

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR ATAS PROYEK GEDUNG DIGI BRI RAGUNAN MENGGUNAKAN SISTEM SRPMK

Febri Anthoni Prastyo^{1,*}, Armin Naibaho², Trias Rahardianto³

Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang¹, Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang^{2,3}

Email : nadiniantoni81@gmail.com¹, armin.naibaho@polinema.ac.id², trias.rahardianto@polinema.ac.id³

ABSTRAK

Gedung bertingkat di wilayah seismik memerlukan sistem struktur yang aman, stabil, dan efisien untuk dilaksanakan. Penelitian ini membahas perencanaan ulang struktur atas Proyek Gedung Digi BRI Ragunan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) tanpa shearwall. Tujuan penelitian adalah menentukan preliminary design, pembebanan, kebutuhan penulangan elemen struktur, kontrol kinerja struktur, serta rencana anggaran biaya pekerjaan struktur atas. Metode yang digunakan berupa perencanaan struktur beton bertulang berdasarkan SNI 2847:2019, SNI 1726:2019, dan SNI 1727:2020. Pemodelan dan analisis struktur dilakukan dengan Tekla Structural Designer 2025, sedangkan gambar detail dibuat menggunakan AutoCAD Student Version 2025. Hasil perencanaan menunjukkan gedung termasuk Kategori Desain Seismik D, sehingga SRPMK sesuai digunakan sebagai sistem penahan gaya lateral. Dimensi elemen yang diperoleh meliputi pelat lantai 130 mm, balok B1 350/500 mm, balok B2 400/600 mm, balok anak 250/350 mm, kolom interior dengan tulangan 20D25, dan kolom eksterior dengan tulangan 16D25. Kontrol simpangan antar lantai memenuhi batas izin, dan nilai koefisien stabilitas P-Delta pada setiap lantai lebih kecil dari 0,1. Total RAB pekerjaan struktur atas berdasarkan lampiran AHSP dan RAB sebesar Rp36.542.503.967,44. Perencanaan ulang dengan SRPMK tanpa shearwall dapat menjadi alternatif sistem struktur yang lebih sederhana dari sisi pelaksanaan tanpa mengabaikan persyaratan kekuatan dan stabilitas.

Kata kunci : gedung bertingkat; SRPMK; struktur atas; beton bertulang; rencana anggaran biaya

ABSTRACT

High-rise buildings in seismic regions require structural systems that are safe, stable, and efficient to construct. This study discusses the redesign of the upper structure of the Digi BRI Ragunan Building Project using a Special Moment Resisting Frame (SMRF) without shear walls. The objectives are to determine the preliminary design, structural loading, reinforcement requirements, structural performance checks, and construction cost estimate for the upper structure. The method applies reinforced concrete design based on SNI 2847:2019, SNI 1726:2019, and SNI 1727:2020. Structural modeling and analysis were conducted using Tekla Structural Designer 2025, while reinforcement detailing was prepared using AutoCAD Student Version 2025. The results show that the building is classified as Seismic Design Category D, making SMRF appropriate as the lateral-force-resisting system. The resulting structural elements include a 130 mm slab, B1 beam of 350/500 mm, B2 beam of 400/600 mm, secondary beam of 250/350 mm, interior columns reinforced with 20D25, and exterior columns reinforced with 16D25. The interstory drift control satisfies the allowable limit, and the P-Delta stability coefficient on each story is less than 0.1. Based on the AHSP and RAB appendix, the final estimated upper-structure cost is Rp36,542,503,967.44. The redesign using SMRF without shear walls can be considered a simpler construction alternative while still meeting strength and stability requirements.

Keywords : high-rise building; SMRF; upper structure; reinforced concrete; cost estimate

1. PENDAHULUAN

Perencanaan struktur gedung beton bertulang harus memenuhi aspek kekuatan, kekakuan, stabilitas, dan keamanan pengguna. Pada gedung bertingkat, kebutuhan tersebut menjadi lebih penting karena struktur menerima beban gravitasi dan beban lateral yang besar. Beban lateral akibat gempa harus diperhitungkan secara cermat agar elemen struktur mampu bekerja secara duktail dan tidak mengalami kegagalan mendadak [1], [2].

Proyek Gedung Digi BRI Ragunan merupakan bagian dari pembangunan kawasan IT Center BRI Ragunan Paket 1 di Jakarta Selatan. Struktur eksisting direncanakan dengan sistem ganda, yaitu kombinasi SRPMK dan shearwall. Sistem tersebut memiliki kapasitas lateral yang baik, tetapi pelaksanaan shearwall dapat menambah kompleksitas bekisting, penulangan, pengecoran, dan koordinasi pekerjaan di lapangan.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini melakukan perencanaan ulang struktur atas menggunakan SRPMK tanpa shearwall. Sistem ini dipilih untuk memperoleh alternatif struktur yang lebih sederhana dari sisi pelaksanaan, tetapi tetap memenuhi persyaratan desain seismik, kekuatan elemen, simpangan antar lantai, stabilitas P-Delta, dan kebutuhan biaya konstruksi. Penelitian sejenis tentang SRPMK pada gedung bertingkat telah dilakukan pada hotel, rumah sakit, dan apartemen, dengan hasil bahwa SRPMK dapat digunakan pada bangunan bertingkat yang memerlukan daktilitas tinggi [4]-[6].

Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan kajian lebih lanjut mengenai perencanaan ulang struktur atas Gedung Digi BRI Ragunan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) tanpa shearwall. Penelitian ini berfokus pada beberapa aspek utama, yaitu penentuan dimensi awal elemen struktur melalui preliminary design, analisis beban yang bekerja pada struktur atas berdasarkan standar perencanaan yang berlaku, serta perencanaan elemen struktur pelat, balok, dan kolom berdasarkan hasil analisis struktur. Selain itu, penelitian ini juga mengkaji kebutuhan biaya konstruksi melalui perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) pekerjaan struktur atas. Kajian tersebut dilakukan untuk mengetahui kelayakan penerapan sistem SRPMK sebagai alternatif sistem struktur yang lebih sederhana dalam pelaksanaan konstruksi tanpa mengurangi aspek keamanan dan kinerja struktur bangunan.

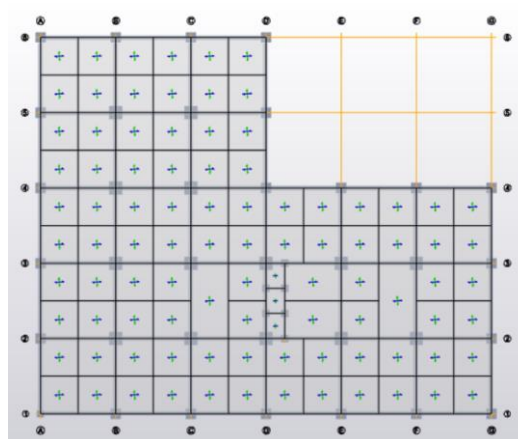
2. METODE

Objek kajian adalah Gedung IT Center BRI Ragunan Paket 1 di Jalan Harsono RM, Ragunan, Pasar Minggu, Jakarta Selatan. Gedung berfungsi sebagai perkantoran dan IT Center, terdiri atas 13 lantai dengan tinggi 52 m dan ukuran denah 48 m x 48 m. Data sekunder berupa Detail Engineering

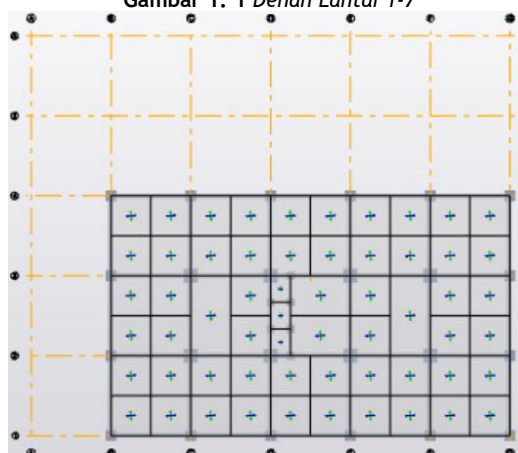
Design digunakan sebagai dasar geometri dan konfigurasi bangunan. Parameter utama perencanaan ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter utama perencanaan

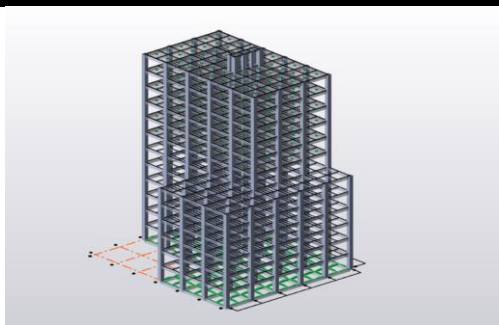
Parameter	Nilai
Sistem struktur	SRPMK tanpa dinding geser
Fungsi / jumlah lantai	Perkantoran dan IT Center / 13 lantai
Tinggi / ukuran denah	52 m / 48 m x 48 m
Mutu beton	f'c 30 MPa (pelat dan balok); f'c 40 MPa (kolom)
Mutu baja tulangan	fy 420 MPa
Perangkat analisis	Tekla Structural Designer 2025
Standar rujukan	SNI 1726:2019; SNI 1727:2020; SNI 2847:2019
Metode gempa	Analisis dinamis respons spektrum



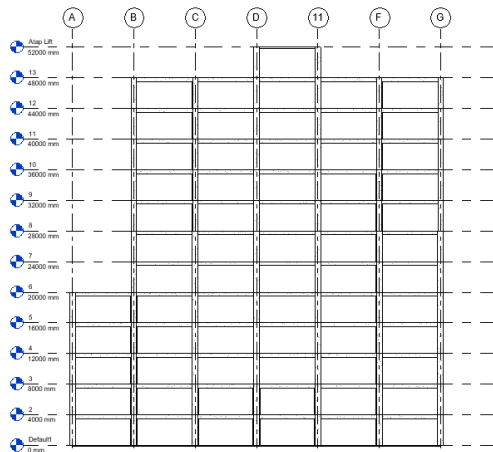
Gambar 1. 1 Denah Lantai 1-7



Gambar 1. 2 Denah Lantai 8-13



Gambar 1. 3 3D Isometri

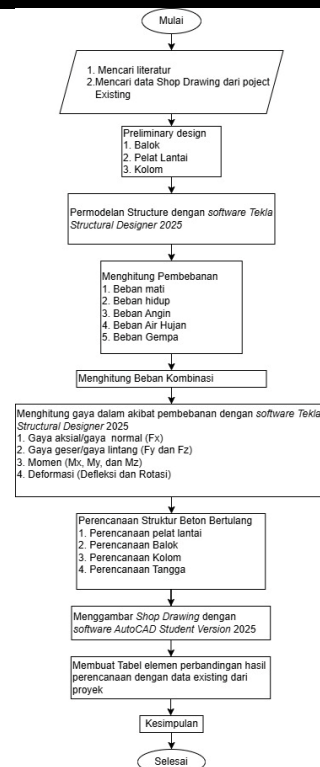


Gambar 1. 4 Potongan A-A

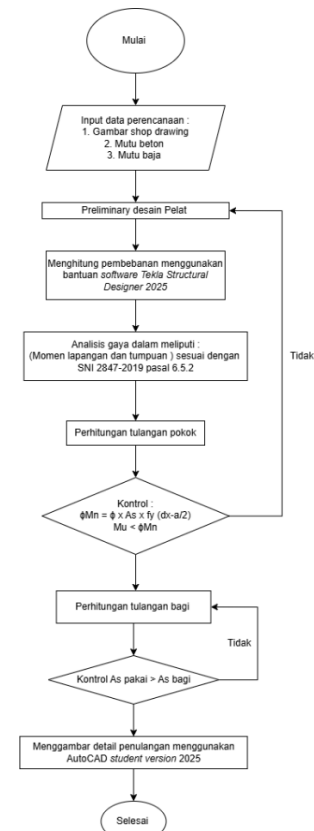


Gambar 1. 5 Potongan B-B

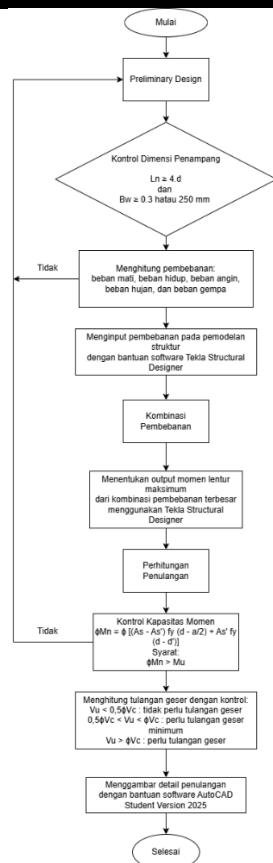
Tahapan penelitian diawali dengan preliminary design pelat, balok, dan kolom. Selanjutnya, beban mati, beban mati tambahan, beban hidup, beban hidup atap, angin, air hujan, dan gempa dihitung sesuai ketentuan. Model tiga dimensi kemudian dianalisis untuk memperoleh respons global dan gaya dalam. Hasil gaya dalam digunakan untuk desain tulangan berdasarkan SNI 2847:2019, sedangkan volume pekerjaan dan harga satuan wilayah Jakarta Selatan tahun 2025 digunakan dalam penyusunan RAB berdasarkan AHSP.



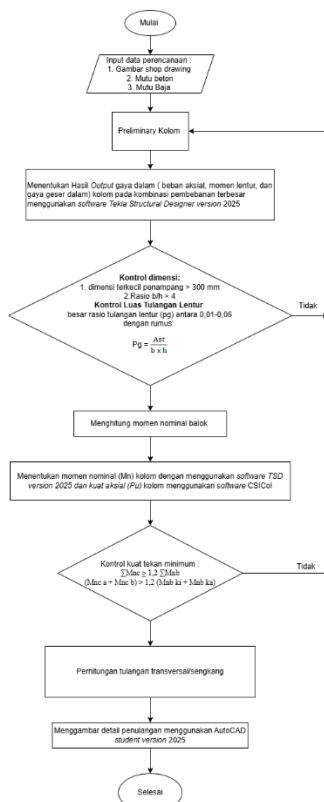
Gambar 1. 6 Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. 7 Diagram Alir Perencanaan Pelat



Gambar 1. 8 Diagram Alir Perencanaan Balok



Gambar 1. 9 Diagram Alir Perencanaan Kolom

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Preliminary Design dan Pembebanan

Preliminary design menghasilkan pelat lantai setebal 130 mm, balok induk B1 berukuran 350/500 mm, balok induk B2 berukuran 400/600 mm, serta balok anak B3 berukuran 250/350 mm. Untuk tahap awal pemodelan, dimensi kolom interior dan eksterior masing-masing ditetapkan 1400/1400 mm dan 1100/1100 mm. Peninjauan penampang selanjutnya dilakukan per kelompok lantai berdasarkan hasil gaya dalam dan rasio desain; rangkuman detail akhir ditampilkan pada Subbab 3.3.

Berdasarkan parameter respons spektrum lokasi Jakarta Selatan, gedung termasuk Kategori Desain Seismik D sehingga SRPMK digunakan sebagai sistem penahan gaya gempa. Pemeriksaan simpangan antar lantai dan stabilitas P-Delta pada Tabel 2 menunjukkan bahwa respons global struktur memenuhi batas yang dipersyaratkan. Simpangan terbesar terjadi pada lantai 6, yaitu 56,65 mm, dan masih berada di bawah simpangan izin 80 mm.

Tabel 2. Hasil kontrol respons global struktur

Parameter kontrol	Hasil	Batas kriteria	Status
Kategori desain seismik	D	SRPMK digunakan	Memenuhi
Simpangan antar lantai maksimum	56,65 mm (lantai i 6)	80 mm	Memenuhi
Pengaruh Delta	P-Seluruh lantai theta < 0,1	theta <= 0,1	Memenuhi

3.2 Gaya dalam hasil analisis

Analisis kombinasi pembebanan pada model Tekla Structural Designer 2025 menghasilkan gaya dalam yang digunakan sebagai dasar desain. Momen pelat maksimum terjadi pada arah X di tumpuan sebesar 9,744 kNm/m. Pada elemen balok, B2 memberikan momen dan gaya geser terbesar, yaitu 470,6 kNm dan 282,4 kN. Untuk kolom, gaya aksial terbesar sebesar 14.394 kN, sedangkan momen terbesar sebesar 110 kNm. Nilai-nilai tersebut menunjukkan bahwa B2 dan kolom lantai bawah menjadi elemen kritis dalam proses desain penulangan.

Tabel 3. Rekapitulasi gaya dalam maksimum

Elemen	Lokasi / arah kritis	Gaya maksimum	dalam	Satuan
Pelat	Arah X, tumpuan	M = 9,744		kNm/m
Pelat	Arah Y, tumpuan	M = 9,499		kNm/m
Balok B1	Tumpuan	M = 301,4		kNm
Balok B2	Tumpuan	M = 470,6; V = 282,4		kNm; kN
Balok B3	Tumpuan	M = 161,4		kNm
Kolom	Kombinasi kritis	Pu = 14.394; M = 110		kN; kNm

3.3 Desain penulangan elemen struktur

Kebutuhan tulangan direncanakan dengan mengacu pada hasil gaya dalam dan ketentuan detailing SRPMK. Pelat menggunakan D13-200 pada dua arah. Balok menggunakan tulangan longitudinal D25 dengan sengkang D10 yang dirapatkan di daerah tumpuan. Untuk kolom, penampang akhir dibuat bertingkat agar sesuai dengan penurunan gaya aksial sepanjang tinggi bangunan. Kolom interior berubah dari 900/900 mm pada lantai bawah menjadi 750/750 mm pada lantai atas, sedangkan kolom eksterior berubah dari 750/750 mm menjadi 700/700 mm. Seluruh konfigurasi pada Tabel 4 memenuhi pemeriksaan kekuatan dan detailing yang dilakukan.

Tabel 4. Rangkuman dimensi dan penulangan elemen struktur

Elemen	Dimensi rentang lantai	Tulangan longitudinal	Tulangan transversal
Pelat lantai	t = 130 mm	D13-200 arah X dan Y	-
Balok B1	350/500 mm	Tumpuan: 4D25 tekan, 7D25 tarik Lapangan: 4D25 tekan, 7D25 tarik	D10-120 (tumpuan) D10-200 (lapangan)
Balok B2	400/600 mm	Tumpuan: 4D25 tekan, 8D25 tarik Lapangan: 4D25 tekan, 8D25 tarik	D10-120 (tumpuan) D10-200 (lapangan)

Elemen	Dimensi rentang lantai	Tulangan longitudinal	Tulangan transversal
Balok B3	250/350 mm	Tumpuan: 3D25 tekan, 5D25 tarik Lapangan: 3D25 tekan, 5D25 tarik	D10-120 (tumpuan) D10-200 (lapangan)
Kolom interior	900/900 mm (lt. 1-2) sampai 750/750 mm (lt. 11-13)	20D25	4D13-100 (tumpuan) 4D13-150 (lapangan)
Kolom eksterior	750/750 mm (lt. 1-8) sampai 700/700 mm (lt. 9-13)	16D25	4D13-100 (tumpuan) 4D13-150 (lapangan)

3.4 Detail Transisi Tulangan Longitudinal Kolom

Dalam SNI 2847:2019, ketentuan mengenai perubahan posisi tulangan longitudinal kolom dijelaskan pada bagian offset bent tulangan longitudinal. Ketentuan tersebut mengatur bahwa kemiringan tulangan longitudinal yang dibengkokkan akibat perubahan posisi tidak boleh dibuat terlalu curam. Rasio kemiringan maksimum yang digunakan adalah **1 : 6**, yaitu setiap pergeseran horizontal 1 satuan harus memiliki tinggi vertikal minimal 6 satuan.

Secara sederhana, hubungan dapat ditulis sebagai berikut:

$$h = 6 \times e$$

$$h = \text{tinggi minimal daerah offset tulangan}$$

$$e = \text{pergeseran horizontal tulangan}$$

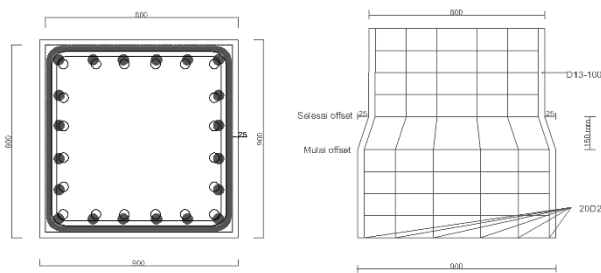
$$h = 6 \times (900-850)$$

$$= 6 \times 50$$

$$= 150 \text{ mm}$$

Karena nilai $h < 75 \text{ mm}$ maka tulangan longitudinal boleh ditebuk

Berikut merupakan detail sambungan kolom Interior lantai 2 ke lantai 3



Gambar 1. 10 Detail Gambar Transisi Tulangan Longitudinal Kolom

3.5 Rencana Anggaran Biaya

RAB pekerjaan struktur atas dihitung dari volume pekerjaan beton, bekisting, dan penulangan dengan harga satuan Jakarta Selatan tahun 2025. Metode ini menggunakan Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) agar estimasi biaya mencerminkan kebutuhan material, tenaga kerja, dan peralatan pada lokasi proyek. Rekapitulasi biaya ditampilkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya pekerjaan struktur atas

RENCANA ANGGARAN BIAYA			
PEKERJAAN = PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG BRI RAGUNAN PAKET 1			
LOKASI = JL. HJ Sinen, Ragunan, Jakarta Selatan			
LINGKUP PEKERJAAN = Pekerjaan Struktur			
No	Uraian Pekerjaan	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah Harga (Rp.)
I	PEKERJAAN STRUKTUR		
A.	STRUKTUR LANTAI 1		Rp2.972.225.614,80
	Pekerjaan Kolom	Rp469.328.284,16	
	Pekerjaan Balok	Rp1.125.684.288,88	
	Pekerjaan Plat Lantai	Rp1.377.213.041,76	
B.	STRUKTUR LANTAI 2		Rp2.972.225.614,80
	Pekerjaan Kolom	Rp469.328.284,16	
	Pekerjaan Balok	Rp1.125.684.288,88	
	Pekerjaan Plat Lantai	Rp1.377.213.041,76	
C.	STRUKTUR LANTAI 3		Rp2.960.674.697,80
	Pekerjaan Kolom	Rp457.777.367,16	
	Pekerjaan Balok	Rp1.125.684.288,88	
	Pekerjaan Plat Lantai	Rp1.377.213.041,76	
D.	STRUKTUR LANTAI 4		Rp2.960.674.697,80
	Pekerjaan Kolom	Rp457.777.367,16	
	Pekerjaan Balok	Rp1.125.684.288,88	

	Pekerjaan Plat Lantai	Rp1.377.213.041,76
E.	STRUKTUR LANTAI 5	Rp2.960.674.697,80
	Pekerjaan Kolom	Rp457.777.367,16
	Pekerjaan Balok	Rp1.125.684.288,88
	Pekerjaan Plat Lantai	Rp1.377.213.041,76
F.	STRUKTUR LANTAI 6	Rp2.949.525.980,78
	Pekerjaan Kolom	Rp446.628.650,14
	Pekerjaan Balok	Rp1.125.684.288,88
	Pekerjaan Plat Lantai	Rp1.377.213.041,76
G.	STRUKTUR LANTAI 7	Rp2.949.525.980,78
	Pekerjaan Kolom	Rp446.628.650,14
	Pekerjaan Balok	Rp1.125.684.288,88
	Pekerjaan Plat Lantai	Rp1.377.213.041,76
H.	STRUKTUR LANTAI 8	Rp2.045.626.809,16
	Pekerjaan Kolom	Rp295.561.322,08
	Pekerjaan Balok	Rp717.155.705,76
	Pekerjaan Plat Lantai	Rp1.032.909.781,32
I.	STRUKTUR LANTAI 9	Rp2.033.763.447,72
	Pekerjaan Kolom	Rp283.697.960,64
	Pekerjaan Balok	Rp717.155.705,76
	Pekerjaan Plat Lantai	Rp1.032.909.781,32
J.	STRUKTUR LANTAI 10	Rp2.033.763.447,72
	Pekerjaan Kolom	Rp283.697.960,64
	Pekerjaan Balok	Rp717.155.705,76
	Pekerjaan Plat Lantai	Rp1.032.909.781,32
K.	STRUKTUR LANTAI 11	Rp2.027.497.918,76
	Pekerjaan Kolom	Rp277.432.431,68
	Pekerjaan Balok	Rp717.155.705,76
	Pekerjaan Plat Lantai	Rp1.032.909.781,32
L.	STRUKTUR LANTAI 12	Rp2.027.497.918,76
	Pekerjaan Kolom	Rp277.432.431,68
	Pekerjaan Balok	Rp717.155.705,76
	Pekerjaan Plat Lantai	Rp1.032.909.781,32
M.	STRUKTUR LANTAI 13	Rp2.027.497.918,76
	Pekerjaan Kolom	Rp277.432.431,68
	Pekerjaan Balok	Rp717.155.705,76
	Pekerjaan Plat Lantai	Rp1.032.909.781,32
TOTAL PEKERJAAN STRUKTUR		Rp32.921.174.745,44
TOTAL BIAYA + PPN 11%		Rp36.542.503.967,44

4. KESIMPULAN

Hasil preliminary design struktur atas Gedung Digi BRI Ragunan dilakukan berdasarkan ketentuan peraturan yang berlaku, terutama SNI 2847:2019. Dari hasil perencanaan awal, diperoleh dimensi elemen struktur berupa pelat lantai dengan tebal 130 mm, balok induk B1 berukuran 350/500 mm, balok induk B2 berukuran 400/600 mm, balok anak B3 berukuran 250/350 mm, kolom interior berukuran 1400/1400 mm, dan kolom eksterior berukuran 1100/1100 mm. Dimensi tersebut digunakan sebagai dasar dalam pemodelan dan analisis struktur menggunakan Tekla Structural Designer 2025.

Beban-beban yang bekerja pada struktur atas Gedung Digi BRI Ragunan dihitung berdasarkan ketentuan SNI 1727:2020 dan SNI 1726:2019. Beban yang diperhitungkan meliputi beban mati, beban mati tambahan, beban hidup, beban hidup atap, beban angin, beban air hujan, dan beban gempa. Berdasarkan hasil analisis gempa, gedung termasuk dalam Kategori Desain Seismik D, sehingga penggunaan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) sesuai digunakan. Hasil kontrol simpangan antar lantai memenuhi simpangan izin, sedangkan nilai koefisien stabilitas P-Delta pada setiap lantai lebih kecil dari 0,1, sehingga pengaruh P-Delta dapat diabaikan dan struktur dinyatakan stabil terhadap beban lateral.

Berdasarkan hasil analisis struktur menggunakan software Tekla Structural Designer 2025, diperoleh gaya-gaya dalam maksimum pada elemen struktur atas Gedung Digi BRI Ragunan yang meliputi pelat, balok, dan kolom. Pada pelat lantai diperoleh momen maksimum arah X sebesar 9,744 kNm/m pada tumpuan dan 5,739 kNm/m pada lapangan, sedangkan arah Y sebesar 9,499 kNm/m pada tumpuan dan 5,577 kNm/m pada lapangan. Pada elemen balok diperoleh momen maksimum terbesar terjadi pada balok B2 sebesar 470,6 kNm dengan gaya geser maksimum sebesar 282,4 kN, sedangkan pada balok B1 dan B3 masing-masing diperoleh momen maksimum sebesar 301,4 kNm dan 161,4 kNm. Pada elemen kolom diperoleh gaya aksial maksimum sebesar 14.394 kN dengan momen maksimum sebesar 110 kNm. Hasil gaya-gaya dalam tersebut digunakan sebagai dasar perencanaan kebutuhan tulangan dan pemeriksaan kapasitas elemen struktur, sehingga seluruh elemen struktur atas mampu memenuhi persyaratan kekuatan berdasarkan SNI 1726:2019, SNI 1727:2020, dan SNI 2847:2019.

Hasil perencanaan dan perhitungan penulangan elemen struktur atas menunjukkan bahwa elemen pelat, balok, dan kolom telah memenuhi kebutuhan kekuatan berdasarkan hasil analisis struktur. Pelat lantai direncanakan dengan tebal 130 mm dan tulangan D13-200 pada arah X dan arah Y. Balok B1 350/500 mm menggunakan tulangan tumpuan 4D25 tekan, 7D25 tarik, sengkang D10-120, serta tulangan lapangan 4D25 tekan, 7D25 tarik, sengkang D10-200. Balok

B2 400/600 mm menggunakan tulangan tumpuan 4D25 tekan, 8D25 tarik, sengkang D10-120, serta tulangan lapangan 4D25 tekan, 8D25 tarik, sengkang D10-200. Balok anak B3 250/350 mm menggunakan tulangan tumpuan 3D25 tekan, 5D25 tarik, sengkang D10-120, serta tulangan lapangan 3D25 tekan, 5D25 tarik, sengkang D10-200. Kolom interior menggunakan tulangan longitudinal 20D25 dengan tulangan transversal tumpuan 4D13-100 dan lapangan 4D13-150, sedangkan kolom eksterior menggunakan tulangan longitudinal 16D25 dengan tulangan transversal tumpuan 4D13-100 dan lapangan 4D13-150.

Rencana Anggaran Biaya pekerjaan struktur atas Gedung Digi BRI Ragunan dihitung berdasarkan volume pekerjaan dan Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) wilayah Jakarta Selatan tahun 2025. Berdasarkan hasil rekapitulasi, total biaya pekerjaan struktur adalah **Rp32.921.174.745,44**, sedangkan total biaya setelah ditambahkan PPN 11% adalah **Rp36.542.503.967,44**.

Kontrol simpangan antar lantai memenuhi batas izin dengan simpangan maksimum 56,65 mm dari batas 80 mm. Kontrol P-Delta juga memenuhi syarat karena koefisien stabilitas maksimum sebesar 0,0026 atau lebih kecil dari 0,1.

Rencana anggaran biaya pekerjaan struktur atas berdasarkan lampiran AHSP dan RAB adalah Rp36.542.503.967,44. Dengan hasil tersebut, perencanaan ulang menggunakan SRPMK tanpa shearwall dapat menjadi alternatif yang lebih sederhana dari sisi pelaksanaan, terutama pada pekerjaan bekisting, penulangan, dan koordinasi elemen struktur.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Standardisasi Nasional, Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung, SNI 1726:2019. Jakarta: BSN, 2019.
- [2] Badan Standardisasi Nasional, Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain, SNI 1727:2020. Jakarta: BSN, 2020.
- [3] Badan Standardisasi Nasional, Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung, SNI 2847:2019. Jakarta: BSN, 2019.
- [4] J. Magfiroh, R. Nevilia, R. Rasiwan, and R. Ariansyah, "Perencanaan Struktur dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus pada Hotel Nawasena di Singkawang," *Journal of Research and Innovation in Civil Engineering*, 2025.
- [5] H. Fakhruddin, A. Naibaho, and W. Wahiddin, "Perencanaan Ulang Struktur Gedung Rumah Sakit UPT Vertikal Surabaya Tower B," *Jurnal Online Skripsi Manajemen Rekayasa Konstruksi*, vol. 5, no. 4, pp. 132-139, 2024.
- [6] H. Muhlisin, R. Nawang Sari, and S. Sukatja, "Planning Earthquake Resistant Upper Building Structures with Moment Resisting Frame System in the Mardhika Park Apartment Building 20 Floors Tambun Bekasi," 2022.
- [7] M. H. F. Rasheed and A. Z. S. Agha, "Minimum Depth-Span Ratio of Beams in Order to Control Maximum Permissible Deflection," 2020, doi: 10.2174/1874149502014010402.
- [8] N. Graciella, T. Tj, and J. Tjakra, "Perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) Pekerjaan Arsitektur," 2024.

[9] Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Pedoman
Penyusunan Perkiraan Biaya Pekerjaan Konstruksi Bidang

Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Permen PUPR No. 8
Tahun 2023. Jakarta: Kementerian PUPR, 2023.