

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Latar Belakang Proyek

Obyek yang dijadikan penelitian adalah proyek pembangunan Rumah Dinas 2 Unit Flat 2 Lantai Brimob Polda Maluku yang terletak di Jalan Tantui, Kota Ambon. Status dari proyek ini adalah milik Polda Maluku, yang dikerjakan oleh PT. Multi Buana Sejahtera. Tujuan pembangunan ini adalah sebagai rumah dinas untuk anggota Brimob Polda Maluku. Luas bangunan total sebesar $\pm 3.080 \text{ m}^2$ dan dibangun diatas lahan milik Polda Maluku.

4.2 Data Proyek

Berikut ini adalah data-data proyek pembangunan Rumah Dinas 2 Unit Flat 2 Lantai Brimob Polda Maluku:

- a. Nama Proyek : Proyek Pembangunan Rumah Dinas 2 Unit Flat 2 Lantai Brimob Polda Maluku
- b. Lokasi Proyek : Tantui, Kota Ambon
- c. Pemilik Proyek : Polda Maluku
- d. Konsultan Perencana : CV. Jasa Intan Mandiri
- e. Kontraktor Pelaksana : PT. Multi Buana Sejahtera
- f. Nilai Proyek : Rp 6.884.058.000, 00

4.3 Situasi Proyek

Berikut merupakan gambaran situasi dari proyek pembangunan Rumah Dinas 2 Unit Flat 2 Lantai Brimob Polda Maluku:



Gambar 4. 1 Peta Lokasi Proyek.
Sumber: *Google Maps*.



Gambar 4. 2 Foto Bangunan Proyek yang Telah Selesai.

4.4 Pemilihan Item Pekerjaan

Pemilihan item pekerjaan dimaksudkan untuk mengidentifikasi item pekerjaan apa saja yang memiliki biaya tinggi dan memilih pekerjaan tersebut untuk item studi pada tahapan analisa selanjutnya. Pemilihan item pekerjaan dilakukan dengan mengidentifikasi biaya tinggi yang didapat dari Rencana Anggaran Biaya (RAB). Untuk lebih jelas, Rencana Anggaran Biaya (RAB) dapat dilihat pada Lampiran.

4.5 Identifikasi Pekerjaan yang Akan Dilakukan Rekayasa Nilai (*Value Engineering*)

4.5.1 *Breakdown Analysis*

Dari Rencana Anggaran Biaya (RAB) dapat dilihat bahwa pekerjaan struktur memiliki biaya yang lebih besar dibanding biaya pekerjaan yang lain. Oleh karena itu, *breakdown analysis* diterapkan untuk mengetahui berapa besar potensi item pekerjaan nantinya yang akan dilakukan rekayasa nilai. *Breakdown analysis* dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 *Breakdown Analysis* berdasarkan Rencana Anggaran Biaya (RAB)

No	Item Pekerjaan	Biaya	Persentase (%)
1	Pekerjaan Struktural	Rp 1.827.003.584,05	29,48933348
2	Pekerjaan Plesteran dan Lantai	Rp 320.060.532,97	5,166039012
3	Pekerjaan Kayu dan Plafond	Rp 432.183.183,25	6,975790383
4	Pekerjaan Instalasi Listrik	Rp 66.102.000,00	1,066940393
5	Pekerjaan Besi dan Penggantung	Rp 23.405.500,00	0,37778393
6	Pekerjaan Sanitair	Rp 53.251.420,00	0,859521512
7	Pekerjaan pengecatan	Rp 143.049.773,26	2,308940445
8	Pekerjaan Rabat dan Saluran Keliling	Rp 61.568.691,14	0,993769077
9	Pekerjaan Talud Penahan Tanah	Rp 134.191.654,73	2,16596316
10	Pekerjaan Timbunan & Pemasangan	Rp 113.000.134,50	1,823914676
11	Pekerjaan Jalan Masuk Kompleks	Rp 135.060.611,17	2,179988828
12	Pekerjaan Reservoir	Rp 132.661.341,89	2,141262658
13	Pekerjaan Bak Air Penampungan	Rp 17.890.392,52	0,288765581
14	Pekerjaan Instalasi Luar Air Bersih/Listrik	Rp 137.255.484,00	2,215415873
15	Pekerjaan Penyambungan Daya Listrik	Rp 24.200.000,00	0,390607811
BIAYA KESELURUHAN PROYEK			Rp6.195.472.629,00

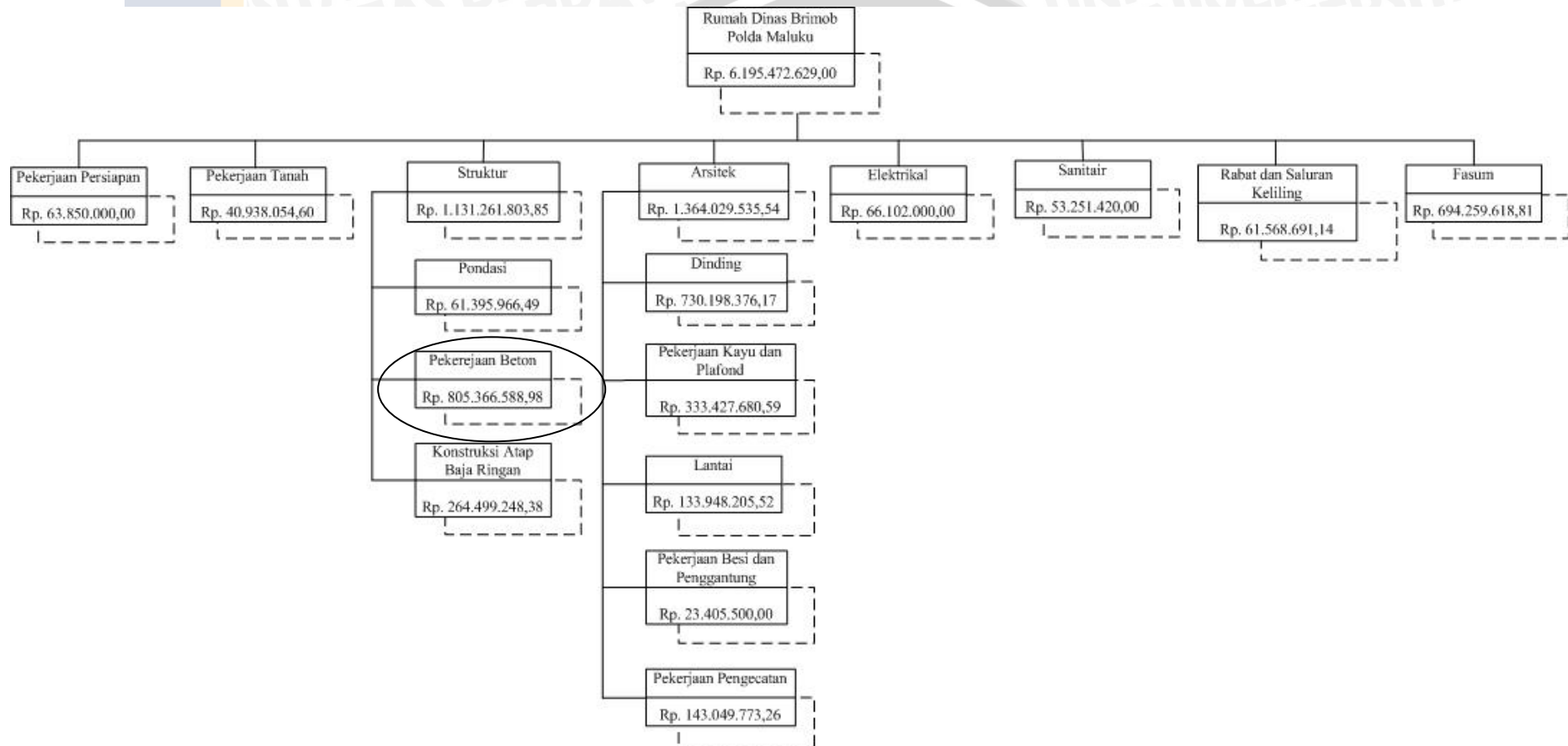
Tabel 4.2 *Breakdown Analysis* Untuk Pekerjaan Struktur

No	Item Pekerjaan	Biaya	
1	Pekerjaan Pesiapan/Umum	Rp	63.850.000,00
2	Pekerjaan Tanah	Rp	40.938.054,60
3	Pekerjaan Pasangan dan Beton	Rp	1.412.378.604,19
4	Konstruksi Atap Baja Ringan	Rp	309.836.925,46
Total		Rp	1.827.003.584,05
Biaya Proyek Keseluruhan		Rp	6.195.472.629,00
Persentase		29,49 %	

4.5.2 *Cost Model*

Selain dilakukan identifikasi dengan menggunakan *breakdown analysis*, proses identifikasi juga dapat dilakukan dengan *cost model* dengan membuat bagan pekerjaan yang kemudian dikelompokkan berdasarkan jenis pekerjaan masing-masing beserta rencana anggaran biaya tiap pekerjaan. Bagan *cost model* dapat dilihat pada Gambar 4.3.





Gambar 4.3 Cost Model Proyek Pembangunan Rumah Dinas Brimob Polda Maluku.

Berdasarkan Tabel 4.1, Tabel 4.2, serta Gambar 4.3, dapat diketahui bahwa item pekerjaan dengan biaya yang tinggi adalah pekerjaan struktur dengan persentase sebesar 29, 49%. Hasil analisa *cost model* juga menunjukkan pekerjaan beton memiliki biaya yang besar. Sehingga pada item pekerjaan tersebut, terutama pekerjaan balok, dapat dilakukan analisis rekayasa nilai (*value engineering*).

4.6 Penerapan Rekayasa Nilai Pada Pekerjaan Struktural

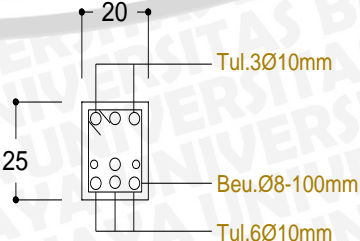
4.6.1 Tahap Informasi

Tahap Informasi merupakan tahap pertama dalam proses rekayasa nilai. Pada tahapan ini diidentifikasi pekerjaan yang akan ditinjau dengan mengumpulkan informasi dan fakta berupa data teknis proyek yang mendukung. Data teknis proyek terutama pada pekerjaan balok dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Informasi Umum Desain Pekerjaan Balok

Uraian	Data Teknis Proyek
Kriteria desain	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mutu beton yang dipergunakan adalah $f_c' = 25$ Mpa. 2. Beban sendiri komponen struktur balok dihitung secara otomatis oleh SAP2000 adalah: <ol style="list-style-type: none"> a. Beban Mati (DL): <ul style="list-style-type: none"> • Beban <i>ducting</i> AC = 20 • Beban <i>finishing</i> lantai keramik = 24 kg/m^2 • Beban plesteran 2,5 cm = 3 kg/m^2 • Beban dinding bata = 1700 kg/m^2 • Berat sendiri pelat lantai (t = 10 cm) = 240 kg/m^2. b. Beban Hidup (LL): Lantai 2 kg/m^2 (untuk rumah tinggal).

Lanjut Tabel 4.3

Uraian	Data Teknis Proyek
Kriteria desain	<p>c. Beban Hidup (LL): Lantai 2 kg/m² (untuk rumah tinggal).</p> <p>d. Beban Gempa (E):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Faktor keutamaan I = 1. • Faktor reduksi gempa R = 8,5 (beton bertulang daktail penuh) dalam arah x dan arah y. <p>3. Perhitungan struktur menggunakan <i>software</i> SAP2000 versi 11.</p>
Unsur-unsur desain	<ol style="list-style-type: none"> 1. Terdapat dua tipe balok induk dan balok anak pada balok sloof yaitu BS1 20/25 cm dan BS2 15/20 cm. 2. Terdapat dua tipe balok induk dan balok anak pada balok lantai yaitu BL1 20/40 cm dan BL2 20/35 cm. 3. Terdapat satu jenis balok induk dan balok anak untuk balok reng, yaitu BR 15/20 cm. 4. Ketinggian portal adalah: <ol style="list-style-type: none"> a. Lantai 1 + 3,60 m. b. Lantai 2 + 7,20 m. 5. Bentuk balok eksisting adalah balok persegi. Berikut salah satu contoh balok eksisting, yaitu balok BS1: 

Lanjut Tabel 4.3

Uraian	Data Teknis Proyek
	Gambar balok yang lain dapat dilihat pada Lampiran 6.
Metode pengerjaan	Metode konvensional.

Selanjutnya dibuat tabel analisa fungsi yang digunakan untuk menerangkan fungsi dasar dan fungsi sekunder dari item pekerjaan serta untuk mendapatkan perbandingan antara nilai biaya (*cost*) dengan nilai manfaat (*worth*). Analisa fungsi pekerjaan balok dapat dilihat pada Tabel 4.4. Biaya-biaya pada tabel tersebut dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 4.4 Analisa Fungsi Pekerjaan Balok

No	Komponen	Fungsi			Worth	Cost
		Verb	Noun	Kind		
1	Beton	menyalurkan	beban	P	Rp 39.376.813,28	Rp 39.376.813,28
2	Besi tulangan	menyalurkan	beban	P	Rp 115.408.850,01	Rp 115.408.850,01
3	Bekisting	mencetak	balok	S	-	Rp 67.166.305,60
Jumlah					Rp 154.785.663,29	Rp 221.951.968,89
					Rasio <i>cost/worth</i> :	
Jenis: P = Primer (dasar)					= 221951968,8 / 154.785.663,29	
S = Sekunder (penunjang)					= 1,4339	

Karena kedua rasio *cost/worth* menunjukkan nilai lebih dari 1, maka pada pekerjaan dapat diasumsikan pekerjaan berton berpotensi untuk dilakukan rekayasa nilai (*value engineering*) karena memungkinkan terjadinya penghematan yang cukup besar.

4.6.2 Tahap Spekulasi

Pada tahap spekulasi dilakukan analisa terhadap berbagai kemungkinan ada tidaknya alternatif yang dapat memenuhi fungsi dan kegunaan yang sama. Sejumlah ide dimunculkan untuk ditinjau kelebihan serta kekurangannya. Ide alternatif pada tahapan ini didasarkan dari analisis yang telah dilakukan pada tahap analisa fungsi. Alternatif pekerjaan yang diusulkan dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 4.5 Alternatif Pekerjaan

Item Pekerjaan Awal	Item Pekerjaan Usulan
Desain balok menggunakan balok persegi	Desain balok alternatif menggunakan balok T

4.6.3 Tahap Analisis

Tahap analisis merupakan tahapan selanjutnya setelah dilakukan analisa terhadap kemungkinan adanya alternatif pengganti. Tahap ini bertujuan untuk mendapatkan alternatif terbaik dari usulan yang didapat pada tahap sebelumnya.

4.6.3.1 Balok Eksisting

Struktur balok pada proyek pembangunan Rumah Dinas Brimob Polda Maluku terdiri dari 5 tipe balok, yaitu balok BS1 20/25, BS2 15/20, BL1 20/40, BL2 20/35, dan BR 15/20. Berikut adalah perhitungan pembebanan untuk perhitungan Mu berdasarkan data perencanaan awal.

1. Beban Mati (DL)

- Penutup lantai keramik (tanpa adukan) = 24 kg/m²
- Adukan dari semen = 42 kg/m²
- Plafond dan penggantung = 18 kg/m²
- Mekanik dan elektrik = 20 kg/m²
- Plumbing = 10 kg/m² +
- qDL = 114 kg/m²
- Pasangan bata = 1700 kg/m²
- Tebal dinding = 0,15 m

2. Beban Hidup (LL)

- Beban hidup untuk lantai rumah dinas = 200 kg/m²
- Beban hidup kendaraan = 800 kg/m²

3. Beban Gempa (E) berdasarkan SNI 03-1726-2002 dengan ketentuan lokasi bangunan adalah Zone 5 (Pulau Ambon)

- Faktor keutamaan (I) = 1
- Faktor reduksi gempa (R) = 8,5

4. Kombinasi beban yang dipakai adalah:

- $U_1 = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}$
- $U_2 = 1,2 \text{ DL} + 1,0 \text{ LL} + 1,0 \text{ E} (\pm 1,0 \text{ Ex} \pm 0,3 \text{ Ey})$
- $U_3 = 1,2 \text{ DL} + 1,0 \text{ LL} + 1,0 (\pm 0,3 \text{ Ex} \pm 1,0 \text{ Ey})$

Sebelum melakukan proses analisis rekayasa nilai (*Value Engineering*), penulis harus menghitung terlebih dahulu berapa besar momen tahanan (ϕM_n) untuk mengetahui besarnya kapasitas yang tersedia dari desain balok eksisting. Perlu juga dihitung besarnya momen berfaktor (M_u) untuk mengetahui seberapa besar kekuatan yang dibutuhkan struktur tersebut. Nilai kekuatan yang tersedia harus lebih besar dari kekuatan yang dibutuhkan. Berikut ini adalah perhitungan nilai ϕM_n dan M_u untuk pekerjaan balok eksisting BS1 dengan rincian:

- Lebar balok (b) = 200 mm
- Tinggi balok (h) = 250 mm
- Mutu beton (f_c') = 25 Mpa
- Tegangan luluh baja tulangan (f_y) = 400 Mpa

Analisa balok bertulangan rangkap tipe BS1 adalah sebagai berikut:

Dari SAP, didapatkan nilai $M_u \text{ max} = 26.550.000 \text{ N.mm}$.

Tinggi efektif balok :

$$d = h - \text{decking} - \phi \text{ sengkang} - \frac{1}{2} \phi \text{ tul lentur}$$

$$= 250 - 20 - 8 - 10/2 = 209 \text{ mm}$$

$$M_u = 26.550.000 \text{ N.mm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\theta}$$

$$= \frac{26.550.000}{0,8}$$

$$= 33.187.500 \text{ N.mm}$$

Perencanaan Tulangan lentur tunggal

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2}$$

$$= \frac{33.187.500 \text{ N.mm}}{200 \times 209^2}$$

$$= 3,8 \text{ mm}^2$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2xm \times Rn}{fy}} \right)$$

$$= \frac{1}{18,82} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 18,82 \times 3,8}{400}} \right)$$

$$= 0,0105$$

$$\rho_{\text{min}} = 1,4/fy$$

$$= 1,4/400$$

$$= 0,0035$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,75 \times \rho_b$$

$$= 0,0203$$

Karena $\rho_{\text{min}} \leq \rho_{\text{perlu}} \leq \rho_{\text{max}}$ maka digunakan ρ_{perlu} .

$$As = \rho_{\text{perlu}} \times b \times d$$

$$= 0,0105 \times 200 \times 209$$

$$= 440,71 \text{ mm}^2$$

Menghitung As

$$As = 6 D 10$$

$$= 6 \times (0,25 \times 3,14 \times 10^2)$$

$$= 471,24 \text{ mm}^2$$

Dengan menggunakan persamaan pasangan kopel beton tekan dan tulangan baja tarik, maka tinggi blok tegangan tekan (a) adalah:

$$a = ((As) \times fy) / ((0,85 \times fc') \times b)$$

$$= ((471,24) \times 400) / ((0,85 \times 25) \times 200)$$

$$= 44,35 \text{ mm}$$



Menghitung kuat momen tahanan ideal

$$\begin{aligned} M_n &= A_s \times f_y \times (d-a/2) \\ &= 471,24 \times 400 \times (209-18,92/2) \\ &= 35.215.504 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

Menghitung A_s'

A_s' dipakai $\geq 50\%$ dari A_s , maka :

$$\begin{aligned} A_s' &= 3 D 10 \\ &= 3 \times (0,25 \times 3,14 \times 10^2) \\ &= 235,62 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas didapatkan nilai momen tahanan (M_n) untuk balok tipe BS1 adalah sebesar 35215504 N.mm. Nilai M_u yang didapat dari hasil perhitungan SAP2000 untuk balok tipe BS1 adalah sebesar 26.550.000 N.mm. Berdasarkan kedua hasil perhitungan tersebut dapat disimpulkan bahwa $M_n \geq M_u$ yang menyatakan bahwa kekuatan yang tersedia lebih besar daripada kekuatan yang dibutuhkan.

Untuk perhitungan balok eksisting BS2, BL1, BL2, dan BR dapat dilihat pada Lampiran A.1. Hasil perhitungan dari nilai ϕM_n dan M_u untuk pekerjaan balok eksisting secara ringkas dijabarkan pada tabel berikut:

Tabel 4. 6 Nilai ϕM_n dan M_u untuk Struktur Balok Eksisting

Tipe Balok	Nilai M_u	Nilai ϕM_n	Rasio	Keterangan
	Maksimum (N.mm)			
BS1	26.550.000	35.215.504	0,75	Memenuhi
BS2	5.400.000	9.370.995	0,58	Memenuhi
BL1	59.000.000	86.612.829	0,68	Memenuhi
BL2	33.000.000	45.993.542	0,72	Memenuhi
BR	12.367.400	17.503.452	0,71	Memenuhi

Berdasarkan hasil analisa dari tabel 4.6, dapat disimpulkan bahwa desain balok eksisting masih berlebih dan masih memungkinkan untuk melakukan reduksi sehingga nilai kekuatan yang dibutuhkan oleh balok mendekati nilai kekuatan yang disediakan. Setelah melakukan analisa dari segi struktur, berikutnya dilakukan analisa dari segi biaya. Penulis akan melakukan estimasi ulang terhadap data RAB yang didapatkan sebelumnya. Berikut adalah daftar harga bahan dan alat serta upah tenaga kerja yang digunakan dalam melakukan analisa satuan pekerjaan balok:

Tabel 4. 7 Daftar Upah Tenaga Kerja

No.	Keterangan	Satuan	Harga Satuan
1	Tukang Batu	Oh	Rp 72.000,00
2	Tukang Kayu	Oh	Rp 72.000,00
3	Tukang Besi	Oh	Rp 72.000,00
4	Kepala Tukang	Oh	Rp 78.000,00
5	Pekerja	Oh	Rp 64.000,00
6	Mandor	Oh	Rp 98.000,00

Tabel 4. 8 Daftar Harga Bahan

No.	Keterangan	Satuan	Harga Satuan
1	Batu Kali/Karang	m ³	Rp 317.000,00
2	Semen (PC)	Sak	Rp 83.000,00
3	Pasir Pasang	m ³	Rp 270.600,00
4	Besi Beton	Kg	Rp 14.500,00
5	Kawat Ikat	Kg	Rp 36.500,00
6	Papan Kayu Kelas II (Campur)	m ³	Rp 2.698.000,00
7	Kayu Kelas II (Campur)	m ³	Rp 2.214.000,00
8	Paku Campur	Kg	Rp 26.800,00

Berdasarkan daftar upah tenaga kerja dan daftar harga bahan, harga satuan dinalisis menggunakan analisa Cipta Karya. Berikut hasil analisa harga satuan beton bertulang adukan 1:2:3 untuk balok eksisting:

- a. Analisa satuan harga untuk setiap 1 m³ beton dengan campuran 1:2:3

Tabel 4. 9 Analisa Harga Satuan 1 m³ Beton Dengan Campuran 1:2:3

	Indeks	Sat.	Kebutuhan	Harga Sat. (Rp)	Jumlah (Rp)
Bahan	0,540	m ³	Pasir pasang	270.600,00	146.124,00
	6,720	sak	Semen (PC)	83.000,00	557.760,00
	0,810	m ³	Kerikil	317.000,00	256.770,00
Tenaga Kerja	0,350	OH	Tukang batu	72.000,00	25.200,00
	0,035	OH	Kepala tukang	78.000,00	2.730,00
	2,000	OH	Pekerja	64.000,00	128.000,00
	1,000	OH	Mandor	98.000,00	98.000,00
				Total Harga	1.214.584,00

- b. Analisa harga satuan untuk setiap 1 m² pasang bekisting sloof:

Tabel 4. 10 Analisa Harga Satuan 1 m² Pasang Bekisting Balok Sloof

	Indeks	Sat.	Kebutuhan	Harga Sat. (Rp)	Jumlah (Rp)
Bahan	0,045	m ³	Papan kayu kelas	2.698.000,00	121.410,00
			II(campur)		
Tenaga Kerja	0,300	kg	Paku campur	26.800,00	8.040,00
	0,260	OH	Tukang kayu	72.000,00	18.720,00
	0,026	OH	Kepala tukang	78.000,00	2.028,00
	0,520	OH	Pekerja	64.000,00	33.280,00
	0,026	OH	Mandor	98.000,00	2,548,00
				Total Harga	186.026
10 m ² untuk 1 m ³ beton = 10,00 × 186.026					1.860.260,00

c. Analisa harga satuan untuk 1 m² pasangan bekisting untuk balok:

Tabel 4. 11 Analisa Harga Satuan 1 m² Pasangan Bekisting Balok

	Indeks	Sat.	Kebutuhan	Harga Sat. (Rp)	Jumlah (Rp)
Bahan	0,040	m ³	Papan kayu kelas II (campur)	2.698.000,00	107.920,00
	0,015	m ³	Kayu kelas II	2.214.000,00	33.210,00
	0,400	kg	Paku campur	26.800,00	10.720,00
Tenaga Kerja	0,330	OH	Tukang kayu	72.000,00	23.760,00
	0,033	OH	Kepala tukang	78.000,00	2.574,00
	0,660	OH	Pekerja	64.000,00	42.240,00
	0,033	OH	Mandor	98.000,00	3.234,00
				Total Harga	223.658,00
				10 m ² untuk 1 m ³ beton = 10,00 × 223.658	2.236.580,00

d. Analisa harga satuan untuk setiap 10kg pembesian dengan besi polos/ulir:

Tabel 4. 12 Analisa Harga Satuan Untuk 10 kg Pembesian

	Indeks	Sat.	Kebutuhan	Harga Sat. (Rp)	Jumlah (Rp)
Bahan	10,500	kg	Besi beton	14.500,00	152.250,00
	0,150	kg	Kawat ikat	36.500,00	5.475,00
	0,070	OH	Tukang besi	72.000,00	5.040,00
Tenaga Kerja	0,007	OH	Kepala tukang	78.000,00	546,00
	0,070	OH	Pekerja	64.000,00	4.480,00
	0,004	OH	Mandor	98.000,00	392,00
				Total Harga	168.183,00
				10 m ² untuk 1 m ³ beton = 10,00 × 168.183	1.681.830,00

e. Analisa harga satuan untuk pekerjaan siram dan bongkar:

Tabel 4. 13 Analisa Harga Satuan Untuk Pekerjaan Siram dan Bongkar

	Indeks	Sat.	Kebutuhan	Harga Sat. (Rp)	Jumlah (Rp)
Tenaga Kerja	4,000	OH	Pekerja	64.000,00	256.000,00

Setelah didapatkan hasil analisa, dilanjutkan dengan perhitungan pengumpulan untuk beton bertulang. Perhitungan pengumpulan dapat dilihat pada tabel berikut:

1. Cetakan Penuh:

Besi *netto* 100 kg : Rp 1.681.830,00

Beton adukan 1:2:3 : Rp 1.214.584,00

Cetakan : Rp 2.236.580,00

Siram dan bongkar cetakan : Rp 256.000,00

Rp 5.388.994,00

Hasil perhitungan pengumpulan beton bertulang untuk cetakan penuh dapat disimpulkan pada tabel berikut:

Tabel 4. 14 Pengumpulan Beton Bertulang Cetakan Penuh

Uraian	Harga Besi (Rp.)	Harga beton + Cetakan + Bongkar dan Siram (Rp.)	Jumlah Harga (Rp.)
<i>Netto</i> 142 kg	2.388.198,60	3.707.164,00	6.095.362,60
<i>Netto</i> 160 kg	2.690.928,00	3.707.164,00	6.398.092,00
<i>Netto</i> 184 kg	3.094.567,20	3.707.164,00	6.801.731,20
<i>Netto</i> 185 kg	3.111.385,50	3.707.164,00	6.818.549,50
<i>Netto</i> 219 kg	3.683.207,70	3.707.164,00	7.390.371,70

2. Cetakan Setengah:

Besi netto 100 kg	: Rp 1.681.830,00
Beton adukan 1:2:3	: Rp 1.214.584,00
Cetakan	: Rp 1.118.290,00
Siram dan bongkar cetakan	: Rp 256.000,00
	<hr/>
	Rp 4.270.704,00

Hasil perhitungan pengumpulan beton bertulang untuk cetakan setengah dapat disimpulkan pada tabel berikut:

Tabel 4. 15 Pengumpulan Beton Bertulang Cetakan Setengah

Uraian	Harga Besi (Rp.)	Harga beton + Cetakan + Bongkar dan Siram (Rp.)	Jumlah Harga (Rp.)
Netto 142 kg	2.388.198,60	2.588.874,00	4.977.072,60
Netto 160 kg	2.690.928,00	2.588.874,00	5.279.802,00
Netto 184 kg	3.094.567,20	2.588.874,00	5.683.441,20
Netto 185 kg	3.111.385,50	2.588.874,00	5.700.259,50
Netto 219 kg	3.683.207,70	2.588.874,00	6.272.081,70

Kemudian dilakukan perhitungan untuk pekerjaan pembesian sebagai berikut:

1. Pekerjaan Pembesian Balok Tipe BS1

Penampang Besi 20/25

- Besi Utama:

Diameter besi = 16 mm

Jumlah besi dalam penampang = 4 buah

Berat besi untuk 1m' = $\frac{1}{0,2 \times 0,25} = 20 \text{ m}'$

Berat besi untuk 1kg = 1,57824

Berat besi 1kg/m³ = 4 × 20 × 1,57824

$$= 126,26 \text{ kg/m}^3$$

- Besi Utama:

Diameter besi = 10 mm

Jumlah besi dalam penampang = 2 buah

Berat besi untuk 1m' = $\frac{1}{0,2 \times 0,25} = 20 \text{ m}'$

Berat besi untuk 1kg = 0,6165

Berat besi 1kg/m³ = $2 \times 20 \times 0,6165$
= 24,66 kg/m³

- Besi Sengkang:

Diameter besi = 8 mm

Jarak sengkang = 0,2 m

Jumlah besi dalam 1m' = $\frac{20}{0,2}$
= 100 buah + 1
= 101 buah

Berat besi untuk 1kg = 0,39456

Panjang 1 sengkang = $((20 \times 0,01) - 0,03) \times 2 + ((25 \times 0,01) - 0,03) \times 2 + 0,06$
= 0,84 m

Berat besi 1kg/m³ = $101 \times 0,39456 \times 0,84$
= 33,47 kg/m³

Total berat besi = 184,39 kg/m³ \approx 184,00 kg/m³

Total besi dalam satuan panjang:

Besi utama = $\frac{((4 \times 20) + (2 \times 20))}{11} = 10,91 \approx 11$ batang

Besi sengkang = $\frac{101 \times 0,84}{11} = 7,71 \approx 8$ batang

2. Pekerjaan Pembesian Balok Tipe BS2

Penampang Besi 15/20

- Besi Utama:

$$\text{Diameter besi} = 12 \text{ mm}$$

$$\text{Jumlah besi dalam penampang} = 4 \text{ buah}$$

$$\text{Berat besi untuk } 1\text{m}^3 = \frac{1}{0,15 \times 0,2} = 33,33$$

$$\text{Berat besi untuk } 1\text{kg} = 0,88776$$

$$\text{Berat besi } 1\text{kg/m}^3 = 4 \times 33,33 \times 0,88776 = 118,37 \text{ kg/m}^3$$

- Besi Senggang:

$$\text{Diameter besi} = 8 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak senggang} = 0,2 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah besi dalam } 1\text{m}^3 &= \frac{33,33}{0,2} \\ &= 166,667 \text{ buah} + 1 \\ &= 167 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\text{Berat besi untuk } 1\text{kg} = 0,39456$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang } 1 \text{ senggang} &= (((15 \times 0,01) - 0,03) \times 2) + (((20 \times 0,01) - \\ &0,03) \times 2) + 0,06 \\ &= 0,64 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat besi } 1\text{kg/m}^3 &= 167 \times 0,39456 \times 0,64 \\ &= 42,17 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Total berat besi} = 160,54 \text{ kg/m}^3 \approx 160,00 \text{ kg/m}^3$$

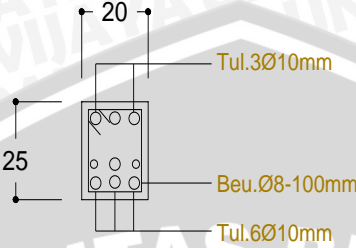
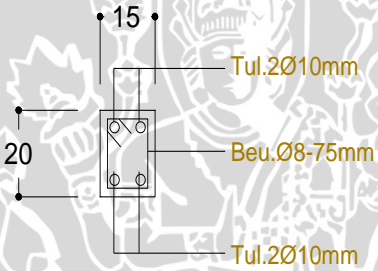
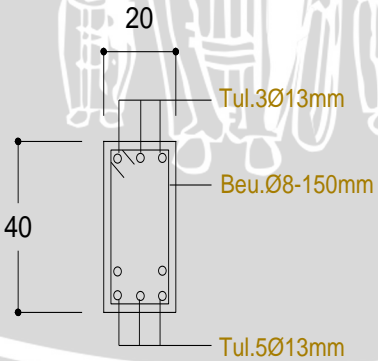
Total besi dalam satuan panjang:

$$\text{Besi utama} = \frac{4 \times 33,33}{11} = 12,12 \approx 12 \text{ batang}$$

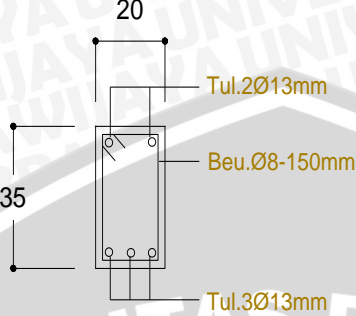
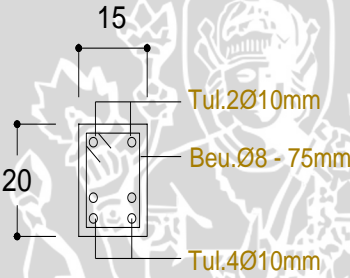
$$\text{Besi senggang} = \frac{167 \times 0,64}{11} = 9,716 \approx 10 \text{ batang}$$

Untuk perhitungan pekerjaan pembesian balok eksisting BL1, BL2, dan BR dapat dilihat pada Lampiran A.2. Hasil perhitungan pekerjaan pembesian balok untuk pekerjaan balok eksisting secara ringkas dijabarkan pada tabel berikut:

Tabel 4. 16 Perhitungan Pembesian Balok Eksisting

Tipe Balok	Gambar Balok	Berat Besi Total
BS1		<ul style="list-style-type: none"> - Besi Utama (Tul. 4Ø16mm): 126,26 kg/m³ - Besi Utama (Tul. 2Ø10mm): 24,66 kg/m³ - Besi Sengkang (Beu.Ø8-20cm): 33,47 kg/m³ Total: 184 kg/m³
BS2		<ul style="list-style-type: none"> - Besi Utama (Tul. 4Ø12mm): 118,37 kg/m³ - Besi Sengkang (Beu. Ø8-20cm): 42,17 kg/m³ Total: 160 kg/m³
BL1		<ul style="list-style-type: none"> - Besi Utama (Tul. 6Ø16mm): 118,37 kg/m³ - Besi Utama (Tul. 2Ø16mm): 37,78kg/m³ - Besi Sengkang (Beu. Ø8-15cm): 37,78 kg/m³ Total: 195 kg/m³

Lanjut Tabel 4.16

BL2		<ul style="list-style-type: none"> - Besi Utama (Tul. 6Ø16mm): 135,28 kg/m³ - Besi Utama (Tul. 2Ø16mm): 45,09 kg/m³ - Besi Sengkang (Beu. Ø8-15cm): 39,39kg/m³ Total: 219 kg/m³
BR		<ul style="list-style-type: none"> - Besi Utama (Tul. 4Ø12mm): 118,37 kg/m³ - Besi Sengkang (Beu. Ø6-20cm): 23,72 kg/m³ Total: 142 kg/m³

Setelah didapatkan berat besi untuk masing-masing balok, dilanjutkan dengan menghitung besarnya volume balok. Perhitungan volume dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. 17 Perhitungan Volume Balok Eksisting BS1 20/25 (184 kg/m³)

URAIAN PEKERJAAN	DIMENSI			Jumlah	VOLUME (m3)	JUMLAH VOLUME (m3)
	Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)			
As - A	3	0,2	0,25	3	0,45	
As - B	2,75	0,2	0,25	2	0,275	
As - C	1,5	0,2	0,25	1	0,075	
As - D	1,5	0,2	0,25	1	0,075	
As - E	2,75	0,2	0,25	2	0,275	
As - F	3	0,2	0,25	3	0,45	
As - G	3	0,2	0,25	3	0,45	
As - H	2,75	0,2	0,25	2	0,275	
As - I	1,5	0,2	0,25	1	0,075	
As - J	1,5	0,2	0,25	1	0,075	
As - K	2,75	0,2	0,25	2	0,275	
As - L	1,5	0,2	0,25	1	0,075	
As - M	2,75	0,2	0,25	2	0,275	
As - N	3	0,2	0,25	3	0,45	
As - O	3	0,2	0,25	3	0,45	
As - P	2,75	0,2	0,25	2	0,275	
As - Q	1,5	0,2	0,25	1	0,075	
As - 1	1,5	0,2	0,25	1	0,075	
As - 1	2,5	0,2	0,25	14	1,75	
As - 2	2	0,2	0,25	14	1,4	
						9,689

Perhitungan volume balok eksisting BS2, BL1, BL2, dan BR dapat dilihat pada Lampiran A.3. Secara ringkas, hitungan volume balok eksisting dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 4. 18 Perhitungan Volume Balok Eksisting

No	Balok	Volume (m ³)
1.	BS1	9,69
2.	BS2	2,46
3.	BL1	9,61

Lanjut Tabel 4.18

No	Balok	Volume (m ³)
4.	BL2	8,51
5.	BR	8,92
Total Volume		39,19

Kemudian proses selanjutnya adalah menghitung Rencana Anggaran Biaya (RAB) berdasarkan analisa satuan harga, perhitungan pekerjaan pembesian, dan perhitungan volume yang telah diperoleh sebelumnya. Hasil perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) balok eksisting dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.19 Rencana Anggaran Biaya (RAB) Balok Eksisting

No.	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
1.	Balok Sloof 20/25 cm (184 kg/m ³)	m ³	9,69	Rp5.683.441,20	Rp55.072.545,23
2.	Balok Sloof 15/20 cm (160 kg/m ³)	m ³	2,46	Rp5.279.802,00	Rp12.988.312,92
3.	Balok Lantai 20/35 cm (219 kg/m ³)	m ³	8,51	Rp7.390.371,70	Rp62.892.063,17
4.	Balok Lantai 20/40 cm (195 kg/m ³)	m ³	9,61	Rp6.986.732,50	Rp67.142.499,33
5.	Balok Reng 15/20 cm (142 kg/m ³)	m ³	8,92	Rp4.977.072,60	Rp44.395.487,59
Total Harga					Rp242.490.908,23

Berdasarkan hasil perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) untuk pekerjaan balok eksisting didapatkan Rp 242.934.911,35 untuk total pekerjaan balok.

4.6.4 Tahap Perencanaan

4.6.4.1 Balok Alternatif

Balok yang diusulkan sebagai balok alternatif bagi balok eksisting adalah balok T. Pemilihan Balok T sebagai alternatif didasarkan pada alasan bahwa alternatif yang diusulkan dapat menghemat biaya pengerjaan namun tetap mempertahankan mutu dan metode pelaksanaan yang digunakan pada balok eksisting. Disamping alasan tersebut, penulis juga dapat menjelaskan pemilihan balok T sebagai alternatif berdasarkan analisa pada hitungan berikut:

Analisa untuk balok eksisting BS1 adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Gaya tarik } N_T &= A_s f_y \\
 &= 471,24 \times 400 \times 10^{-3} \\
 &= 188,496 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Gaya tekan oleh flens } N_D &= (0,85 f_c') bh \\
 &= (0,85 \times 25) \times 200 \times 250 \\
 &= 1062,5 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Karena gaya tarik total N_T 188,496 kN < gaya tekan total N_D 1062,5 kN maka blok tegangan tekan tidak masuk ke daerah badan balok dibawah flens. Balok eksisting BS1 dapat dianalisis sebagai balok T persegi.

Selanjutnya hasil perhitungan untuk balok eksisting dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. 20 Analisa Perhitungan Balok Eksisting untuk Perencanaan Balok T

No	Tipe Balok	Perhitungan Gaya	Keterangan
1.	BS1	$N_T = 118,496 \text{ kN}$ $N_D = 1062,5 \text{ kN}$	Dianalisis sebagai balok T persegi
2.	BS2	$N_T = 62,832 \text{ kN}$ $N_D = 637,5 \text{ kN}$	Dianalisis sebagai balok T persegi
3.	BL1	$N_T = 265,464 \text{ kN}$ $N_D = 1700 \text{ kN}$	Dianalisis sebagai balok T persegi
4.	BL2	$N_T = 159,28 \text{ kN}$ $N_D = 1487,5 \text{ kN}$	Dianalisis sebagai balok T persegi
5.	BR	$N_T = 125,664 \text{ kN}$ $N_D = 637,5 \text{ kN}$	Dianalisis sebagai balok T persegi

Berdasarkan beberapa pendapat yang telah disebutkan oleh penulis, maka selanjutnya dilakukan analisis balok alternatif T untuk balok eksisting. Berikut ini adalah perhitungan nilai ϕM_n dan M_u untuk pekerjaan balok T BS1 dengan rincian:

- Lebar balok (b) = 200 mm
- Tinggi balok (h) = 250 mm
- Mutu beton (f_c') = 25 Mpa
- Tegangan luluh baja tulangan (f_y) = 400 Mpa

Analisa balok bertulangan rangkap tipe BS1 adalah sebagai berikut:

Dari SAP, didapatkan nilai $M_u \text{ max} = 27.000.000 \text{ N.mm}$.

Tinggi efektif balok :

$$\begin{aligned} d &= h - \text{decking} - \phi \text{ sengkang} - \frac{1}{2} \phi \text{ tul lentur} \\ &= 250 - 20 - 8 - 10/2 = 209 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$Mu = 27.000.000 \text{ N.mm}$$

$$Mn = \frac{Mu}{\theta}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{27.000.000}{0,8} \\ &= 33.750.000 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

Perencanaan Tulangan lentur tunggal

$$\begin{aligned} Rn &= \frac{Mn}{b \times d^2} \\ &= \frac{33.750.00}{200 \times 209^2} \\ &= 3,86 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ perlu} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2xm \times Rn}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{18,82} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 18,82 \times 3,86}{400}} \right) \\ &= 0,0107 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ min} &= 1,4/fy \\ &= 1,4/400 \\ &= 0,0035 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ max} &= 0,75 \times \rho b \\ &= 0,0203 \end{aligned}$$

Karena $\rho \text{ min} \leq \rho \text{ perlu} \leq \rho \text{ max}$ maka digunakan $\rho \text{ perlu}$.

$$\begin{aligned} As &= \rho \text{ perlu} \times b \times d \\ &= 0,0107 \times 200 \times 209 \end{aligned}$$

60

$$= 449,13 \text{ mm}^2$$

Menghitung A_s

$$A_s = 6 \text{ D } 10$$

$$= 6 \times (0,25 \times 3,14 \times 10^2)$$

$$= 471,24 \text{ mm}^2$$

Dengan menggunakan persamaan pasangan kopel beton tekan dan tulangan baja tarik, maka tinggi blok tegangan tekan (a) adalah:

$$a = ((A_s) \times f_y) / ((0,85 \times f_c') \times b)$$

$$= ((471,24) \times 400) / ((0,85 \times 25) \times 200)$$

$$= 44,35 \text{ mm}$$

Menghitung kuat momen tahanan ideal

$$M_n = A_s \times f_y \times (d - a/2)$$

$$= 471,24 \times 400 \times (209 - 44,35/2)$$

$$= 35.215.504 \text{ N.mm}$$

Menghitung A_s'

A_s' dipakai $\geq 50\%$ dari A_s , maka :

$$A_s' = 4 \text{ D } 10$$

$$= 4 \times (0,25 \times 3,14 \times 10^2)$$

$$= 314,16 \text{ mm}^2$$

Dari perhitungan diatas didapatkan nilai momen tahanan (M_n) untuk balok tipe BS1 adalah sebesar 70.616.785 N.mm. Nilai M_u yang didapat dari hasil perhitungan SAP2000 untuk balok tipe BS2 adalah sebesar 53.500.000 N.mm. Berdasarkan kedua hasil perhitungan tersebut dapat disimpulkan bahwa $M_n \geq M_u$ yang menyatakan bahwa kekuatan yang tersedia lebih besar daripada kekuatan yang dibutuhkan.

Untuk perhitungan balok eksisting BS2, BL1, BL2, dan BR dapat dilihat pada Lampiran A.4. Hasil perhitungan dari nilai ϕM_n dan M_u untuk pekerjaan balok eksisting secara ringkas dijabarkan pada tabel berikut:

Tabel 4. 21 Nilai ϕM_n dan M_u untuk Struktur Balok T

Tipe Balok	Nilai M_u	Nilai ϕM_n	Rasio	Keterangan
	Maksimum (N.mm)			
BS1	27.000.000	35.215.504	0,77	Memenuhi
BS2	5.400.000	9.370.995	0,58	Memenuhi
BL1	53.500.000	70.616.785	0,76	Memenuhi
BL2	18.000.000	31.325.622	0,57	Memenuhi
BR	12.367.400	17.503.452	0,71	Memenuhi

Langkah berikutnya adalah melakukan analisa dari biaya. Analisa satuan pekerjaan balok untuk harga bahan, alat, serta upah tenaga kerja berdasar pada hasil analisa dari pekerjaan balok eksisting yang telah dihitung sebelumnya. Kemudian dilakukan perhitungan untuk pekerjaan pembesian sebagai berikut:

1. Pekerjaan Pembesian Balok Tipe BS1

Penampang Besi

20/25

- Besi Utama:

Diameter besi = 10 mm

Jumlah besi dalam penampang = 10 buah

Berat besi untuk 1m' = $\frac{1}{0,2 \times 0,25} = 20 \text{ m}'$

Berat besi untuk 1kg = 0,6165

Berat besi 1kg/m³ = $10 \times 20 \times 0,6165$
= 123,30 kg/m³

- Besi Sengkang:

Diameter besi = 8 mm

Jarak sengkang = 0,1 m

Jumlah besi dalam 1m' = $\frac{20}{0,1}$

= 200 buah + 1

= 201 buah

$$\begin{aligned} \text{Berat besi untuk 1kg} &= 0,39456 \\ \text{Panjang 1 sengkang} &= (((20 \times 0,01) - 0,03) \times 2) + (((25 \times 0,01) - 0,03) \times 2) + 0,06 \\ &= 0,84 \text{ m} \\ \text{Berat besi 1kg/m}^3 &= 201 \times 0,39456 \times 0,84 \\ &= 66,62 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Total berat besi} &= 189,92 \text{ kg/m}^3 \approx 190,00 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Total besi dalam satuan panjang:

$$\text{Besi utama} = \frac{(10 \times 20)}{11} = 18,1818 \approx 18 \text{ batang}$$

$$\text{Besi sengkang} = \frac{201 \times 0,84}{11} = 15,34909 \approx 15 \text{ batang}$$

2. Pekerjaan Pembesian Balok Tipe BS2

Penampang Besi 15/20

- Besi Utama:

$$\text{Diameter besi} = 10 \text{ mm}$$

$$\text{Jumlah besi dalam penampang} = 4 \text{ buah}$$

$$\text{Berat besi untuk 1m}^2 = \frac{1}{0,15 \times 0,2} = 33,33 \text{ m}^2$$

$$\text{Berat besi untuk 1kg} = 0,6165$$

$$\begin{aligned} \text{Berat besi 1kg/m}^3 &= 4 \times 33,33 \times 0,6165 \\ &= 82,20 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

- Besi Sengkang:

$$\text{Diameter besi} = 8 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak sengkang} = 0,075 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah besi dalam 1m}^2 &= \frac{33,33}{0,075} \\ &= 444,44 \text{ buah} + 1 \\ &= 445 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$\text{Berat besi untuk 1kg} = 0,39456$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang 1 sengkang} &= (((15 \times 0,01) - 0,03) \times 2) + (((20 \times 0,01) - 0,03) \times 2) + 0,06 \\
 &= 0,64 \text{ m} \\
 \text{Berat besi } 1 \text{kg/m}^3 &= 445 \times 0,39456 \times 0,64 \\
 &= 112,37 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{Total berat besi} &= 194,57 \text{ kg/m}^3 \approx 194,00 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

Total besi dalam satuan panjang:

$$\text{Besi utama} = \frac{(4 \times 33,33)}{11} = 12,12 \approx 12 \text{ batang}$$

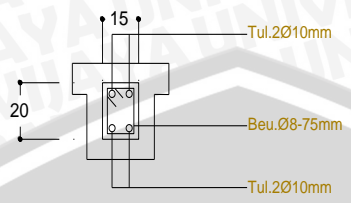
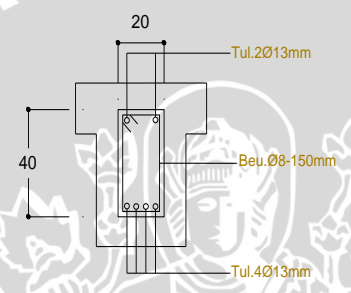
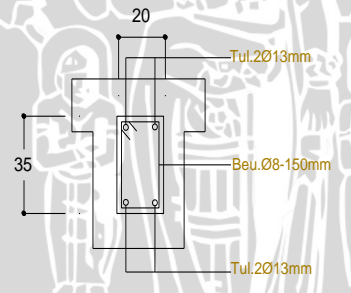
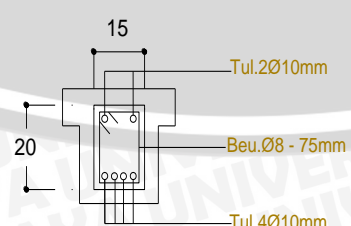
$$\text{Besi sengkang} = \frac{445 \times 0,64}{11} = 25,89091 \approx 26 \text{ batang}$$

Untuk perhitungan pekerjaan pembesian balok alternatif T BL1, BL2, dan BR dapat dilihat pada Lampiran A.5. Hasil perhitungan pekerjaan pembesian balok untuk pekerjaan balok eksisting secara ringkas dijabarkan pada tabel berikut:

Tabel 4. 22 Perhitungan Pembesian Balok Alternatif T

Tipe Balok	Gambar Balok	Berat Besi Total
BS1		- Besi Utama (Tul. 10Ø10mm): 123,30kg/m ³
		- Besi Sengkang (Beu.Ø8-10cm): 66,62 kg/m ³
		Total: 190 kg/m ³

Lanjut Tabel 4.22

Tipe Balok	Gambar Balok	Berat Besi Total
BS2		<ul style="list-style-type: none"> - Besi Utama (Tul. 4Ø10mm): 82,20 kg/m³ - Besi Sengkang (Beu.Ø8-7,5cm): 112,37 kg/m³ Total: 194 kg/m³
BL1		<ul style="list-style-type: none"> - Besi Utama (Tul. 6Ø13mm): 78,14 kg/m³ - Besi Sengkang (Beu.Ø8-15cm): 37,78 kg/m³ Total: 115 kg/m³
BL2		<ul style="list-style-type: none"> - Besi Utama (Tul. 4Ø13mm): 59,54 kg/m³ - Besi Sengkang (Beu.Ø8-10cm): 39,39 kg/m³ Total: 98 kg/m³
BR		<ul style="list-style-type: none"> - Besi Utama (Tul. 6Ø10mm): 123,30 kg/m³ - Besi Sengkang (Beu.Ø8-10cm): 112,37 kg/m³ Total: 235 kg/m³

Setelah didapatkan berat besi untuk masing-masing balok, dilanjutkan dengan menghitung besarnya volume balok. Perhitungan volume balok alternatif sama dengan perhitungan volume balok eksisting yang secara ringkas dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. 23 Perhitungan Volume Balok Alternatif T

No	Balok	Volume (m ³)
1.	BS1	9,69
2.	BS2	2,46
3.	BL1	9,61
4.	BL2	8,51
5.	BR	8,92
Total Volume		39,19

Setelah menghitung volume, dilanjutkan dengan perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) berdasarkan analisa satuan harga, perhitungan pekerjaan pembesian, dan perhitungan volume yang telah diperoleh sebelumnya. Hasil perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) balok alternatif T dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. 24 Rencana Anggaran Biaya (RAB) Balok Alternatif T

No.	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan	Jumlah Harga
1.	Balok Sloof 20/25 cm (190 kg/m ³)	m ³	9,69	Rp5.784.351,00	Rp 56.050.361,19
2.	Balok Sloof 15/20 cm (194 kg/cm ³)	m ³	2,46	Rp5.851.624,20	Rp 14.394.995,53
3.	Balok Lantai 20/40 cm (115 kg/m ³)	m ³	9,61	Rp5.641.268,50	Rp 54.212.590,29
4.	Balok Lantai 20/35 cm (98 kg/m ³)	m ³	8,51	Rp5.355.357,40	Rp 45.574.091,47
5.	Balok Reng 15/20 cm (235 kg/m ³)	m ³	8,92	Rp6.541.174,50	Rp 58.347.276,54
				Total Harga	Rp228.579.315,02

Hasil perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) untuk pekerjaan balok alternatif T didapatkan Rp 228.579.315,02 untuk total pekerjaan balok.

4.6.5 Tahap Penyajian

Tahap penyajian adalah tahapan terakhir dari rangkaian analisis rekayasa nilai (*value engineering*). Pada tahap ini disajikan komparasi dari segi struktur dan biaya untuk balok eksisting dan balok alternatif T. Komparasi ditujukan agar hasil analisa yang menunjukkan adanya perubahan dapat ditampilkan.

Komparasi kekuatan struktur untuk pekerjaan balok eksisting dan balok alternatif T dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. 25 Komparasi Kekuatan Struktur Balok Eksisting dan Balok Alternatif T

Tipe Balok Eksisting	Nilai Mu Maksimum	Nilai ϕ Mn	Rasio	Tipe Balok Alternatif T	Nilai Mu Maksimum	Nilai ϕ Mn	Rasio
BS1	26.550.000	35.215.504	0,75	BS1	27.000.000	35.215.504	0,77
BS2	5.400.000	9.370.995	0,58	BS2	5.400.000	9.370.995	0,58
BL1	59.000.000	86.612.829	0,62	BL1	53.500.000	70.616.785	0,76
BL2	33.000.000	45.993.542	0,72	BL2	18.000.000	31.325.622	0,57
BR	12.367.400	17.503.452	0,71	BR	12.367.400	17.503.452	0,71

Berdasarkan Tabel 4.25, terjadi reduksi momen pada balok BL1 dan balok BL2. Momen yang didapatkan untuk balok alternatif lebih kecil daripada momen pada balok eksisting. Meskipun adanya reduksi momen, tidak berarti bahwa balok alternatif T mengalami pengurangan kekuatan karena yang mengalami pengurangan adalah beban dari balok tersebut. Hasil hitung rasio menunjukkan bahwa kekuatan yang tersedia dan yang dibutuhkan masih memenuhi. Sehingga disimpulkan bahwa desain balok alternatif dapat dipergunakan.

Selanjutnya dilakukan komparasi biaya dari Rencana Anggaran Biaya (RAB) untuk pekerjaan balok eksisting dan balok alternatif T yang dapat dilihat pada tabel berikut:

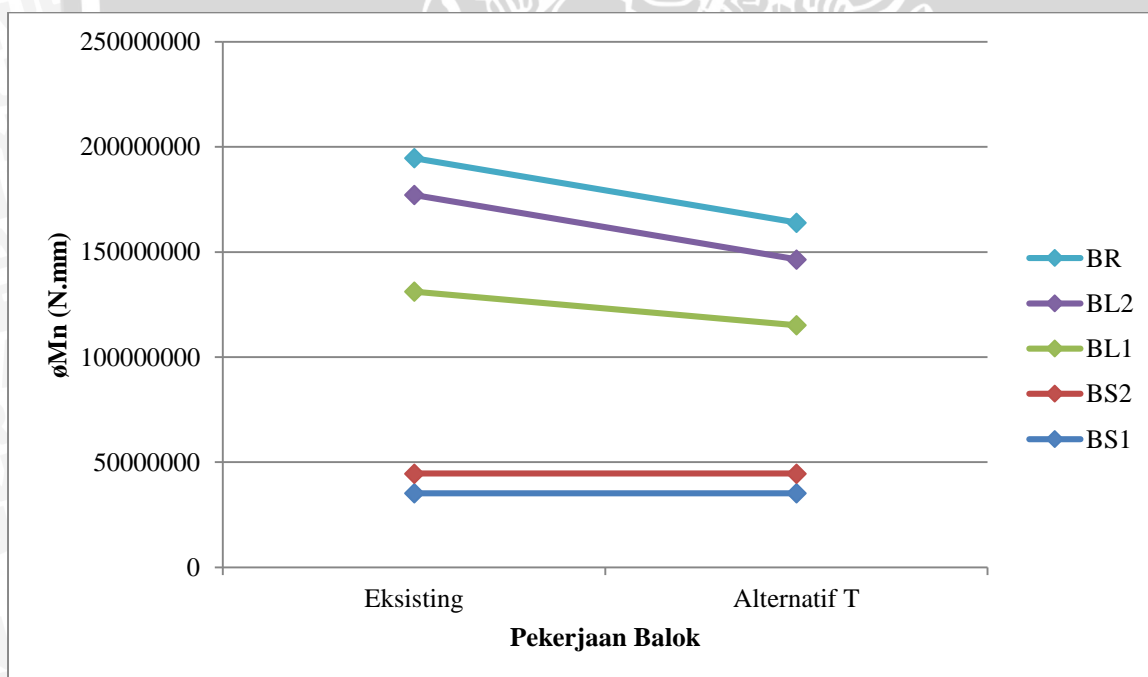
Tabel 4. 26 Komparasi Rencana Anggaran Biaya (RAB) Balok Eksisting dan Balok Alternatif T

Tipe Balok	Balok Eksisting	Balok Alternatif T
BS1	Rp55.072.545,23	Rp 56.050.361,19
BS2	Rp12.988.312,92	Rp 14.394.995,53
BL1	Rp67.142.499,33	Rp 54.212.590,29

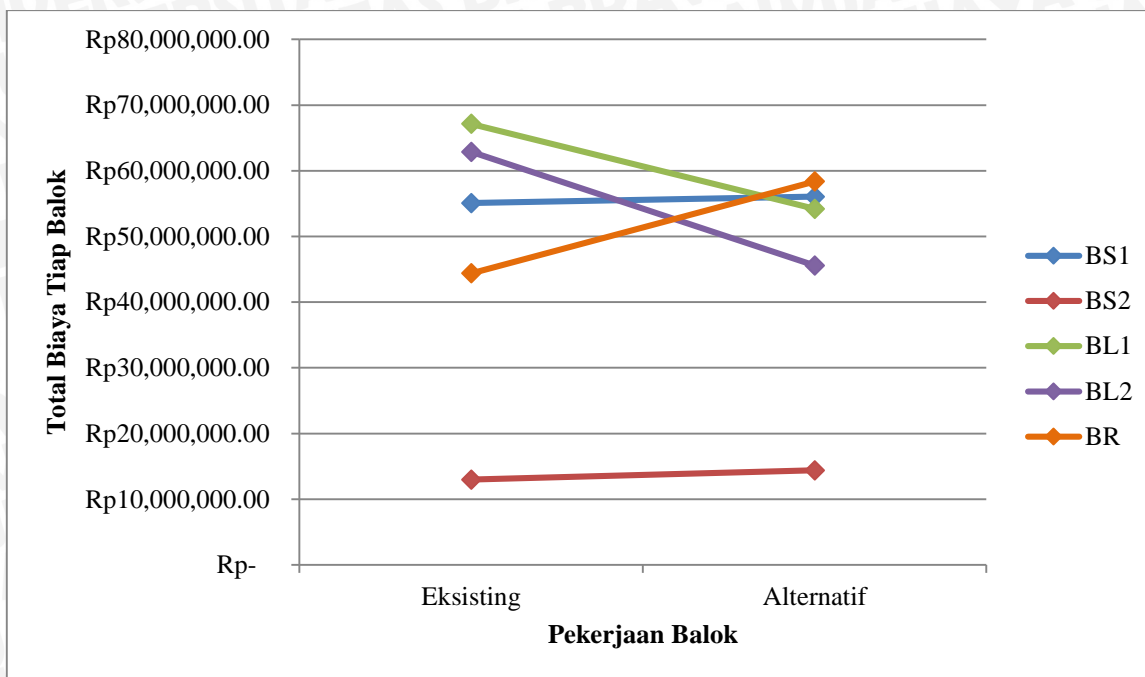
Lanjut Tabel 4.26

Tipe Balok	Balok Eksisting	Balok Alternatif T
BL2	Rp62.892.063,17	Rp 45.574.091,47
BR	Rp44.395.487,59	Rp 58.347.276,54
Total	Rp 242.490.908,23	Rp 228.579.315,02
Selisih Biaya		Rp 13.911.593,21
% <i>Cost Saving</i>		5,7370 %

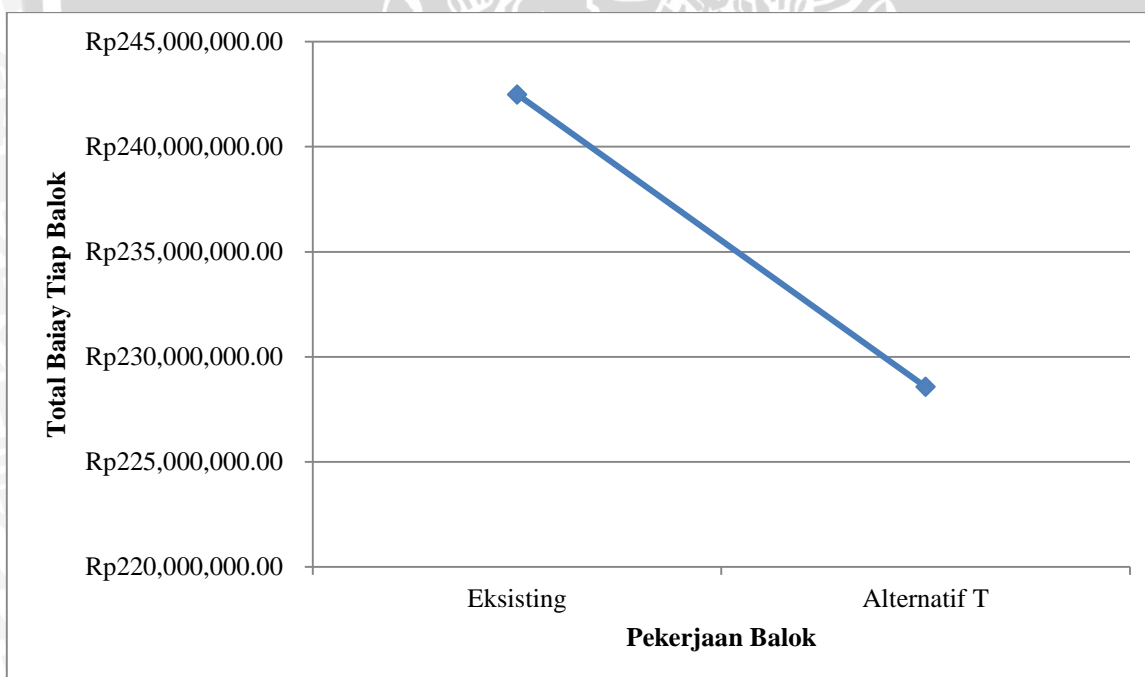
Tabel 4.26 menunjukkan total biaya untuk pekerjaan balok eksisting sebesar Rp 242.490.908,23 dan untuk balok alternatif T sebesar Rp 228.579.315,02 dengan *cost saving* sebesar 5,7370%. Dapat dilihat bahwa terjadi pengurangan volume pembesian yang cukup besar pada balok alternatif T BL1 dan BL2, sedangkan pada balok BS1, BS2, dan BR mengalami peningkatan volume pembesian. Disimpulkan bahwa balok alternatif yang diajukan memenuhi tujuan awal yaitu menghemat biaya pengerjaan. Berikut ditampilkan grafik komparasi struktur dan biaya dari balok eksisting dan balok alternatif T:



Gambar 4. 4 Grafik Komparasi Perhitungan Struktur pada Balok Eksisting dan Balok Alternatif T



Gambar 4. 5 Grafik Komparasi Perhitungan Biaya pada Balok Eksisting dan Balok Alternatif T



Gambar 4. 6 Grafik Komparasi Total Biaya Pada Balok Eksisting dan Balok Alternatif T