

MODIFIKASI STRUKTUR ATAS GEDUNG TEKNIK 1 KAMPUS 3 UIN MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG

Alya Firdausi Fatca Maulidina¹, Armin Naibaho²

Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang¹, Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang²

Koresponden*, Email: alyafatca@gmail.com¹, armin.naibaho1967@gmail.com²

ABSTRAK

Perencanaan struktur atas Gedung Teknik 1 Kampus 3 UIN Maulana Malik Ibrahim Malang dilakukan sebagai upaya untuk merencanakan ulang struktur bangunan akibat adanya modifikasi jumlah lantai bangunan pada eksisting 4 lantai menjadi 6 lantai. Gedung ini direncanakan sebagai bangunan bertingkat dengan sistem struktur beton bertulang yang terdiri dari elemen pelat lantai, balok, kolom, dan tangga. Tujuan dari perencanaan ini adalah untuk memperoleh dimensi elemen struktur dan penulangan yang aman serta memenuhi ketentuan peraturan yang berlaku. Data yang digunakan dalam perencanaan meliputi gambar kerja, serta beban-beban yang bekerja pada struktur. Metode perhitungan struktur dilakukan dengan bantuan perangkat lunak analisis struktur ETABS 22 untuk menghitung besar gaya-gaya dalam yang terjadi (V_x , D_x , N_x). Perhitungan pembebanan mengacu pada SNI 1727:2020 untuk beban gravitasi dan SNI 1726:2019 untuk beban gempa, sedangkan perencanaan elemen struktur beton bertulang mengacu pada SNI 2847:2019. Hasil perencanaan menunjukkan bahwa tebal pelat lantai yang digunakan adalah 12 cm yang diperoleh dari dua metode perhitungan pelat dan ditetapkan berdasarkan ketentuan SNI 8900:2020. Dimensi balok yang direncanakan meliputi balok induk berukuran 50/70 cm, balok anak berukuran 30/40 cm, dan balok kantilever berukuran 25/35 cm, sedangkan dimensi kolom bervariasi sesuai ketinggian bangunan yaitu 100/100 cm, 90/90 cm, dan 80/80 cm. Diperoleh bahwa total biaya struktur atas bangunan hasil modifikasi ulang adalah sebesar Rp 61.627.708.205. Berdasarkan hasil analisis dan perencanaan, struktur atas gedung dinyatakan mampu menahan beban-beban yang bekerja dan memenuhi persyaratan kekuatan serta layanan.

Kata kunci : *desain, analisis, struktur, beton bertulang, pembebanan, ETABS, SNI 2847-2019*

1. Pendahuluan

Pendidikan tinggi menjadi pilar utama pembangunan sumber daya manusia berkualitas di Indonesia, khususnya di Kota Malang sebagai pusat pendidikan Jawa Timur dengan pertumbuhan mahasiswa 1.000 orang per tahun menurut BPS Jawa Timur. Peningkatan ini menuntut penyesuaian infrastruktur gedung perkuliahan untuk mendukung proses belajar mengajar yang kondusif, termasuk ruang kelas terpisah per jurusan. Modifikasi struktur atas gedung bertingkat, seperti penambahan lantai pada Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK), menjadi topik utama penelitian ini sesuai SNI 1726:2019, SNI 1727:2020, dan SNI 2847:2019. Gedung Teknik 1 Kampus 3 UIN Maulana Malik Ibrahim Malang saat ini hanya 4 lantai, digunakan bersama jurusan Teknik Elektro, Mesin, dan Sipil, menyebabkan interaksi mahasiswa campur aduk yang menghambat pembelajaran fokus. Kesenjangan muncul karena kurangnya analisis modifikasi vertikal eksisting di zona gempa sedang (KDS D, situs SD) dengan ETABS untuk SRPMK. Modifikasi struktural tinggi secara ilmiah untuk menguji kestabilan beban tambahan (gempa dominan SDS/SD1 dari peta

SNI) dan praktis untuk akomodasi mahasiswa UIN Malang, mencegah kegagalan seperti lendutan berlebihan atau simpangan antar lantai $>0,02h$. Di Kota Batu rawan gempa, perencanaan ulang struktur atas (pelat, balok, kolom, tangga) esensial memastikan keselamatan dan efisiensi biaya RAB. Penelitian ini bertujuan menghitung pembebanan dan preliminary design elemen struktur atas Gedung Teknik 1, menganalisis penulangan pelat/balok/kolom, serta menyusun RAB modifikasi dari 4 menjadi 6 lantai. Analisis menggunakan ETABS 22 untuk gaya dalam, AutoCAD 2021 untuk gambar kerja, tanpa struktur bawah.

2. Tinjauan Pustaka

Struktur bangunan gedung terbagi menjadi struktur atas (di atas muka tanah) dan bawah (termasuk fondasi), dengan struktur rangka bertanggung jawab atas keselamatan terhadap beban gravitasi dan lateral. Penelitian terdahulu mendukung pendekatan ini. Fadjarmuzain (2023) merencanakan gedung startup Malang menggunakan SNI 2847/SNI1727/SNI1726 dan menghasilkan pelat 12 cm D12-150, balok B1 5D19 bawah/7D19 atas, kolom K1 20D22; relevan untuk

dimensi dasar SRPMK. Pamungkas (2021) pada asrama Batu (SNI serupa) menemukan pelat 13 cm S13-150, balok induk 30x50 cm 4S13 atas/2S13 bawah, kolom 50x50 cm 16S22; berguna untuk RAB efisien. Studi lain mencakup Avicenna Qurrata Ayun (2023, duplikasi Fadarmuzain: pelat 12-150, kolom variabel D22-D25); Alfin Putra (2021, beton-baja hybrid); serta contoh SNI seperti Fadarmuzain-inspired pada gedung sekolah (pelat 12 cm, R=8 gempa). Secara empiris, temuan menunjukkan tulangan aman di zona sedang.

3. Analisa Data

i. Preliminary Design

Preliminary design adalah suatu tahapan analisa untuk memperkirakan dimensi struktur awal yang selanjutnya akan dilakukan perhitungan dengan bantuan software komputer seperti ETABS 22 untuk memperoleh dimensi yang efisien dan kuat. Pada perencanaan Pembangunan Gedung Teknik 1 Kampus III UIN Maulana Malik Ibrahim Malang ini diawali dengan preliminary design balok, pelat lantai dan kolom.

Tabel 2. 1. Konfigurasi Model 1

Elemen	Dimensi		
	P	L	T
Pelat			120
Balok Induk	700	500	
Balok Anak	400	300	
Balok Kantilever	350	250	
Kolom K1	1000		
Kolom K2	900		
Kolom K3	800		

ii. Perhitungan Pembebanan

Struktur bangunan dikatakan aman apabila mampu menahan beban mati, beban hidup dan lingkungan yang bekerja dalam merancang struktur bangunan. Dalam merancang pembebanan struktur perlu dilakukan identifikasi terhadap beban-beban yang bekerja sesuai dengan standart yang berlaku. Pembebanan mengacu pada SNI 1727:2020 dan SNI 1726:2019 untuk beban gempa. Berikut merupakan beban-beban yang bekerja pada bangunan gedung perkuliahan:

1. Beban Mati

Beban mati terdiri dari beban mati akibat berat sendiri dan beban mati akibat elemen arsitektural (*Super Impose Dead Load*). Beban mati tambahan diidealisasi sebagai berikut:

Beban mati pada elemen pelat lantai : 1,773 kN/m²
 Beban mati pada elemen beban garis: 1,415 kN/m²
 Beban mati pada elemen dak atap: 0,89 kN/m²

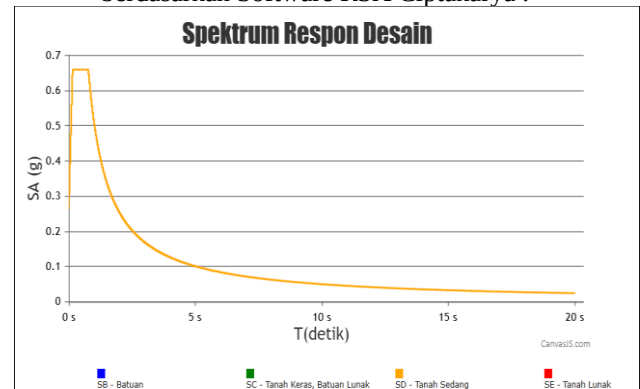
2. Beban Hidup

Besaran nilai beban hidup yang dimasukkan kedalam software Etabs 22 disesuaikan dengan jenis ruangan yang digunakan pada setiap lantai. Perancangan besaran beban hidup bangunan ini mengacu pada SNI 1727-2020 Halaman 26 Tabel 4.3.1. Beban hidup dapat diidealisasi dengan mengambil beban hidup sesuai dengan pemanfaatan bangunan, dalam hal ini diambil

beban hidup sebesar 6,00 kN/m² yang merupakan beban hidup terberat dan mewakili fungsi bangunan sebagai bangunan perkuliahan.

3. Beban Gempa

Beban gempa adalah beban yang diakibatkan oleh pengaruh Gerakan tanah akibat gempa yang bekerja secara horizontal. Salah satu analisis gempa yang dapat dilakukan adalah dengan menggunakan analisis respons spektrum ragam. Berikut merupakan grafik respon spektrum berdasarkan Software RSA Ciptakarya :



Gambar 2. 1. Kurva Respons Spektrum Desain

iii. Pengecekan ketidakberaturan struktur

Langkah yang perlu diperhatikan sebelum menghitung beban gempa yang perlu diperhatikan adalah perhitungan ketidak beraturan bangunan. Ketidak beraturan bangunan dibagi menjadi 2, yaitu ketidak beraturan horizontal dan ketidakberaturan vertikal yang keduanya dapat dianalisis sesuai dengan tabel 13 dan 14 SNI 1726:2019. Berikut dibawah ini merupakan perhitungan dari ketidak beraturan bangunan:

Tabel 2. 2. Rekap Ketidakberaturan Horizontal

No	Tipe	Pasal Refrensi	KDS	Keterangan
1a	Ketidakberaturan Torsi	Pasal 7.3.3.4	D-F	Tidak
		Pasal 7.8.4.3	C-F	
		Tabel 16	Semua	
		Pasal 11.3.4	Semua	
		Pasal 7.3.4.2	D-F	
		Pasal 7.7.3	B-D	
1b	Ketidakberaturan Torsi Berlebihan	Pasal 7.12.1	D-F	Ok
		Pasal 7.3.3.4		
		Pasal 7.8.4.3	C-F	
		Tabel 16	Semua	

No	Tipe	Pasal Refrensi	KDS	Keterangan	No	Tipe	Pasal Refrensi	KDS	Keterangan
2	Ketidakberaturan Sudut Dalam	Pasal 11.3.4	Semua	Tidak termasuk	5a	Akibat Diskontinuitas Kekauan Lateral Tingkat Ketidakberaturan Tingkat Lemah Berlebihan Akibat Diskontinuitas Kekauan Lateral Tingkat	Tabel 16	D-F	Ok
		Pasal 7.3.4.2	D-F						
		Pasal 7.7.3	B-D						
		Pasal 7.12.1							
		Pasal 7.3.3.4	D-F						
3	Ketidakberaturan Diskontinuitas Diafragma	Tabel 16	Semua	Ok			Pasal 7.3.3.2	B-C	
					Tabel 16	D-F			
4	Ketidakberaturan Akibat Pergeseran Tegak Lurus Terhadap Bidang	Pasal 7.3.3.3	Semua	Tidak termasuk	Maka diperoleh bahwa struktur memiliki ketidakberaturan Horizontal 1a. Sehingga perlu dilakukan analisis lebih lanjut sesuai dengan pasal-pasal refrensi yang ada pada tabel.				
		Pasal 7.7.3	B-D		iv. Kontrol Kemampuan Layan				
		Pasal 7.3.3.4	D-F		Dalam pelaksanaan pekerjaan konstruksi bangunan bertingkat, perbedaan elevasi atau ketebalan antar lantai dapat terjadi akibat toleransi pelaksanaan dan kondisi lapangan. Oleh karena itu, diperlukan pengaturan mengenai simpangan izin antar lantai sebagai acuan dalam evaluasi kualitas pekerjaan struktur serta untuk memastikan kesesuaian dengan gambar perencanaan dan standar teknis yang berlaku. Pengaturan ini bertujuan untuk menjamin keamanan, kestabilan, serta fungsi bangunan sesuai dengan desain yang telah ditetapkan. Oleh karena itu, berikut merupakan perhitungan simpangan ijin antar lantai:				
		Tabel 16	Semua						
		Pasal 7.5.3	C		Tidak termasuk				
Tabel 16	Semua								
Berdasarkan Tabel 2. 2 didapatkan bahwa struktur memiliki ketidakberaturan horizontal tipe 2.									
Tabel 2. 3. Rekap Ketidakberaturan Vertikal									
No	Tipe	Pasal Refrensi	KDS	Keterangan	Tabel 2. 4. Simpangan Antar Tingkat				
1a	Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak	Tabel 16	D-F	Ok	Lantai	Story Drift		Drift Limit (Δa)	Cek
						Δ_x	Δ_y		
1b	Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak Berlebihan	Tabel 16	D-F	Ok			(mm)	(mm)	
					Dak Atap	7.25	12.44	32.31	OK
2	Ketidakberaturan Massa	Tabel 16	D-F	Ok	6	20.39	22.47	51.92	OK
					5	30.79	31.83	51.92	OK
3	Ketidakberaturan Geometri Vertikal	Tabel 16	D-F	Ok	4	36.75	37.02	51.92	OK
					3	38.71	38.37	51.92	OK
4	Ketidakberaturan Diskontinuitas Bidang Pada elemen Vertikal	Tabel 16	D-F	Tidak	2	32.57	30.96	51.92	OK
					1	15.51	16.39	51.92	OK
5a	Ketidakberaturan Tingkat Lemah	Pasal 7.3.3.1	E-F	Ok	v. P Delta				
Selain simpangan antar tingkat juga perlu dilakukan analisis P-Delta effect untuk mengetahui kestabilan struktur.									

Tabel 2. 5. Pengaruh P-Delta

Story	h (mm)	θ_{max}	θ	Kontrol
7	2800	0.091	0.0012	OK
6	4500	0.091	0.0017	OK
5	4500	0.091	0.0040	OK
4	4500	0.091	0.0066	OK
3	4500	0.091	0.0093	OK
2	4500	0.091	0.0089	OK
1	4500	0.091	0.0058	OK

Karena $\theta < \theta_{max}$, maka P delta tidak perlu diperhitungkan.

vi. Perencanaan Struktur Beton Bertulang

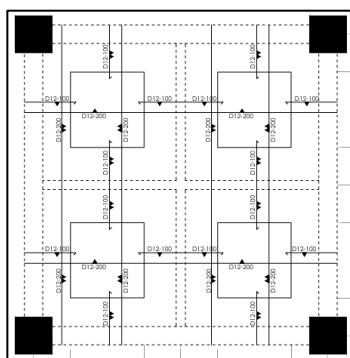
Hasil analisis struktur beton bertulang meliputi elemen pelat lantai, balok, kolom, dan fondasi. Berikut hasil analisis untuk struktur beton bertulang.

1. Pelat lantai (120 mm)

Pelat lantai direncanakan memiliki tebal 120 mm dengan selimut beton sebesar 40 mm. Sehingga penulangan pada pelat lantai diperoleh hasil sebagai berikut:

- Lapangan = 12-100
- Tumpuan = 12-200

Dibawah ini adalah gambar penulangan pelat lantai.



Gambar 2. 2. Detail Pelat Lantai

2. Balok Induk (B1 500x700)

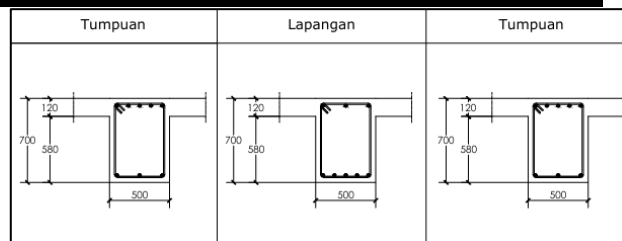
Balok B1 memiliki dimensi 500x700, berdasarkan analisa statika dengan software yang digunakan diperoleh besar gaya berfaktor sebagai berikut:

- Mu max lapangan = 373,451 kN.m
- Mu max tumpuan = 354,226 kN.m
- Vu max = 305,177 kN

Sehingga penulangan pada balok B1 diperoleh hasil sebagai berikut:

- Tumpuan (-) = 5 D22
- Tumpuan (+) = 3 D22
- Lapangan (-) = 3 D22
- Lapangan (+) = 5 D22
- Sengkang tumpuan = D10-100
- Sengkang lapangan = D10-150

Dibawah ini adalah gambar penulangan balok B1.



Gambar 2. 3. Detail Balok Induk B1

3. Balok Anak (B2 300x400)

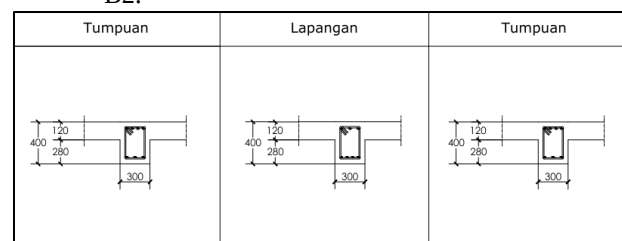
Balok B2 memiliki dimensi 300x400, berdasarkan analisa statika dengan software yang digunakan diperoleh besar gaya berfaktor sebagai berikut:

- Mu max lapangan = 203,891 kN.m
- Mu max tumpuan = 168,404 kN.m
- Vu max = 134,339 kN

Sehingga penulangan pada balok B1 diperoleh hasil sebagai berikut:

- Tumpuan (-) = 4 D22
- Tumpuan (+) = 3 D22
- Lapangan (-) = 3 D22
- Lapangan (+) = 4 D22
- Sengkang tumpuan = D10-100
- Sengkang lapangan = D10-130

Dibawah ini adalah gambar penulangan balok B2.



Gambar 2. 4. Detail Balok Induk B1

4. Balok Kantilever (B3 250x350)

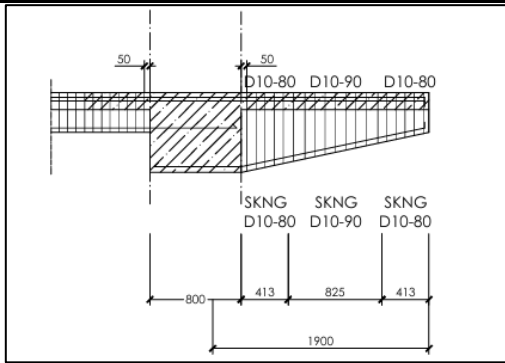
Balok B3 memiliki dimensi 250x350, berdasarkan analisa statika dengan software yang digunakan diperoleh besar gaya berfaktor sebagai berikut:

- Mu max tumpuan = 115,057 kN.m
- Vu max = 89,017 kN

Sehingga penulangan pada balok B1 diperoleh hasil sebagai berikut:

- Tumpuan (-) = 5 D19
- Tumpuan (+) = 5 D19
- Lapangan (-) = 3 D19
- Lapangan (+) = 3 D19
- Sengkang tumpuan = D10-80
- Sengkang lapangan = D10-950

Dibawah ini adalah gambar penulangan balok B3.



Gambar 2. 5. Detail Balok Induk B1

5. Kolom Lt 1-2 (K1 1000x1000)

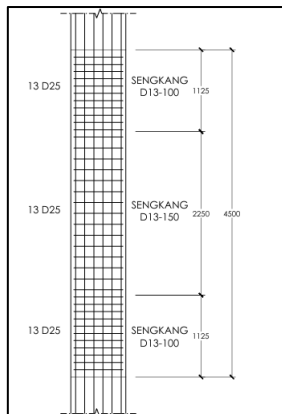
Kolom K1 memiliki dimensi 1000x1000, berdasarkan analisa statika dengan software yang digunakan diperoleh besar gaya berfaktor sebagai berikut:

- Mux = 2126,2919 kN.m
- Muy = 2212,0619 kN.m
- Pu max = 6589,9535 kN

Sehingga penulangan pada kolom k1 diperoleh hasil sebagai berikut:

- Tulangan Utama = 13 D25
- Sengkang tumpuan = 4D13-100
- Sengkang lapangan = 4D13-150

Dibawah ini adalah gambar penulangan kolom K1.



Gambar 2. 6. Detail Kolom K1

6. Kolom Lt 3-4 (K2 900x900)

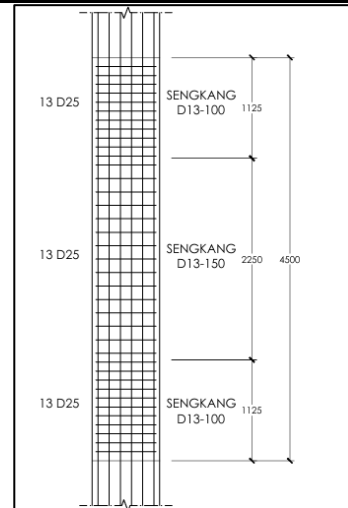
Kolom K2 memiliki dimensi 900x900, berdasarkan analisa statika dengan software yang digunakan diperoleh besar gaya berfaktor sebagai berikut:

- Mux = 1266,1581 kN.m
- Muy = 1131,6859 kN.m
- Pu max = 4169,2042 kN

Sehingga penulangan pada kolom k2 diperoleh hasil sebagai berikut:

- Tulangan Utama = 12 D25
- Sengkang tumpuan = 4D13-100
- Sengkang lapangan = 4D13-150

Dibawah ini adalah gambar penulangan kolom K2.



Gambar 2. 7. Detail Kolom K2

7. Kolom Lt 5-atap (K3 800x800)

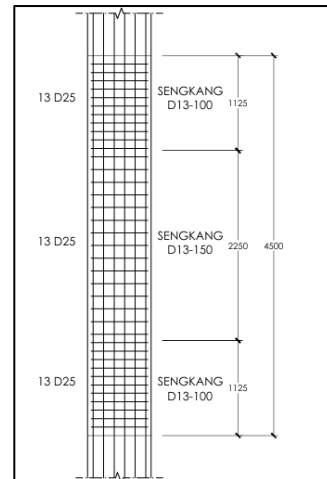
Kolom K3 memiliki dimensi 800x800, berdasarkan analisa statika dengan software yang digunakan diperoleh besar gaya berfaktor sebagai berikut:

- Mux = 2126,2919 kN.m
- Muy = 2212,0619 kN.m
- Pu max = 6589,9535 kN

Sehingga penulangan pada kolom k2 diperoleh hasil sebagai berikut:

- Tulangan Utama = 12 D25
- Sengkang tumpuan = 4D13-100
- Sengkang lapangan = 4D13-150

Dibawah ini adalah gambar penulangan kolom K3.



Gambar 2. 8. Detail Kolom K3

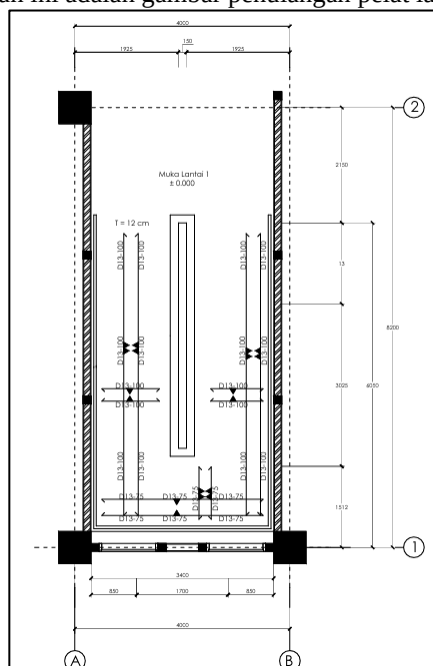
8. Pelat Tangga (120 mm)

Pelat tangga direncanakan memiliki tebal 120 mm dengan selimut beton sebesar 40 mm. Sehingga penulangan pada pelat lantai diperoleh hasil sebagai berikut:

- Tangga arah X = D13-100
- Tangga arah Y = D13-100
- Bordes arah X = D13-75

- Bordes arah Y = D13-75

Dibawah ini adalah gambar penulangan pelat lantai.



Gambar 2. 9. Detail Pelat Tangga

vii. Rencana Anggaran Biaya

Dalam mengevaluasi kelayakan teknis dan efisiensi biaya terhadap rencana modifikasi bangunan, dilakukan perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) dengan membandingkan antara kondisi bangunan eksisting dan bangunan yang telah dimodifikasi ulang. Perhitungan ini bertujuan untuk melihat dampak perubahan desain terhadap keseluruhan biaya konstruksi, serta mengidentifikasi elemen-elemen pekerjaan yang mengalami perubahan signifikan. Perhitungan perbandingan RAB bangunan eksisting dan bangunan yang dimodifikasi dihitung berdasarkan volume pekerjaan struktur saja. Berikut merupakan contoh perhitungan RAB, untuk penabelan rencana anggaran biaya dapat dilihat pada lampiran:

Volume Balok = 10298,88 kg
 Harga Satuan = Rp 30.831
 Jumlah Biaya = Volume x Harga Satuan
 = 10298,88 x Rp 20.420
 = Rp. 317.528.476,88

Berdasarkan contoh perhitungan rencana anggaran biaya pada bangunan yang telah dimodifikasi berdasarkan jumlah lantai dan dimensi struktur atasnya didapatkan total biaya sebesar Rp. 61.627.708.205.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan maka dapat diambil beberapa Kesimpulan, antara lain:

1. Perhitungan beban yang meliputi beban mati, beban mati tambahan, beban hidup beban air hujan, beban angin, serta beban gempa menghasilkan gaya-gaya

dalam berupa momen lentur, gaya geser, dan gaya aksial yang kemudian digunakan sebagai dasar dalam penentuan dimensi elemen struktur serta perencanaan tulangan. Hasil perhitungan preliminary design struktur atas bangunan Gedung Teknik 1 Kampus 3 UIN Maulana Malik Ibrahim Malang menunjukkan bahwa:

- a. Tebal pelat lantai yang digunakan adalah 12 cm yang diperoleh dari dua pendekatan perhitungan pelat dan selanjutnya dipilih nilai yang paling memenuhi persyaratan keamanan dan layanan berdasarkan ketentuan SNI 8900:2020.
 - b. Dimensi balok yang terdiri dari balok induk (B1) berukuran 50/70 cm, balok anak (B2) berukuran 30/40 cm, dan balok kantilever (B3) berukuran 25/35 cm.
 - c. Dimensi kolom direncanakan, yaitu kolom lantai 1–2 berukuran 100/100 cm, kolom lantai 3–4 berukuran 90/90 cm, dan kolom lantai 5 hingga atap berukuran 80/80 cm.
2. Berdasarkan hasil perencanaan tulangan struktur beton bertulang dari perhitungan pada Bab IV, Hasil perencanaan tulangan struktur beton bertulang bangunan Gedung Teknik 1 Kampus 3 UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
 - a. Pelat lantai direncanakan menggunakan tulangan arah lapangan D12–100 dan tulangan arah tumpuan D12–200.
 - b. Balok induk (B1) dengan dimensi 50 cm × 70 cm direncanakan menggunakan tulangan tumpuan atas 4D22, tumpuan bawah 3D22, tulangan lapangan atas 3D22, dan tulangan lapangan bawah 4D22 dengan sengkang D10–100 pada daerah tumpuan dan D10–150 pada daerah lapangan.
 - c. Balok anak (B2) dengan dimensi 30 cm × 40 cm menggunakan tulangan tumpuan atas 4D22, tumpuan bawah 3D22, tulangan lapangan atas 3D22, dan tulangan lapangan bawah 4D22 dengan sengkang D10–100 pada daerah tumpuan dan D10–130 pada lapangan.
 - d. Balok kantilever (B3) dengan dimensi 25 cm × 35 cm direncanakan menggunakan tulangan tumpuan atas 5D19, tumpuan bawah 3D19, dan sengkang D10–90.
 - e. Untuk elemen kolom, kolom K1 berukuran 100/100 cm menggunakan tulangan utama 13D25 dengan sengkang 4D13–100 pada tumpuan dan 4D13–150 pada lapangan.
 - f. Kolom K2 berukuran 90/90 cm menggunakan tulangan utama 12D25 dengan sengkang 4D13–100 pada tumpuan dan 4D13–150 pada lapangan.
 - g. Kolom K3 berukuran 80/80 cm menggunakan tulangan utama 12D25

- dengan sengkang 4D13–100 pada tumpuan dan 4D13–150 pada lapangan.
- h. Pada struktur tangga, tulangan lapangan dan tumpuan direncanakan menggunakan D13–100.
3. Hasil Rencana Anggaran Biaya
Berdasarkan hasil perhitungan rencana anggaran biaya, diperoleh bahwa total biaya struktur atas bangunan hasil modifikasi ulang adalah sebesar Rp 61.627.708.205.

DAFTAR PUSTAKA

- 1) Badan Standarisasi Nasional. 2019. Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung Dan Penjelasan. SNI 2847:2019. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- 2) Badan Standarisasi Nasional. 2020. Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural. SNI 1729:2020. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- 3) Badan Standarisasi Nasional. 2020. Beban Desain Minimum Dan Kriteria Terkait Untuk Bangunan Gedung Dan Struktur Lain. SNI 1727:2020. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- 4) Badan Standarisasi Nasional. 2019. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Nongedung. SNI 1726:2019. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta.