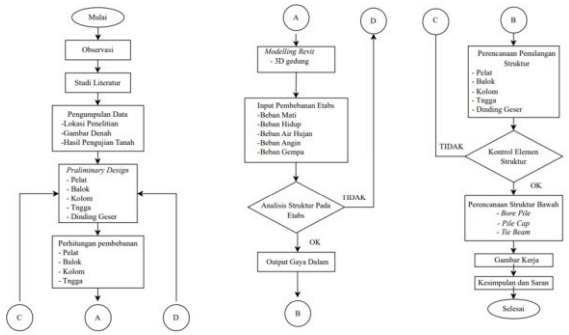
1. SRPMK : Sistem rangka pemikul momen dengan daktilitas penuh.
2. SDSK : Dinding struktural beton dengan kekakuan tinggi. 3. Sistem Ganda :Kombinasi SRPMK dan SDSK, di mana SRPMK menahan ≥25% gaya gempa.

2.8 Pembebanan Struktur

Beban terdiri dari beban gravitasi (mati, hidup) dan lateral (angin, gempa). Beban lateral dikaji menggunakan metode yang sesuai standar SNI 1726:2019 dan 1727:2020.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi: Perencanaan dilakukan di Kabupaten Karawang, tepatnya di Jl. Pangkal Perjuangan By Pass Km.1, Tanjungpura, Kec. Karawang Barat, Provinsi Jawa Barat.

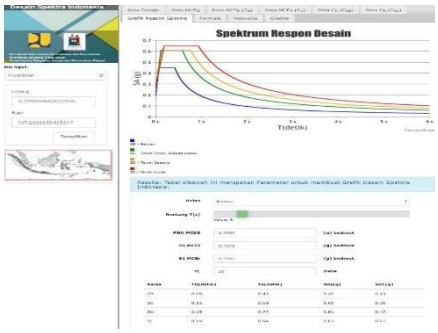


Gambar 3.1 *flowchat* tahapan penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Beban Gempa dan Spektrum Respons

Perencanaan struktur menggunakan analisis spektrum respons ragam untuk menentukan gaya geser dasar, dengan kontrol terhadap hasil analisis statik ekuivalen. Lokasi bangunan berada di Jl. Pangkal Perjuangan By Pass Km.1, Karawang, dengan koordinat bujur 107.29296 dan lintang -6.28953. Berdasarkan situs rsa.ciptakarya.pu.go.id, diperoleh parameter percepatan batuan dasar: Ss = 0.7578 dan S1 = 0.3591, dengan kelas situs SD.



Gambar 4.1 Grafik Percepatan Respon karawang

Koefisien klasifikasi situs ditentukan melalui interpolasi, menghasilkan nilai Fa = 1.1969 dan Fv = 1.9409. Dari parameter ini diperoleh:

1. Sms = 0.9070 g
2. Sm1 = 0.6969 g
3. SDS = 0.6047 g
4. SD1 = 0.4647 g

Periode fundamental struktur dihitung sebagai To = 0.1537 detik dan Ts = 0.7684 detik. Spektrum respons percepatan desain dihitung sesuai metode SNI 1726:2019, dengan hasil Sa beragam tergantung periode T.

4.2 Parameter Sistem Struktur

Struktur dirancang menggunakan sistem ganda (SRPMK + SDSK) dengan parameter:

1. Koefisien respons R = 7
2. Faktor kuat lebih Ω_0 = 2.5
3. Faktor defleksi Cd = 5.5
4. Faktor keutamaan Ie = 1.5

4.3 Analisis Ragam Getar

Hasil analisis ragam pada *ETABS* menunjukkan bahwa mode 1 dan 2 didominasi oleh translasi arah X dan Y, sedangkan mode 3 oleh rotasi torsi, sesuai Pasal 7.7.3 SNI 1726:2019.

Periode hasil analisis:

1. Arah X = 1.406 detik
2. Arah Y = 1.177 detik

Namun, batas atas periode menurut SNI adalah 1.097 detik. Maka periode pakai ditetapkan sebesar 1.097 detik untuk kedua arah.

4.4 Perhitungan Respons Seismik dan Geser

Diperoleh nilai Cs:

1. Cs = SDS / (R / Ie) = 0.6047 / (7 / 1.5) = 0.1296
2. 2. Cs max = SDS / (T(R/Ie)) = 0.0908 Gaya geser dasar (V):
    1. Berat seismik (W) = 51.291,41 kN
    2. V = Cs × W
       = 0.1296 × 51.291,41
       = 6.647,36 kN

Dibandingkan dengan hasil gaya dari *ETABS*: 6.643,59 kN, nilai sangat mendekati dan memenuhi persyaratan kontrol.

4.5 Penskalaan Gaya Gempa

Karena gaya dari analisis ragam (Vt) lebih kecil dari metode statik ekuivalen (V), dilakukan penskalaan:

1. Skala faktor awal = 2.101 m/s²
2. Skala koreksi arah X = 2.360 m/s²
3. Skala koreksi arah Y = 2.154 m/s²
4. Skala akhir arah X = 4.959,27 m/s²
5. Skala akhir arah Y = 4.525,69 m/s²

Skala ini menjamin bahwa total gaya dinamik memenuhi minimal 100% dari gaya statik ekuivalen sesuai Pasal 7.9.1.4.1 SNI 1726:2019.

4.6 Simpangan Antar Lantai

Perhitungan simpangan antar tingkat desain (Δ) dilakukan sebagai selisih simpangan antara pusat massa lantai atas dan bawah. Sesuai SNI 1726:2019 Pasal 7.8.6, nilai Δ ini tidak boleh melebihi simpangan maksimum yang diizinkan (Δa) sebagaimana diatur dalam Pasal 7.12.1. Hasil analisis menunjukkan bahwa simpangan antar tingkat yang terjadi masih berada dalam batas aman dan memenuhi ketentuan.

Story	*Displacement*		*Elastic Drift*		*h*	*Inelastic Drift*	*Drift Limit*		*Cek*
	δe_X	δe_Y	δe_X	δe_Y		Δ_X	Δ_Y		
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	
12	49.609	37.593	0.780	-4.224	2000	2.860	-15.488	15.385	OK
11	48.829	41.817	3.546	4.406	3500	13.002	16.155	26.923	OK
10	45.283	37.411	4.173	4.532	3500	15.301	16.617	26.923	OK
9	41.110	32.879	4.650	4.773	3500	17.050	17.501	26.923	OK
8	36.460	28.106	5.049	4.791	3500	18.513	17.567	26.923	OK
7	31.411	23.315	5.371	4.685	3500	19.694	17.178	26.923	OK
6	26.040	18.630	5.557	4.471	3500	20.376	16.394	26.923	OK
5	20.483	14.159	5.542	4.131	3500	20.321	15.147	26.923	OK
4	14.941	10.028	5.247	3.655	3500	19.239	13.402	26.923	OK
3	9.694	6.373	4.595	3.055	3500	16.848	11.202	26.923	OK
2	5.099	3.318	3.492	2.293	3500	12.804	8.408	26.923	OK
1	1.607	1.025	1.607	1.025	3500	5.892	3.758	26.923	OK

Tabel 4.2 Simpangan Antar Lantai

4.7 Ketidak Beraturan Struktur

1. Ketidakberaturan Struktur Horizontal
   - Pada arah X, ditemukan ketidakberaturan torsi berlebihan (Tipe 1b) di lantai 12, karena rasio simpangan maksimum antar tingkat terhadap rata-rata (Δmax/Δavg) mencapai 1,444, melebihi batas 1,4 yang diperbolehkan.
   - Pada arah Y, ditemukan ketidakberaturan torsi (Tipe 1a) pada lantai 9, 10, dan 11, dengan nilai Δmax/Δavg berkisar antara 1,202 hingga 1,217, berada di antara batas 1,2 hingga 1,4.
   - Untuk jenis ketidakberaturan horizontal lainnya seperti:
     - Sudut dalam (Tipe 2),
     - Diskontinuitas diafragma (Tipe 3),
     - Pergeseran elemen vertikal (Tipe 4), dan

- Sistem nonparalel (Tipe 5), hasil evaluasi menunjukkan tidak ditemukan ketidakberaturan pada struktur. Elemen struktur didesain menerus, diafragma memenuhi syarat kekakuan dan tidak ada elemen struktural yang menyimpang dari sumbu ortogonal utama.
- Ketidakberaturan Struktur Vertikal

• Evaluasi terhadap kekakuan antar tingkat (Tipe 1a dan 1b) menunjukkan bahwa tidak ada tingkat lunak pada struktur. Kekakuan masing-masing lantai berada dalam batas aman dibandingkan dengan lantai di atasnya maupun dengan rata-rata tiga lantai di atasnya.
• Untuk ketidakberaturan massa (Tipe 2), tidak ditemukan adanya lonjakan massa yang signifikan antar lantai. Semua lantai memiliki distribusi massa yang seragam.
• Evaluasi terhadap geometri vertikal (Tipe 3) juga menunjukkan tidak ada perubahan dimensi elemen struktur yang mencolok antar lantai.
• Selanjutnya, diskontinuitas bidang vertikal (Tipe 4) dan tingkat lemah akibat penurunan kekuatan lateral (Tipe 5a dan 5b) juga tidak ditemukan, karena elemen-elemen seperti kolom dan dinding geser menerus dari lantai dasar hingga atap tanpa adanya offset atau pengurangan kekuatan yang signifikan.

4.8 Evaluasi Kontribusi Frame dalam Sistem Ganda

Berdasarkan SNI 1726:2019 Pasal 7.2.5.1, pada sistem struktur ganda, rangka pemikul momen (frame) harus menahan minimal 25% gaya gempa desain.
Hasil analisis menunjukkan:

• Arah X: Frame menahan 26,81%, dan shear wall menahan 73,19%.
• Arah Y: Frame menahan 26,57%, dan shear wall menahan 73,43%. Dengan demikian, sistem ganda yang digunakan sudah memenuhi syarat proporsi pembagian beban lateral antara frame dan dinding geser.

4.9 Pemeriksaan Retak pada Dinding Geser

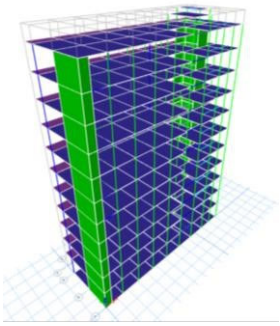
Pemeriksaan dilakukan untuk mengetahui apakah dinding geser mengalami retak akibat gaya dalam yang bekerja.

• Contoh perhitungan di lantai 11 menghasilkan tegangan total sebesar 2,180 MPa.
• Nilai ini lebih kecil dari tegangan retak beton fcr = 3,396 MPa.

Artinya, dinding geser tidak mengalami retak, dan dapat dianalisis dengan properti penampang sebesar 0,7 Ig.

Kesimpulan ini juga berlaku untuk seluruh lantai lainnya yang memiliki tegangan total di bawah nilai fcr.

4.10 Analisa Struktur

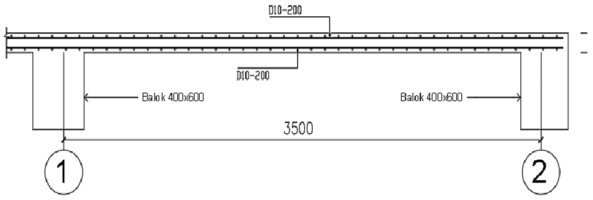


Gambar 4.3 Permodelan *Etabs*

4.11 Pelat lantai

Pelat lantai dirancang untuk menahan momen positif dan negatif arah X dan berdasarkan gaya dalam maksimum. Dimensi pelat 120 mm, menggunakan tulangan D10-200 mm dua arah.

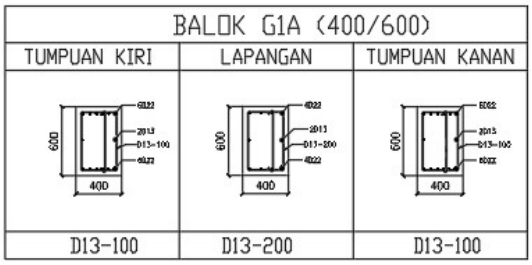
Perhitungan kapasitas lentur menunjukkan bahwa tulangan tersebut aman terhadap momen rencana. Kapasitas geser pelat juga diperiksa dan aman terhadap Vu. Semua penulangan mengikuti ketentuan minimum dan maksimum dari SNI 2847:2019.



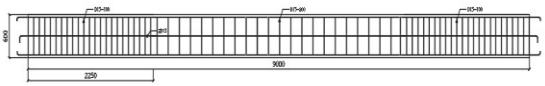
Gambar 4.4 Detail Penulangan Pelat

4.12 Balok

Balok G1A (400 × 600 mm) dianalisis secara detail untuk penulangan lentur, geser, dan torsi. Tulangan lentur menggunakan 6D22 di tumpuan dan 4D22 di lapangan. Tulangan transversal terdiri dari 2D13-100 di tumpuan dan 2D13-200 di lapangan. Torsi sebesar 43,63 kNm memerlukan tambahan 6D13 longitudinal dan sengkang



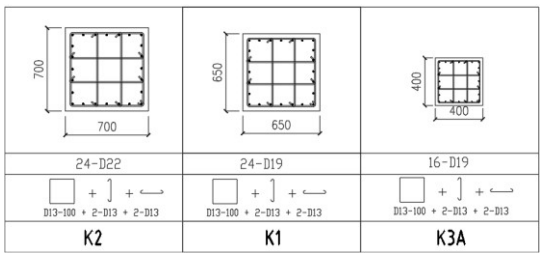
Gambar 4.5 Detail Penulangan Balok



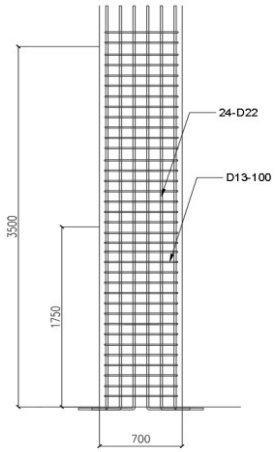
Gambar 4.6 Potongan Penulangan Balok

4.13 Kolom

Kolom K2 (700 × 700 mm) menggunakan 24D22 sebagai tulangan longitudinal (ρ = 1,86%) dan memenuhi persyaterat kekuatan dan stabilitas. Tulangan transversal dirancang 4D13-100 mm dengan panjang zona plastis 700 mm, serta telah memenuhi ketentuan kekangan dan kapasitas geser sesuai SNI 2847:2019.



Gambar 4.7 Detail Penulangan Kolom



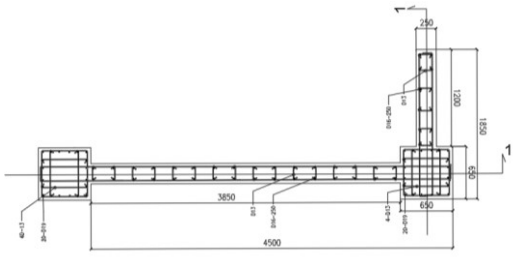
Gambar 4.8 Potongan Penulangan Kolom

4.14 Dinding geser

Dinding geser dirancang pada Zona 3 dengan tulangan badan 2D16-250 dan D13-250 untuk transversal. Kolom batas menggunakan 20D19 dan 4D13-130. Elemen batas khusus ditentukan berdasarkan metode displacement dan strength. Berdasarkan metode strength, diperlukan elemen batas khusus sepanjang 1000 mm dan tinggi 11.228 mm dengan confinement 3D13-100 mm sejajar dan 4D13-100 mm tegak lurus dinding.

- Simpangan antar lantai maksimum sebesar 75 mm < 110 mm.
- Kontribusi SRPMK terhadap gaya lateral > 25%.
- Prinsip Strong Column – Weak Beam telah dipenuhi.

Sistem pondasi menggunakan bore pile (400 mm) dan pile cap (1800×1800 mm), dengan tie beam yang dirancang untuk menahan beban vertikal dan penurunan diferensial.



Gambar 4.9 Detail Penangulangan Dinding Geser

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

- Telah dirancang dan dianalisis 9 disesuaikan dengan spesifikasi elemen struktur utama, yaitu: balok, perangkat keras yang memadai balok kantilever, kolom, pelat lantai, agar proses pemodelan berjalan pelat kantilever, tangga, dinding geser, lancar. pondasi *bore pile*, serta *pile cap* dan pengembangan *tie beam*.
- Penggunaan BIM (*Building Information Modeling*) mempercepat untuk melengkapi hasil proses desain dan detail gambar kerja perencanaan struktur. struktur.
- Sistem struktur yang digunakan sistem ganda, yaitu kombinasi SRPMK dan SDSK.
- Dimensi dan penulangan elemen struktur telah ditentukan secara rinci seluruh elemen struktural.
- Struktur memenuhi kriteria kekuatan, *1726:2019 - Tata Cara Perencanaan* kekakuan, dan daktilitas:

5.2 Saran

1. Perencanaan struktur sebaiknya selalu mengacu pada peraturan terbaru yang berlaku di Indonesia.
2. Penggunaan Autodesk Revit perlu disesuaikan dengan spesifikasi perangkat keras yang memadai agar proses pemodelan berjalan lancar.
3. Perlu dilakukan pengembangan lanjutan berupa perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) untuk melengkapi hasil perencanaan struktur.

DAFTAR PUSTAKA

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

Badan Standardisasi Nasional. (2019). SNI 1726:2019 - Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.BSN.

Badan Standardisasi Nasional. (2020). SNI 1727:2020 - Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain. BSN.

Kamil, M. (2021). “Desain Struktur Bangunan Beton Bertulang Tahan Gempa dengan Sistem Ganda.” Jurnal Teknik Sipil Indonesia.

Sutrisno, H. (2023). “Implementasi Sistem SRPMK dan SDSK dalam Gedung Tinggi.” Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil.

Suiswanto, A. (2021). “Evaluasi Kinerja Struktural Gedung Perkuliahan Terhadap Gempa.” Jurnal Rekayasa Struktur.

Liando, J. et al. (2020). “Analisis Struktur Bangunan Menggunakan ETABS dan Revit.” Jurnal Teknologi Konstruksi.