

## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Pendahuluan

Pemerintah Kota Salatiga tengah melakukan pembangunan *Supporting Unit* DPRD. Hal ini dikarenakan kondisi gedung yang sekarang sudah terlalu sempit dan ruangnya terbatas. Pembangunan ini bertujuan agar dapat meningkatkan kinerja para anggota dewan. Gedung ini dilengkapi dengan teater mini yang diharapkan dapat menjadi ekspos Kota Salatiga.

#### 4.2 Tahap Informasi

##### 4.2.1 Data Proyek

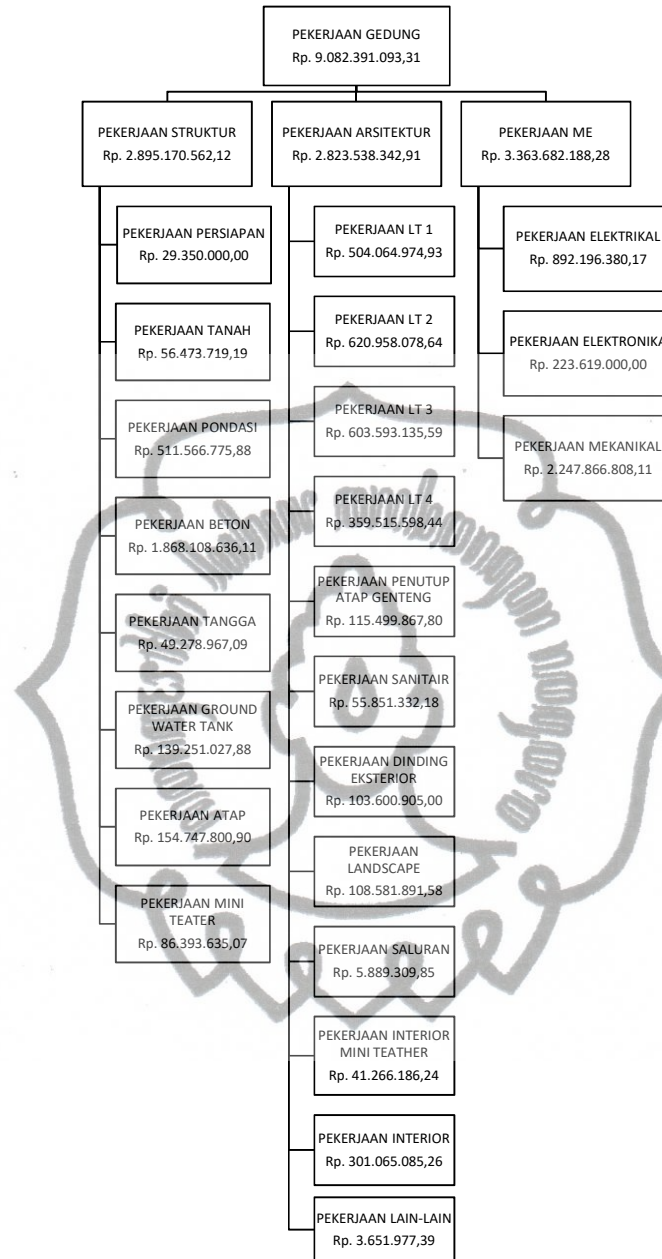
Untuk melakukan analisis *Value Engineering*, diperlukan data perencanaan proyek *Supporting Unit* DPRD Kota Salatiga. Data ini digunakan sebagai acuan dalam analisis agar fungsi gedung nantinya tidak berubah dari fungsi awal. Adapun data proyek adalah sebagai berikut:

Nama Pekerjaan	: <i>Supporting Unit</i> DPRD Kota Salatiga
Pemilik	: Pemerintah Kota Salatiga
Alamat	: Jalan Sukowati No 51, Salatiga
Fungsi Gedung	: <i>Supporting Unit</i> DPRD
Luas Lantai	: <ul style="list-style-type: none"><li>- Lantai 1 : 264 m<sup>2</sup></li><li>- Lantai 2 : 264 m<sup>2</sup></li><li>- Lantai 3 : 264 m<sup>2</sup></li><li>- Lantai 4 : 264 m<sup>2</sup></li></ul>
Pondasi	: Pondasi <i>Bored Pile</i>
Struktur	: Beton Bertulang
Biaya	: Rp. 9.082.391.093,31
Waktu pelaksanaan	: Maret – Desember 2020

#### 4.2.2 *Cost Model*

*Cost model* digunakan untuk memilih pekerjaan mana yang akan dilakukan analisis *Value Engineering*. Untuk membuat *cost model*, dilakukan pengelompokan pekerjaan menurut elemen pekerjaannya masing-masing yang kemudian disusun dalam suatu bagan. Pada bagan tersebut dicantumkan pula rencana anggaran biaya tiap item pekerjaan. Dengan *cost model* ini, dapat dilihat perbedaan biaya tiap item pekerjaan yang akan dijadikan pedoman dalam analisis *Value Engineering*.





Gambar 4.1 *Cost Model* Proyek Pembangunan *Supporting Unit* DPRD Kota Salatiga  
Sumber : Penulis (2020)

### 4.2.3 Cost Breakdown

*Cost breakdown* digunakan untuk memilih item pekerjaan yang akan dilakukan analisis *Value Engineering* pada Proyek *Supporting Unit* DPRD Kota Salatiga. Dari *Cost Model* diatas (Gambar 4.1) dapat dilihat bahwa pekerjaan beton memiliki rencana anggaran biaya terbesar kedua di banding pekerjaan lainnya. Pekerjaan mekanikal tidak dipilih karena kurangnya data dan informasi yang penulis peroleh mengenai pekerjaan ME. Oleh karena itu, pada *cost breakdown* ini akan dilakukan analisis biaya pada pekerjaan beton. Analisis ini dilakukan dengan memilih item pekerjaan yang memiliki biaya besar dibanding pekerjaan lainnya. Selain segi biaya, item pekerjaan juga dapat dipilih dari segi bahan dan desain yang dapat memunculkan berbagai alternatif.

Tabel 4.1 *Cost Breakdown* Pekerjaan Beton, Hasil Analisis (2020)

Item	Pekerjaan	Biaya
1	Pekerjaan Sloof	Rp. 143.659.461,11
2	Pekerjaan Kolom	Rp. 438.858.133,02
3	Pekerjaan Balok	Rp. 408.732.541,21
3	Pekerjaan Balok Ring	Rp. 86.995.836,44
5	Pekerjaan Pelat	Rp. 622.465.395,24
6	Pekerjaan Beton Dinding Lift	Rp. 167.397.269,09
	Total	Rp. 1.868.108.636,11
	Biaya proyek keseluruhan	Rp. 9.082.391.093,31
	Presentase	20,57%

Berdasarkan tabel diatas, didapatkan item pekerjaan yang akan dilakukan analisis *Value Engineering* pada 3 pekerjaan berbiaya tertinggi yaitu pekerjaan kolom, balok, dan pelat.

### 4.2.4 Data Responden

Untuk memperoleh data parameter kualitatif, dilakukan diskusi dengan para ahli melalui kuisisioner. Kuisisioner dibagikan kepada 8 responden yang ahli di bidangnya yang terdiri dari kontraktor, konsultan, akademisi, dan regulator (Dinas PU).

Pengambilan sampel dilakukan dengan metode *personal expert judgement*, karena pada pendekatan dengan metode AHP tidak ditekankan mengenai jumlah sampel yang diambil, akan tetapi lebih menekankan tentang kapabilitas dari responden

dalam menjawab pertanyaan yang berhubungan dengan permasalahan yang diteliti. (Nyoman, 2018)

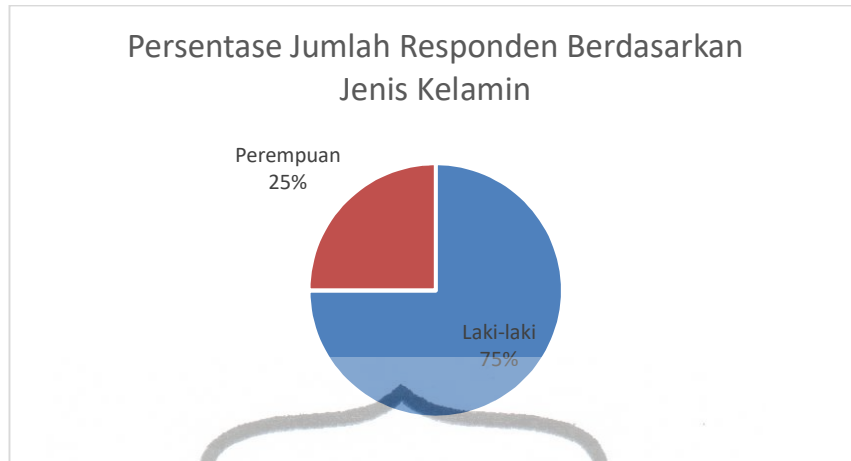
Responden ini merupakan *expert* yang dipilih oleh penulis karena dianggap mengerti, merasakan, dan memiliki kepentingan terhadap permasalahan ini. Dengan latar belakang tersebut maka dirasa cukup mewakili populasi sampel. Pendapat dari responden ini memiliki validitas tinggi karena responden memiliki pengalaman dalam bidang konstruksi gedung bertingkat dan *Value Engineering*. Dari hasil kuisioner, semua pendapat responden memiliki nilai konsistensi >90%.

Kuisioner 25 pertanyaan yang berupa matriks perbandingan berpasangan yang mempresentasikan kepentingan relatif elemen terhadap elemen lainnya.

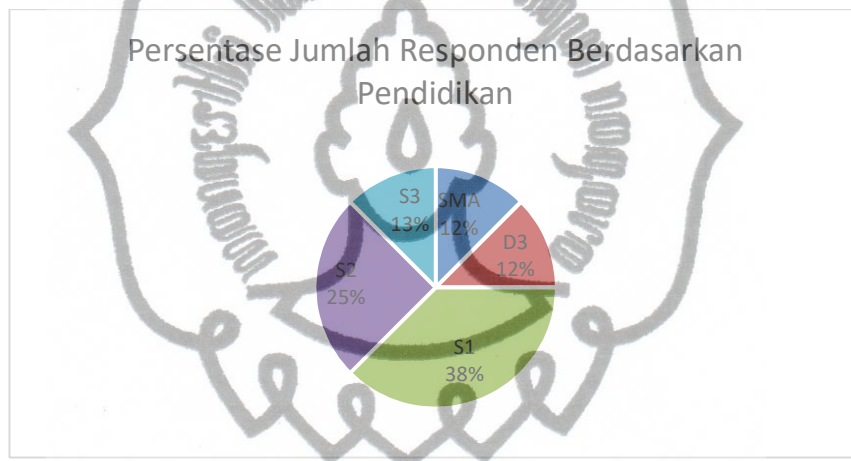
Berikut merupakan profil dari responden,

Tabel 4.2 Profil Responden

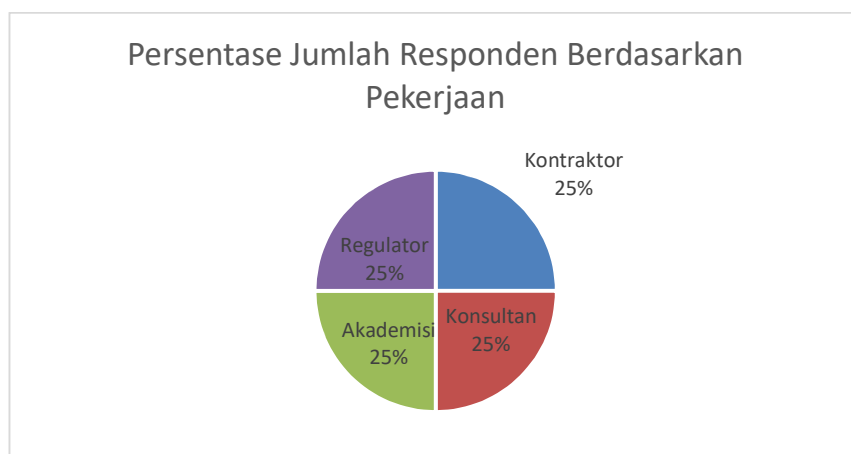
No	Nama	Jenis kelamin	Jabatan	Pendidikan	Lama Bekerja
1	Responden 1 (P2)	Laki-laki	Direktur	SMA	13 Tahun
2	Responden 2 (P3)	Laki-laki	Project Manager	D3	9 Tahun
3	Responden 3 (P4)	Perempuan	PPK	S1	8 Tahun
4	Responden 4 (P5)	Laki-laki	Kepala Bidang Gedung dan Pembinaan Jasa Konstruksi	S2	22 Tahun
5	Responden 5 (P6)	Laki-laki	Direktur	S1	7 Tahun
6	Responden 6 (P7)	Laki-laki	Team Leader	S1	4 Tahun
7	Responden 7 (P8)	Laki-laki	Dosen	S2	13 Tahun
8	Responden 8 (P9)	Perempuan	Dosen	S3	36 tahun



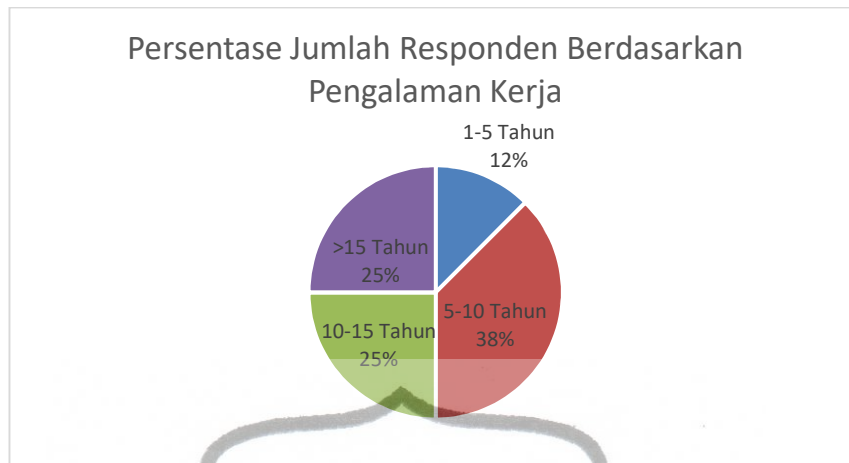
Gambar 4.2 Persentase Jumlah Responden Berdasarkan Jenis Kelamin  
Sumber : Penulis (2020)



Gambar 4.3 Persentase Jumlah Responden Berdasarkan Tingkat Pendidikan  
Sumber : Penulis (2020)



Gambar 4.4 Persentase Jumlah Responden Berdasarkan Pekerjaan  
Sumber : Penulis (2020)



Gambar 4.5 Persentase Jumlah Responden Berdasarkan Lama Pengalaman Kerja  
Sumber : Penulis (2020)

Untuk kuisisioner dan hasil kuisisioner dapat dilihat pada bagian Lampiran.

## 4.3 Tahap Pengembangan Ide Spekulatif

### 4.3.1 Analisis Fungsi

Analisis fungsi adalah salah satu tahap yang penting dalam *Value Engineering*. Analisis ini yang membedakan *Value Engineering* dengan teknik penghematan biaya lainnya. Tahap ini bertujuan untuk mengidentifikasi fungsi yang berpeluang untuk dilakukan peningkatan nilai ataupun penghematan. Berikut merupakan analisis fungsi dari pekerjaan yang akan dilakukan analisis *Value Engineering*.



Tabel 4.3 Analisis Fungsi Pekerjaan Pelat, Hasil Analisis (2020)

No	Komponen	Fungsi			Cost	Worth
		Verb	Noun	Kind	(Rp)	(Rp)
1	Lahan Produksi	Memberi	Bentuk	P	Rp 2.783.889,90	
2	Bekisting	Memberi	Bentuk	P	Rp 88.322.306,57	-
3	Tulangan	Menahan	Tarik	P	Rp 356.271.541,80	-
4	Beton	Menahan	Tekan	P	Rp 148.529.566,60	-
5	Ereksi	Memasang	Bentuk	P	Rp 20.893.139,86	-
6	Grouting	Menahan	Tarik	P	Rp 5.664.950,50	-
					Rp 622.465.395,24	

Tabel 4.4 Analisis Fungsi Pekerjaan Balok, Hasil Analisis (2020)

No	Komponen	Fungsi			Cost	Worth
		Verb	Noun	Kind	(Rp)	(Rp)
1	Beton	Menahan	Tekan	P	Rp 74.769.994,42	-
2	Tulangan	Menahan	Tarik	P	Rp 211.766.958,90	-
3	Bekisting	Memberi	Bentuk	P	Rp 122.195.587,89	-
					Rp 408.732.541,21	-

Tabel 4.5 Analisis Fungsi Pekerjaan Kolom, Hasil Analisis (2020)

No	Komponen	Fungsi			Cost	Worth
		Verb	Noun	Kind	(Rp)	(Rp)
1	Beton	Menahan	Tekan	P	Rp 58.432.332,95	-
2	Tulangan	Menahan	Tarik	P	Rp 233.464.506,32	-
3	Bekisting	Memberi	Bentuk	P	Rp 146.961.293,75	-
					Rp 438.858.133,02	-

Keterangan:

1. P adalah unsur item pekerjaan yang dianggap primer,
2. Analisis fungsi pada tahap ini hanya mendefinisikan komponen item pekerjaan yang akan dianalisis,
3. Nilai cost diperoleh dari rencana biaya *existing*,
4. Nilai worth belum bisa ditampilkan dan akan diisi pada tahap analisis,
5. Analisis fungsi secara lengkap akan ditampilkan pada tahap analisis.



### 4.3.2 Analisis Struktur

#### 4.3.2.1 Analisis Struktur Pelat

Berikut adalah desain *existing* pelat pada proyek *Supporting Unit* DPRD Kota Salatiga.

Tabel 4.6 Data Desain Pekerjaan Pelat *Existing*, Data Struktur Proyek *Supporting Unit* (2020)

Nama	Jenis Pelat	Tebal	Tulangan		Mutu Beton
Lt 2	<i>Half Precast Flyslab</i>	12 (cm)	Arah X	Ø 12-200	K-225
			Arah Y	Ø 12-200	
Lt 3	<i>Half Precast Flyslab</i>	12 (cm)	Arah X	Ø 12-200	K-225
			Arah Y	Ø 12-200	
Lt 4	Konvensional	12 (cm)	Arah X	Ø 12-200	K-250
			Arah Y	Ø 12-200	
Pelat dak atap	Konvensional	12 (cm)	Arah X	Ø 12-200	K-250
			Arah Y	Ø 12-200	

Dari data desain diatas dilakukan perhitungan ulang dan diskusi dengan responden sehingga didapatkan alternatif dimensi pelat yang dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 4.7 Alternatif Desain Dimensi Pelat 1, Hasil Analisis (2020)

Nama	Jenis Pelat	Tebal	Tulangan		Mutu Beton
Lt 2	Konvensional	10 (cm)	Arah X	Ø 12-200	K-250
			Arah Y	Ø 12-200	
Lt 3	Konvensional	10 (cm)	Arah X	Ø 12-200	K-250
			Arah Y	Ø 12-200	
Lt 4	Konvensional	10 (cm)	Arah X	Ø 12-200	K-250
			Arah Y	Ø 12-200	
Pelat dak atap	Konvensional	10 (cm)	Arah X	Ø 12-200	K-250
			Arah Y	Ø 12-200	

Tabel 4.8 Alternatif Desain Dimensi Pelat 2, Hasil Analisis (2020)

Nama	Jenis Pelat	Tebal	Tulangan		Mutu Beton
Lt 2	<i>Half Precast Flyslab</i>	10 (cm)	Arah X	Ø 12-200	K-225
			Arah Y	Ø 12-200	
Lt 3	<i>Half Precast Flyslab</i>	10 (cm)	Arah X	Ø 12-200	K-225
			Arah Y	Ø 12-200	
Lt 4	Konvensional	10 (cm)	Arah X	Ø 12-200	K-250
			Arah Y	Ø 12-200	
Pelat dak atap	Konvensional	10 (cm)	Arah X	Ø 12-200	K-250
			Arah Y	Ø 12-200	

Contoh perhitungan kekuatan pelat (*existing*)

a. Perhitungan pembebanan

- Beban Mati (Qd)

$$\begin{aligned}\text{Beban sendiri} &= 0,12 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \\ &= 288 \text{ kg/m}^2\end{aligned}$$

- Beban Hidup (Ql)

$$\text{Beban hidup untuk kantor} = 250 \text{ kg/m}^2 \text{ (SNI 1727-2013)}$$

- Beban Ultimate (Qu)

$$\begin{aligned}\text{Qu} &= 1,2 \text{ Qd} + 1,6 \text{ Ql} \\ &= 1,2 \cdot 288 + 1,6 \cdot 250 \\ &= 745,6 \text{ kg/m}^2 = 0,746 \text{ t/m}^2\end{aligned}$$

b. Perhitungan momen

- Mlx

$$\begin{aligned}&= 0,001 \cdot \text{qu} \cdot \text{lx}^2 \cdot x \\ &= 0,001 \cdot 0,746 \cdot 4,00^2 \cdot 63 \\ &= 0,752 \text{ tm}\end{aligned}$$

- Mly

$$\begin{aligned}&= 0,001 \cdot \text{qu} \cdot \text{ly}^2 \cdot x \\ &= 0,001 \cdot 0,746 \cdot 4,00^2 \cdot 34 \\ &= 0,406 \text{ tm}\end{aligned}$$

- Mtx

$$\begin{aligned}&= 0,001 \cdot \text{qu} \cdot \text{lx}^2 \cdot x \\ &= 0,001 \cdot 0,746 \cdot 4,00^2 \cdot 83 \\ &= 0,991 \text{ tm}\end{aligned}$$

- Mty

$$= 0,001 \cdot \text{qu} \cdot \text{ly}^2 \cdot x$$

*commit to user*

$$= 0,001 \cdot 0,746 \cdot 4,00^2 \cdot 57$$

$$= 0,680 \text{ tm}$$

c. Penulangan arah x

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$dx = 84 \text{ mm}$$

$$f'_c = 19,3 \text{ Mpa (K225)}$$

$$f_y = 240 \text{ Mpa}$$

$$n = 5$$

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

$$A_s = 565,487 \text{ mm}^2$$

$$a = 8,273 \text{ mm}$$

$$M_u \text{ max} = 9754943,541 \text{ Nmm}$$

$$= 0,975 \text{ tm}$$

$$M_u \text{ max} > M_u \text{ terjadi}$$

$$0,975 > 0,752$$

$$SF = M_u \text{ max} / M_u \text{ terjadi}$$

$$= 1,3 \text{ (tulangan aman)}$$

d. Penulangan arah y

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$dy = 72 \text{ mm}$$

$$f'_c = 19,3 \text{ Mpa (K225)}$$

$$f_y = 240 \text{ Mpa}$$

$$n = 5$$

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

$$A_s = 565,487 \text{ mm}^2$$

$$a = 8,273 \text{ mm}$$

$$M \text{ max} = 8289202,073 \text{ Nmm}$$

$$= 0,829 \text{ tm}$$

$$M_u \text{ max} > M_u \text{ terjadi}$$

$$0,829 > 0,438$$

$$SF = M_u \text{ max} / M_u \text{ terjadi}$$

$$= 1,893 \text{ (tulangan aman)}$$

e. *Cek stage handling*

$$\begin{aligned}
 Q_l &= 100 \text{ kg/m}^2 \\
 Q_{\text{slab}} &= 0,07 \times 2400 = 168 \text{ kg/m}^2 \\
 Q_{\text{ult}} &= 1,2 \cdot 168 + 1,6 \cdot 100 \\
 &= 362 \text{ kg/m}^2 \\
 M_u &= 0,365 \text{ tm} \\
 b &= 1000 \text{ mm} \\
 d_y &= 84 \text{ mm} \\
 f'_c &= 19,3 \text{ Mpa (K225)} \\
 f_y &= 240 \text{ Mpa} \\
 n &= 5 \\
 \text{Diameter} &= 12 \text{ mm} \\
 A_s &= 565,487 \text{ mm}^2 \\
 a &= 8,273 \text{ mm} \\
 M_{u \text{ max}} &= 9754943,541 \text{ Nmm} \\
 &= 0,975 \text{ tm} \\
 M_{u \text{ max}} &> M_u \text{ terjadi} \\
 0,975 &> 0,362 \\
 SF &= M_{u \text{ max}} / M_u \text{ terjadi} \\
 &= 2,693 \text{ (tulangan aman)}
 \end{aligned}$$

f. *Cek stage erection*

$$\begin{aligned}
 Q_l &= 100 \text{ kg/m}^2 \\
 Q_{\text{slab}} &= 0,07 \times 2400 = 168 \text{ kg/m}^2 \\
 Q_{\text{top}} &= 0,05 \times 2400 = 120 \text{ kg/m}^2 \\
 Q_{\text{ult}} &= 1,2 \cdot 288 + 1,6 \cdot 100 \\
 &= 505,6 \text{ kg/m}^2 \\
 M_u &= 0,510 \text{ tm} \\
 b &= 1000 \text{ mm} \\
 d_y &= 84 \text{ mm} \\
 f'_c &= 19,3 \text{ Mpa (K225)} \\
 f_y &= 240 \text{ Mpa} \\
 n &= 5
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Diameter} &= 12 \text{ mm} \\
 A_s &= 565,487 \text{ mm}^2 \\
 a &= 8,273 \text{ mm} \\
 M_u \text{ max} &= 9754943,541 \text{ Nmm} \\
 &= 0,975 \text{ tm} \\
 M_u \text{ max} &> M_u \text{ terjadi} \\
 0,975 &> 0,510 \\
 SF &= M_u \text{ max} / M_u \text{ terjadi} \\
 &= 1,9 \text{ (tulangan aman)}
 \end{aligned}$$

g. Kontrol pelat terpasang

Beban Mati ( $Q_d$ )

$$\begin{aligned}
 \text{Beban sendiri} &= 0,12 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 288 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\text{Finishing lantai} = 50 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Sehingga, } Q_d = 338 \text{ kg/m}^2$$

Beban Hidup ( $Q_l$ )

$$\text{Beban hidup untuk kantor} = 250 \text{ kg/m}^2 \text{ (SNI 1727-2013)}$$

Beban Ultimate ( $Q_u$ )

$$\begin{aligned}
 Q_u &= 1,2 Q_d + 1,6 Q_l \\
 &= 1,2 \cdot 338 + 1,6 \cdot 250 \\
 &= 805,6 \text{ kg/m}^2 \\
 &= 0,806 \text{ t/m}^2
 \end{aligned}$$

$$M_u = 0,812 \text{ tm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$d_y = 84 \text{ mm}$$

$$f'_c = 19,3 \text{ Mpa (K225)}$$

$$f_y = 240 \text{ Mpa}$$

$$n = 5$$

$$A_s = 565,487 \text{ mm}^2$$

$$a = 8,273 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 M \text{ max} &= 9754943,541 \text{ Nmm} \\
 &= 0,975 \text{ tm}
 \end{aligned}$$

*commit to user*

$$\begin{aligned}
 \text{Mu max} &> \text{Mu terjadi} \\
 0,975 &> 0,812 \\
 \text{SF} &= \text{Mu max} / \text{Mu terjadi} \\
 &= 1,2 \text{ (tulangan aman)}
 \end{aligned}$$

#### 4.3.2.2 Analisis Struktur Balok

Berikut adalah desain *existing* balok pada proyek *Supporting Unit* DPRD Kota Salatiga.

Tabel 4.9 Data Desain Pekerjaan Balok *Existing*, Data Struktur Proyek *Supporting Unit* (2020)

Nama	Dimensi	Tumpuan	Tumpuan Extra	Lapangan	Lapangan Extra	Mutu Beton
LT 2	15 x 25	6D13		6D13		f <sub>c</sub> 21,7 Mpa (K250)
	20 x 30	8D16		8D16		
	25 x 50	12D16	2D12	12D16	2D12	
	42,5 x 25	16D16	2D12	18D16	2D12	
LT 3	15 x 25	6D13		6D13		
	20 x 30	8D16		8D16		
	25 x 50	12D16	2D12	12D16	2D12	
	42,5 x 25	16D16	2D12	18D16	2D12	
	30 x 60	12D19	2D12	12D19	2D12	
LT 4	15 x 25	6D13		6D13		
	20 x 30	8D16		8D16		
	25 x 50	12D16	2D12	12D16	2D12	
	42,5 x 25	16D16	2D12	18D16	2D12	
	25 x 68	12D16	4D12	12D14	4D12	

Dari data desain diatas dilakukan perhitungan ulang dan diskusi dengan responden sehingga didapatkan alternatif dimensi balok yang dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 4.10 Alternatif Dimensi Balok, Hasil Analisis (2020)

Nama	Dimensi	Tumpuan	Tumpuan Extra	Lapangan	Lapangan Extra	Mutu Beton
LT 2	15 x 25	6D13		6D13		f <sub>c</sub> 21,7 Mpa (K250)
	20 x 30	8D13		8D13		
	25 x 47,5	12D16	2D12	12D16	2D12	
	25 x 42,5	10D16	2D12	10D16	2D12	
LT 3	15 x 25	6D13		6D13		
	20 x 30	8D13		8D13		
	25 x 47,5	12D16	2D12	12D16	2D12	
	25 x 42,5	10D16	2D12	10D16	2D12	
	30 x 60	12D19	2D12	12D19	2D12	
LT 4	15 x 25	6D13		6D13		
	20 x 30	8D13		8D13		
	25 x 47,5	12D16	2D12	12D16	2D12	
	25 x 42,5	10D16	2D12	10D16	2D12	
	25 x 65	12D16	4D12	12D16	4D12	

Contoh perhitungan kekuatan balok (*Existing*)

L terpanjang = 5 m = 5000 mm

Diambil:

Tinggi balok (H) =  $(1/10 - 1/6) L = 500$  mm

Lebar balok (B) =  $(1/2 - 2/3) H = 250$  mm

Dari hasil perhitungan pada SAP 2000, diperoleh  $M_u = 211,368 \times 10^6$  Nmm  
dan  $V_u = 185730$  N

a. Perencanaan Tulangan Lentur

Data perencanaan :

h = 500 mm

b = 250 mm

p = 25 mm

f<sub>y</sub> = 320 Mpa

f<sub>c</sub>' = 20,83 Mpa

Ø tul = 16 mm

Ø skg = 8 mm

*commit to user*



$$d' = 41 \text{ mm}$$

$$d = h - d' = 500 - 41 = 459 \text{ mm}$$

$$\beta = 0,85$$

$$\rho_b = \frac{0,85 f_c' \beta}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) = 0,0307$$

$$\rho_{max} = 0,75 \times \rho_b = 0,0230$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = 0,0044$$

$$M_u = 211,368 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = 264,210 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} = 5,0163$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = 18,0735$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2m R_n}{f_y}} \right] = 0,0189$$

$$\rho < \rho_{max}$$

$$\text{maka digunakan } \rho = 0,0189$$

$$A_{s \text{ perlu}} = \rho \cdot b \cdot d = 2169,46 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_{s \text{ perlu}}}{\frac{1}{4} \pi D^2} = 10,79 \rightarrow 12 \text{ tulangan}$$

b. Cek Tulangan Lentur

$$A_s \times f_y = 0,85 \times f_c' \times a \times b + A_s' \times f_s$$

$$- A_s \times f_y = 8 \times 0,25 \times \pi \times 16^2 \times 250 = 7077,37,9930$$

$$- 0,85 \times f_c' \times a \times b = 0,85 \times f_c' \times (c \times \beta) \times b = 3762,4188 \times c$$

$$- A_s' \times f_s = A_s' \times \frac{c-d'}{c} \times \Sigma \epsilon_{cu} \times E = 663504,3684 - 27203679,11/c$$

$$3762,4188c^2 - 44233,6246 c - 27203679 = 0$$

$$\text{Dari penyelesaian persamaan kuadrat diperoleh } c = 91,1129 \text{ mm}$$

$$a = 0,85 \cdot c = 0,85 \times 103,70 = 77,4459 \text{ mm}$$

$$f_s = \frac{c-d'}{c} \times 600 = \frac{103,70 - 41}{103,70} \times 600 = 330,0052 \text{ Mpa}$$

$$f_s > f_y, \text{ untuk perhitungan } M_n \text{ diambil } f_s = 320 \text{ Mpa}$$

$$M_n = (A_s \times f_y - A_s' \times f_s) \times (d - 0,5a) + (A_s' \times f_s) \times (d_b - d_b')$$

$$= 369,793 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$\phi M_n = 295,583 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$\phi M_n > M_u$$

$295,583 \times 10^6 \text{ Nmm} > 264,210 \times 10^6 \text{ Nmm}$ , maka balok aman terhadap lentur.

c. Cek Tulangan Geser

$$V_u = 185730 \text{ N}$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} \times b \times d = 87286,2989 \text{ N}$$

$$V_s \text{ perlu} = \frac{V_u}{\phi} - V_c = 198452,1627 \text{ N}$$

$$V_s \text{ max} = \frac{2}{3} \times \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d = 349145,1954 \text{ N}$$

$$V_s \text{ min} = \frac{1}{3} \times \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d = 174572,5977 \text{ N}$$

$V_s \text{ perlu} < V_s \text{ max}$  maka Penampang Ok

#### 4.3.2.3 Analisis Struktur Kolom

Berikut adalah desain *existing* kolom pada proyek *Supporting Unit* DPRD Kota Salatiga.

Tabel 4.11 Data Desain Pekerjaan Kolom *Existing*, Data Struktur Proyek Supporting Unit (2020)

Nama		Dimensi	Tulangan	Mutu Beton
Lt 1	K1	30 x 30	12D19	f <sub>c</sub> 21,7 Mpa (K250)
	K2	20 x 40	8D19	
	KP	15 x 15	4D12	
Lt 2	K1	30 x 30	12D19	
	K2	20 x 40	8D19	
	K3	15 x 30	6D13	
	KP	15 x 15	4D12	
Lt 3	K1	30 x 30	12D13	
	K2	20 x 40	8D13	
	K3	15 x 30	6D13	
	KP	15 x 15	4D12	
Lt 4	K1	30 x 30	12D19	
	K2	20 x 40	8D19	
	K3	15 x 30	6D13	
	KP	15 x 15	4D12	
LT Atap	K1	30 x 30	12D19	

Dari data desain diatas dilakukan perhitungan ulang dan diskusi dengan responden sehingga didapatkan alternatif dimensi kolom yang dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 4.12 Alternatif Dimensi Kolom, Hasil Analisis (2020)

Nama		Dimensi	Tulangan	Mutu Beton
Lt 1	K1	30 x 30	12D19	f <sub>c</sub> 21,7 Mpa (K250)
	K2	20 x 40	8D19	
	KP	12,5 x 12,5	4D12	
Lt 2	K1	30 x 30	12D19	
	K2	20 x 40	8D19	
	K3	15 x 30	6D13	
	KP	12,5 x 12,5	4D12	
Lt 3	K1	30 x 30	12D13	
	K2	20 x 40	8D13	
	K3	15 x 30	6D13	
	KP	12,5 x 12,5	4D12	
Lt 4	K1	30 x 30	12D13	
	K2	20 x 40	8D13	
	K3	15 x 30	6D13	
	KP	12,5 x 12,5	4D12	
LT Atap	K1	30 x 30	12D13	

Contoh perhitungan kekuatan kolom (*Existing*)

Data perencanaan :

H = 150 mm

b = 150 mm

p = 20 mm

f<sub>y</sub> = 320 Mpa

f<sub>c</sub> = 20,83 Mpa

D tul = 12 mm

D skg = 8 mm

d' = 54 mm

d = 96 mm

β = 0,85

P<sub>u</sub> = 2189737 N

V<sub>u</sub> = 75000 N

*commit to user*

$$M_u = 29,01 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$e_u = \frac{M_u}{P_u} = \frac{29,01 \times 10^6}{2189737} = 13,25 \text{ mm}$$

Cek kelangsingan :

$$L = \text{tinggi antar lantai} - \text{tinggi balok} = 340 \text{ cm}$$

$$r = 0,3 h = 4,5 \text{ cm}$$

Mencari kelangsingan kolom dengan rumus :

$$\frac{K.L}{r} = 16,2 < 22 \text{ (OK)}$$

Jadi, kolom masih memenuhi syarat kelangsingan.

Cek terhadap syarat penampang kolom :

$$\frac{A_g \cdot f'_c}{10} \leq P_u$$

$$\frac{150 \times 150 \times 20,83}{10} \leq 2189737$$

$$46867,5 \leq 2189737 \text{ (OK)}$$

$$c_b = \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \times d = 182,608 \text{ mm}$$

$$a_b = 0,85 \times C_b = 155,2168 \text{ mm}$$

$$f'_s = \frac{c_b - d'}{c_b} \times 600 = 422,571 \text{ MPa}$$

Karena  $f'_s > f_y$  maka dipakai  $f'_s = f_y = 320 \text{ Mpa}$

Syarat kolom kuat balok lemah

$$1,2 \sum M_{n\text{balok}} \leq \sum M_{n\text{kolom}}$$

$$1,2 \times (21,49 + 21,05) \times 10^6 \text{ Nmm} \leq M_n \text{ kolom}$$

$$M_n \text{ kolom} = 51,05 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$P_n = \frac{M_n}{e_u} = 3,85 \times 10^6 \text{ N}$$

$$\text{Direncanakan tulangan kolom } A_s = A_s' = 4D12 = 452,389 \text{ mm}^2$$

$$C_c = 0,85 \times f'_c \times a_b \times b = 412226,6579 \text{ N}$$

Karena  $f'_s > f_y$  maka dipakai  $f'_s = f_y = 320 \text{ Mpa}$ , sehingga:

$$T_s = C_s = A_s \cdot f_y = 144764,48 \text{ N}$$

$$P_{nb} = C_c = 412226,6579 \text{ N}$$

$$M_{nb} = T_s \times (d - 0,5h) + C_s \times (0,5h - d') + C_c \times (0,5h - 0,5ab)$$

*commit to user*

$$= 1315688455 \text{ Nmm}$$

$$e_b = \frac{M_{nb}}{P_{nb}} = 319,166 \text{ mm}$$

Karena  $e_u = 13,25 \text{ mm} < e_b = 319,166 \text{ mm}$  maka terjadi keruntuhan tekan

Perhitungan untuk keruntuhan tekan

$$P_n \text{ ada} = \frac{A_s \cdot f_y}{\frac{e_b}{d - d'}} + \frac{b \cdot h \cdot f'_c}{\frac{3 \cdot h \cdot e_u}{d^2}} + 1,18 = 66,77 \times 10^6 \text{ N}$$

$$P_{n_{ada}} > P_n$$

$$74,34 \times 10^6 \text{ N} > 3,85 \times 10^6 \text{ (Aman terhadap Keruntuhan Tekan)}$$

#### 4.3.3 Analisis Biaya

Pada tahap ini dilakukan perhitungan biaya yang diperlukan untuk masing-masing alternatif pekerjaan. Harga satuan yang digunakan bersumber dari Rencana Anggaran Biaya Pembangunan *Supporting Unit* DPRD Kota Salatiga dan Harga Satuan Dasar Kota Salatiga 2019. Analisa harga satuan pekerjaan (AHSP) dihitung berdasarkan SNI 7832-2012

#### 4.3.3.1 Analisis Biaya Pekerjaan Pelat

Berikut merupakan analisa harga satuan yang digunakan dalam analisis biaya pekerjaan pelat:

Tabel 4.13 Harga Satuan 1 m<sup>3</sup> Pekerjaan Membuat Beton Mutu f'c=19,3 Mpa (K225), SNI 7832-2012

KODE	KOEF	SAT.	URAIAN PEKERJAAN	HARGA BAHAN/UPAH	JUMLAH
		A	Tenaga		Rp 160.015,00
L.01	1,65	OH	Pekerja	Rp 75.000,00	Rp 123.750,00
L.02	0,275	OH	Tukang Batu	Rp 90.000,00	Rp 24.750,00
L.03	0,028	OH	Kepala Tukang	Rp 100.000,00	Rp 2.800,00
L.04	0,083	OH	Mandor	Rp 105.000,00	Rp 8.715,00
		B	Bahan		Rp 845.597,86
	371	Kg	Portland Semen	Rp 1.225,00	Rp 454.475,00
	698	Kg	Pasir Beton	Rp 203,57	Rp 142.092,86
	1047	Kg	Kerikil (maksimum 30 mm)	Rp 233,33	Rp 244.300,00
	215	ltr	Air	Rp 22,00	Rp 4.730,00
		C	PERALATAN		
		D	Jumlah A + B + C		Rp1.005.612,86
		E	Overhead & Profit (10%)		Rp 100.561,29
		F	Harga Satuan Pekerjaan (D+E)		Rp1.106.174,14

Tabel 4.14 Harga Satuan 1 m<sup>3</sup> Pekerjaan Membuat Beton Mutu f'c=21,7 Mpa (K250), SNI 7832-2012

KODE	KOEF	SAT.	URAIAN PEKERJAAN	HARGA BAHAN/UPAH	JUMLAH
		A	Tenaga		Rp 160.015,00
L.01	1,65	OH	Pekerja	Rp 75.000,00	Rp 123.750,00
L.02	0,275	OH	Tukang Batu	Rp 90.000,00	Rp 24.750,00
L.03	0,028	OH	Kepala Tukang	Rp 100.000,00	Rp 2.800,00
L.04	0,083	OH	Mandor	Rp 105.000,00	Rp 8.715,00
		B	Bahan		Rp 858.434,76
	384	Kg	Portland Semen	Rp 1.225,00	Rp 470.400,00
	692	Kg	Pasir Beton	Rp 203,57	Rp 140.871,43
	1039	Kg	Kerikil	Rp 233,33	Rp 242.433,33
	215	ltr	Air	Rp 22,00	Rp 4.730,00
		C	PERALATAN		
		D	Jumlah A + B + C		Rp1.018.449,76
		E	Overhead & Profit (10%)		Rp 101,844,98
		F	Harga Satuan Pekerjaan (D+E)		Rp1.120.294,74



Tabel 4.15 Harga Satuan 1 m<sup>2</sup> Pekerjaan Membuat Lahan Produksi 12 cm, SNI 7832-2012

KODE	KOEF	SAT.	URAIAN PEKERJAAN	HARGA BAHAN/UPAH	JUMLAH
		A	TENAGA		Rp 19.170,00
L.01	0,198	OH	Pekerja	Rp 75.000,00	Rp 14.850,00
L.02	0,033	OH	Tukang Batu	Rp 90.000,00	Rp 2.970,00
L.03	0,003	OH	Kepala Tukang	Rp 100.000,00	Rp 300,00
L.04	0,01	OH	Mandor	Rp 105.000,00	Rp 1.050,00
		B	BAHAN		Rp 95.866,77
	39,12	kg	Portland Semen	Rp 1.225,00	Rp 47.922,00
	91,2	kg	Pasir beton	Rp 203,57	Rp 18.565,58
	123,48	kg	Kerikil	Rp 233,33	Rp 28.811,59
	25,8	L	Air	Rp 22,00	Rp 567,60
		C	PERALATAN		
		D	Jumlah A + B + C		Rp 115.036,77
		E	Overhead & Profit (10%)		Rp 11.503,68
		F	Harga Satuan Pekerjaan (D+E)		Rp 126.540,45

Tabel 4.16 Harga Satuan 1 m<sup>2</sup> Pekerjaan Membuat Bekisting Pelat (12 x pakai), SNI 7832-2012

KODE	KOEF	SAT.	URAIAN PEKERJAAN	HARGA BAHAN/UPAH	JUMLAH
		A	TENAGA		Rp 8.270,00
L.01	0,007	OH	Pekerja	Rp 75.000,00	Rp 525,00
L.02	0,076	OH	Tukang Batu	Rp 90.000,00	Rp 6.840,00
L.03	0,008	OH	Kepala Tukang	Rp 100.000,00	Rp 800,00
L.04	0,001	OH	Mandor	Rp 105.000,00	Rp 105,00
		B	BAHAN		Rp 309.555,60
	0,008	m <sup>3</sup>	Lantai kerja	Rp1.144.811,64	Rp 9.158,49
	9,394	Kg	Besi Hollow	Rp 24.200,00	Rp 227.334,80
	0,005	m <sup>3</sup>	Kayu Kaso	Rp8.518.400,00	Rp 42.592,00
	0,08	Lbr	Phenol film	Rp 194.000,00	Rp 15.520,00
	0,2	L	Minyak bekisting	Rp 39.600,00	Rp 7.920,00
	3,882	buah	Dinabolt	Rp 1.811,00	Rp 7.030,30
		C	PERALATAN		
		D	Jumlah A + B + C		Rp 317.825,60
		E	Overhead & Profit (10%)		Rp 31.782,56
		F	Harga Satuan Pekerjaan (D+E)		Rp 349.608,15



Tabel 4.17 Harga Satuan 10 kg Pembesian *Wiremesh*, SNI 7832-2012

KODE	KOEF	SAT.	URAIAN PEKERJAAN	HARGA BAHAN/UPAH	JUMLAH
		A	Tenaga		Rp 4.430,00
L.01	0,025	OH	Pekerja	Rp 75.000,00	Rp 1.875,00
L.02	0,025	OH	Tukang Besi	Rp 90.000,00	Rp 2.250,00
L.03	0,002	OH	Kepala Tukang	Rp 100.000,00	Rp 200,00
L.04	0,001	OH	Mandor	Rp 105.000,00	Rp 105,00
		B	Bahan		Rp 191.565,00
	10,2	Kg	Jaring Kawat Baja dilas	Rp 18.700,00	Rp 190.740,00
	0,05	Kg	Kawat Beton	Rp 16.500,00	Rp 825,00
		C	PERALATAN		
		D	Jumlah A + B + C		Rp 195.995,00
		E	Overhead & Profit (10%)		Rp 19.599,50
		F	Harga Satuan Pekerjaan (D+E)		Rp 215.594,50

Tabel 4.18 Harga Satuan 1 buah Pekerjaan Ereksi Pelat, SNI 7832-2012

KODE	KOEF	SAT.	URAIAN PEKERJAAN	HARGA BAHAN/UPAH	JUMLAH
	0,067	OH	Operator Crane	Rp 95.000,00	Rp 6.365,00
L.01	0,067	OH	Pekerja	Rp 75.000,00	Rp 5.025,00
L.02	0,067	OH	Tukang Batu	Rp 90.000,00	Rp 6.030,00
	0,134	OH	Tukang Ereksi	Rp 90.000,00	Rp 12.060,00
L.03	0,067	OH	Kepala Tukang	Rp 100.000,00	Rp 6.700,00
L.04	0,067	OH	Mandor	Rp 105.000,00	Rp 7.035,00
		B	BAHAN		Rp 52.873,92
	6,676	L	Solar	Rp 7.920,00	Rp 52.873,92
		C	PERALATAN		Rp 150.583,33
	0,067	Hari	Sewa Crane	Rp 2.083.333,33	Rp 139.583,33
	1,1	Hari	Sewa Pipe Support	Rp 10.000,00	Rp 11.000,00
		D	Jumlah A + B + C		Rp 246.672,25
		E	Overhead & Profit (10%)		Rp 24.667,23
		F	Harga Satuan Pekerjaan (D+E)		Rp 271.339,48

Tabel 4.19 Harga Satuan 1 Titik Pekerjaan Stek Pembesian Joint, SNI 7832-2012

KODE	KOEF	SAT.	URAIAN PEKERJAAN	HARGA BAHAN/UPAH	JUMLAH
		A	Tenaga		Rp 38.432,50
L.02	0,306	OH	Tukang Besi	Rp 95.000	Rp 29.092,33
L.03	0,061	OH	Kepala Tukang	Rp 100.000	Rp 6.124,70
L.04	0,031	OH	Mandor	Rp 105.000	Rp 3.215,47
		B	Bahan		
		C	PERALATAN		
		D	Jumlah A + B + C		Rp 38.432,50
		E	Overhead & Profit (10%)		Rp 3.843,25
		F	Harga Satuan Pekerjaan (D+E)		Rp 42.275,75

Tabel 4.20 Harga Satuan 10 Kg Pekerjaan Pembesian dengan Besi Polos / Ulir, SNI 7832-2012

KODE	KOEF	SAT.	URAIAN PEKERJAAN	HARGA BAHAN/UPAH	JUMLAH
		A	Tenaga		Rp 12.670,00
L.01	0,07	OH	Pekerja	Rp 5.000,00	Rp 5.250,00
L.02	0,07	OH	Tukang Besi	Rp 90.000,00	Rp 6.300,00
L.03	0,007	OH	Kepala Tukang	Rp 100.000,00	Rp 700,00
L.04	0,004	OH	Mandor	Rp 105.000,00	Rp 420,00
		B	Bahan		Rp 128.475,00
	10,5	Kg	Besi Beton (polos/ulir)	Rp 12.000,00	Rp 126.000,00
	0,15	Kg	Kawat Beton	Rp 16.500,00	Rp 2.475,00
		C	PERALATAN		
		D	Jumlah A + B + C		Rp 141.145,00
		E	Overhead & Profit (10%)		Rp 14.114,50
		F	Harga Satuan Pekerjaan (D+E)		Rp 155.259,50

Tabel 4.21 Harga Satuan 1 m<sup>2</sup> Pekerjaan Memasang Bekisting untuk Pelat, SNI 7832-2012

KODE	KOEF	SAT	URAIAN PEKERJAAN	HARGA BAHAN/UPAH	JUMLAH
		A	Tenaga		Rp 85.965,00
L.01	0,66	OH	Pekerja	Rp 75.000,00	Rp 49.500,00
L.02	0,33	OH	Tukang Kayu	Rp 90.000,00	Rp 29.700,00
L.03	0,033	OH	Kepala Tukang	Rp 100.000,00	Rp 3.300,00
L.04	0,033	OH	Mandor	Rp 105.000,00	Rp 3.465,00
		B	Bahan		Rp 96.848,67
	0,01333	m3	Kayu Klas III (Terentang)	Rp5.324.000,00	Rp 70.986,67
	0,13333	Kg	Paku Biasa 2" - 5"	Rp 17.600,00	Rp 2.346,67
	0,06667	Ltr	Minyak Bekisting	Rp 39.600,00	Rp 2.640,00
	0,005	m3	Balok Kayu Klas II (Borneo)	Rp8.518.400,00	Rp 42.592,00
	0,11667	Lbr	Plywood tebal 9mm	Rp 143.000,00	Rp 16.683,33
	1	Btg	Dolken Kayu Galam diameter 8 - 10 cm / 4 m	Rp 61.600,00	Rp 61.600,00
		C	PERALATAN		
		D	Jumlah A + B + C		Rp 82.813,67
		E	Overhead & Profit (10%)		Rp 28.281,37
		F	Harga Satuan Pekerjaan (D+E)		Rp 311.095,03

1. Pelat *Existing* (t=12 cm)Tabel 4.22 Rekapitulasi Biaya Pekerjaan Pelat *Existing*, Hasil Analisis (2020)

NO	URAIAN PEKERJAAN	VOLUME	SATUAN	HARGA SATUAN	JUMLAH
1.	Pekerjaan Pelat <i>Precast</i> Flyslab				
	Lahan Produksi (t=12 cm)	22	m <sup>2</sup>	Rp 126.540,45	Rp 2.783.889,90
	Bekisting <i>Precast</i>	671,2	m <sup>2</sup>	Rp 349.608,15	Rp 19.554.749,45
	Pembesian <i>Wiremesh</i>	10652,245	Kg	Rp 215.594,50	Rp 229.656.534,85
	Beton K-225 (t=7 cm)	46,984	m <sup>3</sup>	Rp 1.106.174,14	Rp 51.972.485,93
	Ereksi Pelat <i>Precast</i>	77	Buah	Rp 271.339,48	Rp 20.893.139,86
	Pekerjaan Stek Pembesian	134	ttk	Rp 42.275,75	Rp 5.664.950,50
	Topping Beton K-225 (t=5 cm)	33,56	m <sup>3</sup>	Rp 1.106.174,14	Rp 37.123.204,23
2.	Pekerjaan Pelat Konvensional				
	Pembesian	8155,056	Kg	Rp 15.525,95	Rp 126.615.006,95
	Bekisting (2-3 kali pemakaian)	221,05	m <sup>2</sup>	Rp 311.095,03	Rp 68.767.557,12
	Beton k-250	53,052	m <sup>3</sup>	Rp 1.120.294,74	Rp 59.433.876,45
	TOTAL BIAYA				Rp 622.465.395,24

## 2. Alternatif Pelat Konvensional (t=10 cm)

Tabel 4.23 Rekapitulasi Biaya Pekerjaan Pelat Konvensional (t=10 cm), Hasil Analisis (2020)

NO	URAIAN PEKERJAAN	VOLUME	SATUAN	HARGA SATUAN	JUMLAH
1	Bekisting 3x pemakaian	370,6528	m <sup>2</sup>	Rp 311.095,03	Rp 115.308.238,26
2	Pembesian	13674,26	kg	Rp 15.525,95	Rp 212.305.831,41
3	Beton K-250	111,33	m <sup>3</sup>	Rp 1.120.294,74	Rp 124.722.413,19
	TOTAL				Rp 452.336.482,86

3. Pelat *Precast Half Slab*  $t=10$  cmTabel 4.24 Rekapitulasi Biaya Pekerjaan Pelat *Half Slab* ( $t=10$  cm), Hasil Analisis (2020)

NO	URAIAN PEKERJAAN	VOLUME	SATUAN	HARGA SATUAN	JUMLAH
1.	Pekerjaan Pelat <i>Precast Flyslab</i>				
	Lahan Produksi ( $t=12$ cm)	22	m <sup>2</sup>	Rp 126.540,45	Rp 2.783.889,89
	Bekisting <i>Precast</i>	559,333	m <sup>2</sup>	Rp 349.608,15	Rp 15.042.114,96
	Pembesian Wiremesh (10 kg)	7890,552	Kg	Rp 215.594,50	Rp 170.115.951,74
	Beton K-225 ( $t=6$ cm)	33,56	m <sup>3</sup>	Rp1.106.174,14	Rp 29.698.563,39
	Ereksi Pelat <i>Precast</i>	77	Buah	Rp 271.339,48	Rp 20.893.139,86
	Pekerjaan Stek Pembesian	134	ttk	Rp 42.275,75	Rp 5.664.950,50
	Topping Beton K-225 ( $t=4$ cm)	20,136	m <sup>3</sup>	Rp1.106.174,14	Rp 22.273.922,54
2.	Pekerjaan Pelat Konvensional				
	Pembesian	6795,88	Kg	Rp 15.525,95	Rp 105.512.493,09
	Bekisting (2-3 kali pemakaian)	184,208	m <sup>2</sup>	Rp 311.095,03	Rp 17.908.218,00
	Beton k-250	44,21	m <sup>3</sup>	Rp1.120.294,74	Rp 49.528.230,37
	TOTAL BIAYA				Rp 439.421.474,33

## 4.3.3.2 Analisis Biaya Pekerjaan Balok

Harga Satuan 1 m<sup>3</sup> Pekerjaan Membuat Beton Mutu  $f'_c=21,7$  Mpa (K250), Lihat Tabel 4.13

Harga Satuan 10 Kg Pekerjaan Pembesian dengan Besi Polos / Ulir, Lihat Tabel 4.19

Tabel 4.25 Harga Satuan 1 m<sup>2</sup> Pekerjaan Memasang Bekisting untuk Balok, SNI 7832-2012

KODE	KOEF	SAT.	URAIAN PEKERJAAN	HARGA BAHAN/UPAH	JUMLAH
		A	Tenaga		Rp 85.965,00
L.01	0,66	OH	Pekerja	Rp 75.000,00	Rp 49.500,00
L.02	0,33	OH	Tukang Kayu	Rp 90.000,00	Rp 29.700,00
L.03	0,033	OH	Kepala Tukang	Rp 100.000,00	Rp 3.300,00
L.04	0,033	OH	Mandor	Rp 105.000,00	Rp 3.465,00
		B	Bahan		Rp 205.367,07
	0,01333	m <sup>3</sup>	Kayu Klas III (Terentang)	Rp5.324.000,00	Rp 70.986,67
	0,1333	Kg	Paku Biasa 2" - 5"	Rp 17.600,00	Rp 2.346,67
	0,0667	Ltr	Minyak Bekisting	Rp 39.600,00	Rp 2.640,00
	0,006	m <sup>3</sup>	Balok Kayu Klas II	Rp8.518.400,00	Rp 51.110,40
	0,1167	Lbr	Plywood tebal 9mm	Rp 143.000,00	Rp 16.683,33
	1	Btg	Dolken Kayu Galam diameter 8 - 10 cm / 4m	Rp 61.600,00	Rp 61.600,00
		C	PERALATAN		
		D	Jumlah A + B + C		Rp 291.332,07
		E	Overhead & Profit (10%)		Rp 29.133,21
		F	Harga Satuan Pekerjaan (D+E)		Rp 320.465,27

Tabel 4.26 Harga Satuan 1m<sup>2</sup> Pekerjaan Bekisting Balok Pracetak, SNI 7832-2012

KODE	KOEF	SAT.	URAIAN PEKERJAAN	HARGA BAHAN/UPAH	JUMLAH
		A	TENAGA		Rp 4.225,00
L.01	0,004	OH	Pekerja	Rp 75.000,00	Rp 300,00
L.02	0,038	OH	Tukang Kayu	Rp 90.000,00	Rp 3.420,00
L.03	0,004	OH	Kepala Tukang	Rp 100.000,00	Rp 400,00
L.04	0,001	OH	Mandor	Rp 105.000,00	Rp 105,00
		B	BAHAN		Rp 60.918,62
	0,005	m <sup>3</sup>	Kayu Kaso	Rp8.518.400,00	Rp 42.592,00
	0,043	Lbr	Phenol film	Rp 194.000,00	Rp 8.342,00
	0,2	L	Minyak bekisting	Rp 39.600,00	Rp 7.920,00
	0,046	Kg	Paku	Rp 17.600,00	Rp 809,60
	0,693	buah	Dinabolt	Rp 1.811,00	Rp 1.255,02
		C	PERALATAN		
		D	Jumlah A + B + C		Rp 65.143,62
		E	Overhead & Profit (10%)		Rp 6.514,36
		F	Harga Satuan Pekerjaan (D+E)		Rp 71.657,99



Tabel 4.27 Harga Satuan 1 buah Pekerjaan Langsir Balok, SNI 7832-2012

KODE	KOEF	SAT.	URAIAN PEKERJAAN	HARGA BAHAN/UPAH	JUMLAH
		A	TENAGA		Rp 6.650,00
	0,019		Operator Crane	Rp 95.000,00	Rp 1.805,00
	0,019		Pekerja	Rp 75.000,00	Rp 1.425,00
	0,038		Tukang Batu	Rp 90.000,00	Rp 3.420,00
		B	BAHAN		Rp 15.024,24
	1,897		Solar	Rp 7.920,00	Rp 15.024,24
		C	PERALATAN		Rp 39.583,33
	0,019		Sewa Crane	Rp2.083.333,33	Rp 39.583,33
		D	Jumlah A + B + C		Rp 61.257,57
		E	Overhead & Profit (10%)		Rp 6.125,76
		F	Harga Satuan Pekerjaan (D+E)		Rp 67.383,33

Tabel 4.28 Harga Satuan 1 buah Pekerjaan Ereksi Balok, SNI 7832-2012

KODE	KOEF	SAT.	URAIAN PEKERJAAN	HARGA BAHAN/UPAH	JUMLAH
		A	TENAGA		Rp 39.345,00
	0,061		Operator Crane	Rp 95.000,00	Rp 5.795,00
L.001	0,061		Pekerja	Rp 75.000,00	Rp 4.575,00
L.002	0,061		Tukang Batu	Rp 90.000,00	Rp 5.490,00
	0,122		Tukang Ereksi	Rp 90.000,00	Rp 10.980,00
L.003	0,061		Kepala Tukang	Rp 100.000,00	Rp 6.100,00
L.004	0,061		Mandor	Rp 105.000,00	Rp 6.405,00
		B	BAHAN		Rp 48.391,20
	6,11		Solar	Rp 7.920,00	Rp 48.391,20
		C	PERALATAN		Rp 138.083,33
	0,061		Sewa Crane	Rp2.083.333,33	Rp 127.083,33
	1,1		Sewa Pipe Support	Rp 10.000,00	Rp 11.000,00
		D	Jumlah A + B + C		Rp 225.819,53
		E	Overhead & Profit (10%)		Rp 22.581,95
		F	Harga Satuan Pekerjaan (D+E)		Rp 248.401,49



Tabel 4.29 Harga Satuan 1 m<sup>3</sup> Pekerjaan Grouting Joint, SNI 7832-2012

KODE	KOEF	SAT.	URAIAN PEKERJAAN	HARGA BAHAN/UPAH	JUMLAH
		A	TENAGA		Rp 44.315,00
L.02	0,367	OH	Tukang Batu	Rp 90.000,00	Rp 33.030,00
L.03	0,074	OH	Kepala Tukang	Rp 100.000,00	Rp 7.400,00
L.04	0,037	OH	Mandor	Rp 105.000,00	Rp 3.885,00
		B	BAHAN		Rp8.888.800,00
	1850	kg	Semen Grout	Rp 4.800,00	Rp8.880.000,00
	400	l	Air	Rp 22,00	Rp 8.800,00
		C	PERALATAN		
		D	Jumlah A + B + C		Rp8.933.115,00
		E	Overhead & Profit (10%)		Rp 893.311,50
		F	Harga Satuan Pekerjaan (D+E)		Rp9.826.426,50

1. Balok *Existing*Tabel 4.30 Rekapitulasi Biaya Pekerjaan Balok *Existing*, Hasil Analisis (2020)

NO	URAIAN PEKERJAAN	VOLUME	SATUAN	HARGA SATUAN	JUMLAH
1	Beton K-250	66,74136	m <sup>3</sup>	Rp1.120.294,74	Rp74.769.994,42
2	Pembesian	13639,55	kg	Rp 15.525,95	Rp211.766.958,90
3	Bekisting	381,3068	m <sup>2</sup>	Rp 320.465,27	Rp122.195.587,89
	TOTAL				Rp408.732.541,21

## 2. Balok Konvensional dengan Perubahan Dimensi

Tabel 4.31 Rekapitulasi Biaya Pekerjaan Balok Konvensional dengan Perubahan Dimensi, Hasil Analisis (2020)

NO	URAIAN PEKERJAAN	VOLUME	SATUAN	HARGA SATUAN	JUMLAH
1	Beton K-250	65,31636	m <sup>3</sup>	Rp 1.120.294,74	Rp 73.173.574,42
2	Pembesian	12157,91	kg	Rp 15.525,95	Rp188.763.177,91
3	Bekisting	375,6068	m <sup>2</sup>	Rp 320.465,27	Rp120.368.935,83
	TOTAL				Rp382.305.688,16

3. Balok *Precast*Tabel 4.32 Rekapitulasi Biaya Pekerjaan Balok *Precast* dengan Perubahan Dimensi, Hasil Analisis (2020)

NO	URAIAN PEKERJAAN	VOLUME	SATUAN	HARGA SATUAN	JUMLAH
1	Beton k-250	65,32	m <sup>3</sup>	Rp 1.120.294,74	Rp 73.173.574,42
2	Pembesian	12157,91	Kg	Rp 15.525,95	Rp 188.763.177,91
3	Bekisting 12 x pakai	375,61	m <sup>2</sup>	Rp 71.657,99	Rp 2.242.935,55
4	Langsir	270,00	buah	Rp 67.383,33	Rp 18.193.499,28
5	Ereksi	270,00	buah	Rp 248.401,49	Rp 67.068.401,40
6	Joint	1,88	m <sup>3</sup>	Rp 9.826.426,50	Rp 18.424.549,69
	TOTAL				Rp 367.866.138,24

## 4.3.3.3 Analisis Biaya Pekerjaan Kolom

Harga Satuan 1 m<sup>3</sup> Pekerjaan Membuat Beton Mutu  $f'_c=21,7$  Mpa (K250), Lihat Tabel 4.13

Harga Satuan 10 Kg Pekerjaan Pembesian dengan Besi Polos / Ulir, Lihat Tabel 4.19

Harga Satuan 1 m<sup>3</sup> *Grouting* pada *Joint* dapat dilihat pada Tabel 4.28

Tabel 4.33 Harga Satuan 1 m<sup>2</sup> Pekerjaan Memasang Bekisting untuk Kolom, SNI 7832-2012

KODE	KOEF	SAT.	URAIAN PEKERJAAN	HARGA BAHAN/UPAH	JUMLAH
		A	Tenaga		Rp 85.965,00
L.01	0,66	OH	Pekerja	Rp 75.000,00	Rp 49.500,00
L.02	0,33	OH	Tukang Kayu	Rp 90.000,00	Rp 29.700,00
L.03	0,033	OH	Kepala Tukang	Rp 100.000,00	Rp 3.300,00
L.04	0,033	OH	Mandor	Rp 105.000,00	Rp 3.465,00
		B	Bahan		Rp 196.848,67
	0,013333	m <sup>3</sup>	Kayu Klas III (Terentang)	Rp5.324.000,00	Rp 70.986,67
	0,133333	Kg	Paku Biasa 2" - 5"	Rp 17.600,00	Rp 2.346,67
	0,066667	Ltr	Minyak Bekisting	Rp 39.600,00	Rp 2.640,00
	0,005	m <sup>3</sup>	Balok Kayu Klas II	Rp8.518.400,00	Rp 42.592,00
	0,116667	Lbr	Plywood tebal 9mm	Rp 143.000,00	Rp 16.683,33
	1	Btg	Dolken Kayu Galam diameter 8 - 10 cm / 4 m	Rp 61.600,00	Rp 61.600,00
		C	PERALATAN		
		D	Jumlah A + B + C		Rp 282.813,67
		E	Overhead & Profit (10%)		Rp 28.281,37
		F	Harga Satuan Pekerjaan		Rp 311.095,03

Tabel 4.34 Harga Satuan 1 m<sup>2</sup> Bekisting Kolom Pracetak, SNI 7832-2012

KODE	KOEF	SAT.	URAIAN PEKERJAAN	HARGA BAHAN/UPAH	JUMLAH
		A	TENAGA		Rp 4.225,00
L.01	0,004	OH	Pekerja	Rp 75.000,00	Rp 300,00
L.02	0,038	OH	Tukang Kayu	Rp 90.000,00	Rp 3.420,00
L.03	0,004	OH	Kepala Tukang	Rp 100.000,00	Rp 400,00
L.04	0,001	OH	Mandor	Rp 105.000,00	Rp 105,00
		B	BAHAN		Rp 53.370,22
	0,004	m <sup>3</sup>	Kayu Kaso	Rp8.518.400,00	Rp 34.073,60
	0,048	Lbr	Phenol film	Rp 194.000,00	Rp 9.312,00
	0,2	L	Minyak bekisting	Rp 39.600,00	Rp 7.920,00
	0,046	Kg	Paku	Rp 17.600,00	Rp 809,60
	0,693	buah	Dinabolt	Rp 1.811,00	Rp 1.255,02
		C	PERALATAN		
		D	Jumlah A + B + C		Rp 57.595,22
		E	Overhead & Profit (10%)		Rp 5.759,52
		F	Harga Satuan Pekerjaan		Rp 63.354,75

Tabel 4.35 Harga Satuan 1 buah Langsir Kolom Pracetak, SNI 7832-2012

KODE	KOEF	SAT.	URAIAN PEKERJAAN	HARGA BAHAN/UPAH	JUMLAH
		A	TENAGA		Rp 6.650,00
	0,019	OH	Operator Crane	Rp 95.000,00	Rp 1.805,00
L.001	0,019	OH	Pekerja	Rp 75.000,00	Rp 1.425,00
L.002	0,038	OH	Tukang Batu	Rp 90.000,00	Rp 3.420,00
		B	BAHAN		Rp 15.024,24
	1,897	L	Solar	Rp 7.920,00	Rp 15.024,24
		C	PERALATAN		Rp 39.583,33
	0,019	hari	Sewa Crane	Rp2.083.333,3	Rp 39.583,33
		D	Jumlah A + B + C		Rp 61.257,57
		E	Overhead & Profit (10%)		Rp 6.125,76
		F	Harga Satuan Pekerjaan		Rp 67.383,33

Tabel 4.36 Harga Satuan 1 buah Ereksi Kolom, SNI 7832-2012

KODE	KOEF	SAT.	URAIAN PEKERJAAN	HARGA BAHAN/UPAH	JUMLAH
		A	TENAGA		Rp 53.535,00
	0,083	OH	Operator Crane	Rp 95.000,00	Rp 7.885,00
L.001	0,083	OH	Pekerja	Rp 75.000,00	Rp 6.225,00
L.002	0,083	OH	Tukang Batu	Rp 90.000,00	Rp 7.470,00
	0,166	OH	Tukang Ereksi	Rp 90.000,00	Rp 14.940,00
L.003	0,083	OH	Kepala Tukang	Rp 100.000,00	Rp 8.300,00
L.004	0,083	OH	Mandor	Rp 105.000,00	Rp 8.715,00
		B	BAHAN		Rp 65.553,84
	8,277	L	Solar	Rp 7.920,00	Rp 65.553,84
		C	PERALATAN		Rp 194.916,67
	0,083		Sewa Crane	Rp 2.083.333,3	Rp 172.916,67
	2,2		Sewa Pipe Support	Rp 10.000,00	Rp 22.000,00
		D	Jumlah A + B + C		Rp 314.005,51
		E	Overhead & Profit (10%)		Rp 31.400,55
		F	Harga Satuan Pekerjaan		Rp 345.406,06

1. Kolom *existing*Tabel 4.37 Rekapitulasi Biaya Pekerjaan Kolom *Existing*, Hasil Analisis (2020)

NO	URAIAN PEKERJAAN	VOLUME	SATUAN	HARGA SATUAN	JUMLAH
1	Beton K-250	52,158	m <sup>3</sup>	Rp 1.120.294,74	Rp 58.432.332,95
2	Pembesian	15037,05	kg	Rp 15.525,95	Rp 233.464.506,32
3	Bekisting 3x pemakaian	472,4	m <sup>2</sup>	Rp 311.095,03	Rp 146.961.293,75
	TOTAL				Rp 438.858.133,02

## 2. Kolom Konvensional dengan Perubahan Dimensi

Tabel 4.38 Rekapitulasi Biaya Pekerjaan Kolom Konvensional dengan Perubahan Dimensi, Hasil Analisis (2020)

NO	URAIAN PEKERJAAN	VOLUME	SATUAN	HARGA SATUAN	JUMLAH
1	Beton K-250	46,6085	m <sup>3</sup>	Rp 1.120.294,74	Rp 52.215.257,30
2	Pembesian	14813,86	kg	Rp 15.525,95	Rp 229.999.257,12
3	Bekisting 3x pemakaian	432,04	m <sup>2</sup>	Rp 311.095,03	Rp 134.405.498,20
	TOTAL				Rp 416.620.012,62

### 3. Kolom *Precast*

Tabel 4.39 Rekapitulasi Biaya Pekerjaan Kolom *Precast* dengan Perubahan dimensi, Hasil Analisis (2020)

NO	URAIAN PEKERJAAN	VOLUME	SATUAN	HARGA SATUAN	JUMLAH
1	Beton k-250	46,61	m <sup>3</sup>	Rp 1.120.294,74	Rp 52.215.257,30
2	Pembesian	14813,86	kg	Rp 15.525,95	Rp 229.999.257,12
3	Bekisting 12 x pakai	432,04	m <sup>2</sup>	Rp 63.354,75	Rp 2.280.982,01
4	Langsir	263,00	buah	Rp 67.383,33	Rp 17.721.815,97
5	Ereksi	263,00	buah	Rp 345.406,06	Rp 90.841.793,08
6	Joint	2,37	m <sup>3</sup>	Rp 9.826.426,50	Rp 23.259.151,53
	TOTAL				Rp 416.318.257,00

#### 4.3.4 Analisis Waktu

##### 1. Pekerjaan Pelat

###### a. Pelat *Existing*

- Ereksi  
Produktivitas per hari = 40 buah  
Total kebutuhan = 77 buah  
Estimasi durasi =  $1,93 \approx 2$  hari
- Stek pembesian grouting  
Produktivitas per hari = 55 titik  
Total kebutuhan = 134 titik  
Estimasi durasi =  $2,052 \approx 3$  hari
- Topping pelat  
Produksi per hari = 73  
Total kebutuhan = 33,56 m<sup>3</sup>  
Estimasi durasi =  $0,461 \approx 1$  hari
- Perancah dan Bekisting  
Produksi per hari = 100 m<sup>2</sup>  
Total kebutuhan = 221,05 m<sup>2</sup>  
Estimasi durasi =  $2,21 \approx 3$  hari
- Pemotongan Besi  
Produksi per hari = 5000 kg

Total kebutuhan = 8155,057 kg

Estimasi durasi = 1,63  $\approx$  2 hari

- Pengayaman Besi

Produksi per hari = 200 m<sup>2</sup>

Total kebutuhan = 221,05 m<sup>2</sup>

Estimasi durasi = 1,11  $\approx$  2 hari

- Persiapan cor = 1 hari

- Pengecoran konvensional

Produksi per hari = 140 m<sup>3</sup>

Total kebutuhan = 53,052 m<sup>3</sup>

Estimasi durasi = 0,38  $\approx$  1 hari

Dari hasil perhitungan diatas, waktu yang dibutuhkan untuk membuat pelat half *precast* adalah selama 14 hari. Urutan pekerjaan dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.40 Estimasi Waktu Pelaksanaan Pekerjaan Pelat Half *Precast Existing*, Hasil Analisis (2020)

Uraian Kegiatan	Durasi																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Ereksi																				
Stek Pembesian																				
Topping																				
Bekisting																				
Pemotongan Besi																				
Penganyaman Besi																				
Persiapan Pengecoran																				
Pengecoran																				

b. Pelat Konvensional dengan Perubahan Dimensi

- Perancah dan Bekisting

Produksi per hari = 100 m<sup>2</sup>

Total kebutuhan = 1111,96 m<sup>2</sup>

Estimasi durasi = 11,12  $\approx$  12 hari

- Pemotongan Besi

Produksi per hari = 5000 kg

Total kebutuhan = 13674,26 kg

Estimasi durasi = 2,73  $\approx$  3 hari



- Penganyaman Besi  
 Produksi per hari =  $200 \text{ m}^2$   
 Total kebutuhan =  $1111,96 \text{ m}^2$   
 Estimasi durasi =  $5,56 \approx 6$  hari
- Persiapan cor = 1 hari
- Pengecoran  
 Produksi per hari = 140  
 Total kebutuhan =  $111,33 \text{ m}^3$   
 Estimasi durasi =  $0,795 \approx 1$  hari

Dari hasil perhitungan diatas, waktu yang dibutuhkan untuk membuat pelat konvensional dengan perubahan dimensi adalah selama 20 hari.

Urutan pekerjaan dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.41 Estimasi Waktu Pelaksanaan Pekerjaan Pelat Konvensional dengan Perubahan Dimensi, Hasil Analisis (2020)

Uraian Kegiatan	Durasi																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Bekisting																				
Pemotongan Besi																				
Penganyaman Besi																				
Persiapan Pengecoran																				
Pengecoran																				

c. Pelat *Precast* Halfslab dengan Perubahan Dimensi

- Ereksi  
 Produktivitas per hari = 40 buah  
 Total kebutuhan = 77 buah  
 Estimasi durasi =  $1,93 \approx 2$  hari
- Stek pembesian grouting  
 Produktivitas per hari = 55 titik  
 Total kebutuhan = 134 titik  
 Estimasi durasi =  $2,052 \approx 3$  hari
- Topping pelat  
 Produksi per hari = 73  
 Total kebutuhan =  $20,136 \text{ m}^3$   
 Estimasi durasi =  $0,276 \approx 1$  hari



- Perancah dan Bekisting  
 Produksi per hari = 100 m<sup>2</sup>  
 Total kebutuhan = 184,208 m<sup>2</sup>  
 Estimasi durasi = 1,84 ≈ 2 hari
- Pemotongan Besi  
 Produksi per hari = 5000 kg  
 Total kebutuhan = 6795,88 kg  
 Estimasi durasi = 1,36 ≈ 2 hari
- Pengayaman Besi  
 Produksi per hari = 200 m<sup>2</sup>  
 Total kebutuhan = 184,208 m<sup>2</sup>  
 Estimasi durasi = 0,92 ≈ 1 hari
- Persiapan cor = 1 hari
- Pengecoran konvensional  
 Produksi per hari = 140 m<sup>3</sup>  
 Total kebutuhan = 44,21 m<sup>3</sup>  
 Estimasi durasi = 0,32 ≈ 1 hari

Dari hasil perhitungan diatas, waktu yang dibutuhkan untuk membuat pelat half *precast* dengan perubahan dimensi adalah selama 12 hari. Urutan pekerjaan dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.42 Estimasi Waktu Pelaksanaan Pekerjaan Pelat Half *Precast* dengan Perubahan Dimensi, Hasil Analsis (2020)

Uraian Kegiatan	Durasi																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Ereksi	■	■																		
Stek Pembesian		■	■	■																
Topping					■															
Bekisting						■	■													
Pemotongan Besi								■	■	■										
Penganyaman Besi										■	■									
Persiapan Pengecoran											■	■								
Pengecoran												■	■							

## 1. Pekerjaan Balok

### a. Balok *Existing*

#### - Pembesian

Produksi per hari = 2800 kg

Total kebutuhan = 13639,549 kg

Estimasi durasi =  $4,87 \approx 5$  hari

#### - Perancah dan Bekisting

Produksi per hari =  $60 \text{ m}^2$

Total kebutuhan =  $381,31 \text{ m}^2$

Estimasi durasi =  $6,35 \approx 7$  hari

#### - Persiapan cor = 1 hari

#### - Pengecoran

Produksi per hari = 140

Total kebutuhan =  $66,74 \text{ m}^3$

Estimasi durasi =  $0,48 \approx 1$  hari

Dari hasil perhitungan diatas, waktu yang dibutuhkan untuk membuat balok konvensional *existing* adalah selama 14 hari. Urutan pekerjaan dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.43 Estimasi Waktu Pelaksanaan Pekerjaan Balok Konvensional *Existing*, Hasil Analisis (2020)

Uraian Kegiatan	Durasi																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Pembesian	■	■	■	■	■															
Bekisting						■	■	■	■	■	■	■	■							
Persiapan Pengecoran													■							
Pengecoran														■						

### b. Balok Konvensional dengan Perubahan Dimensi

#### - Pembesian

Produksi per hari = 2800 kg

Total kebutuhan = 12157,91 kg

Estimasi durasi =  $4,34 \approx 5$  hari

#### - Perancah dan Bekisting

Produksi per hari =  $60 \text{ m}^2$

Total kebutuhan =  $375,61 \text{ m}^2$

*commit to user*

Estimasi durasi =  $6,26 \approx 7$  hari

- Persiapan cor = 1 hari

- Pengecoran

Produksi per hari = 140

Total kebutuhan =  $65,32 \text{ m}^3$

Estimasi durasi =  $0,47 \approx 1$  hari

Dari hasil perhitungan diatas, waktu yang dibutuhkan untuk membuat balok konvensional dengan perubahan dimensi adalah selama 14 hari.

Urutan pekerjaan dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.44 Estimasi Waktu Pelaksanaan Pekerjaan Balok Konvensional dengan Perubahan Dimensi, Hasil Analisis (2020)

Uraian Kegiatan	Durasi																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Pembesian																				
Bekisting																				
Persiapan Pengecoran																				
Pengecoran																				

c. Balok *Precast* dengan Perubahan Dimensi

- Langsir

Produktivitas per hari = 50 buah

Total kebutuhan = 300 buah

Estimasi durasi = 6 hari

- Ereksi

Produktivitas per hari = 40 buah

Total kebutuhan = 300 buah

Estimasi durasi =  $7,5 \approx 8$  hari

- Grouting

Produktivitas per hari =  $54 \text{ m}^3$

Total kebutuhan =  $1,88 \text{ m}^3$

Estimasi durasi =  $0,04 \approx 1$  hari

Dari hasil perhitungan diatas, waktu yang dibutuhkan untuk membuat balok *precast* dengan perubahan dimensi adalah selama 13 hari. Urutan pekerjaan dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.45 Estimasi Waktu Pelaksanaan Pekerjaan Balok *Precast* dengan Perubahan Dimensi, Hasil Analisis (2020)

Uraian Kegiatan	Durasi																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Langsir	■	■	■	■	■															
Ereksi						■	■	■	■	■	■	■								
Grouting													■							

## 2. Pekerjaan Kolom

### a. Kolom *Existing*

- Pembesian

Produksi per hari = 2800 kg

Total kebutuhan = 15037,05 kg

Estimasi durasi =  $5,37 \approx 6$  hari

- Perancah dan Bekisting

Produksi per hari = 60 m<sup>2</sup>

Total kebutuhan = 472,4 m<sup>2</sup>

Estimasi durasi =  $7,87 \approx 8$  hari

- Persiapan cor = 1 hari

- Pengecoran

Produksi per hari = 140

Total kebutuhan = 52,16 m<sup>3</sup>

Estimasi durasi =  $0,37 \approx 1$  hari

Dari hasil perhitungan diatas, waktu yang dibutuhkan untuk membuat kolom konvensional *existing* adalah selama 16 hari. Urutan pekerjaan dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.46 Estimasi Waktu Pelaksanaan Pekerjaan Kolom Konvensional *Existing*, Hasil Analisis (2020)

Uraian Kegiatan	Durasi																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Pembesian	■	■	■	■	■	■														
Bekisting							■	■	■	■	■	■	■	■						
Persiapan Pengecoran															■					
Pengecoran																■				

### b. Kolom Konvensional dengan Perubahan Dimensi

- Pembesian

Produksi per hari = 2800 kg

*commit to user*

Total kebutuhan = 14813,86 kg

Estimasi durasi = 5,29  $\approx$  6 hari

- Perancah dan Bekisting

Produksi per hari = 60 m<sup>2</sup>

Total kebutuhan = 432,04 m<sup>2</sup>

Estimasi durasi = 7,2  $\approx$  8 hari

- Persiapan cor = 1 hari

- Pengecoran

Produksi per hari = 140

Total kebutuhan = 46,61 m<sup>3</sup>

Estimasi durasi = 0,33  $\approx$  1 hari

Dari hasil perhitungan diatas, waktu yang dibutuhkan untuk membuat kolom konvensional dengan perubahan dimensi adalah selama 16 hari. Urutan pekerjaan dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.47 Estimasi Waktu Pelaksanaan Pekerjaan Kolom Konvensional dengan Perubahan Dimensi, Hasil Analisis (2020)

Uraian Kegiatan	Durasi																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Pembesian																				
Bekisting																				
Persiapan Pengecoran																				
Pengecoran																				

c. Kolom *Precast* dengan Perubahan Dimensi

- Langsir

Produktivitas per hari = 50 buah

Total kebutuhan = 263 buah

Estimasi durasi = 5,26  $\approx$  6 hari

- Ereksi

Produktivitas per hari = 40 buah

Total kebutuhan = 77 buah

Estimasi durasi = 6,58  $\approx$  7 hari

- Grouting

Produktivitas per hari = 54 m<sup>3</sup>

Total kebutuhan = 2,37 m<sup>3</sup>

*commit to user*

Estimasi durasi =  $0,04 \approx 1$  hari

Dari hasil perhitungan diatas, waktu yang dibutuhkan untuk membuat kolom *precast* dengan perubahan dimensi adalah selama 14 hari. Urutan pekerjaan dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.48 Estimasi Waktu Pelaksanaan Pekerjaan Kolom *Precast* dengan Perubahan Dimensi, Hasil Analisis (2020)

Uraian Kegiatan	Durasi																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Langsir																				
Ereksi																				
Grouting																				

#### 4.3.5 Rekapitulasi Alternatif

Untuk memudahkan dalam menganalisis *Value Engineering* dalam memilih alternatif terbaik, maka dimunculkan kriteria-kriteria dari item pekerjaan yang dianalisis. Kriteria ini merupakan aspek penting dalam pelaksanaan pekerjaan pelat, balok, dan kolom. Berikut kriteria yang akan digunakan pada penelitian ini:

Kriteria I : Kekuatan Struktur

Kriteria II : Biaya Pelaksanaan

Kriteria III : Waktu Penyelesaian

Kriteria IV : *Workability*

Kriteria V : Estetika dan Penampilan

Hasil perhitungan diatas, disajikan dalam tabel dibawah ini:

Tabel 4.49 Rekapitulasi Desain Pelat, Hasil Analisis (2020)

Nama	Desain <i>Existing</i>			Desain Baru		
	Tebal	Tulangan		Tebal	Tulangan	
Lt 2	12 (cm)	Arah X	Ø 12-200	10 (cm)	Arah X	Ø 12-200
		Arah Y	Ø 12-200		Arah Y	Ø 12-200
Lt 3	12 (cm)	Arah X	Ø 12-200	10 (cm)	Arah X	Ø 12-200
		Arah Y	Ø 12-200		Arah Y	Ø 12-200
Lt 4	12 (cm)	Arah X	Ø 12-200	10 (cm)	Arah X	Ø 12-200
		Arah Y	Ø 12-200		Arah Y	Ø 12-200
Pelat dak atap	12 (cm)	Arah X	Ø 12-200	10 (cm)	Arah X	Ø 12-200
		Arah Y	Ø 12-200		Arah Y	Ø 12-200



Tabel 4.50 Rekapitulasi Desain Balok, Hasil Analisis (2020)

Nama	Desain Existing					Desain Baru				
	Dimensi	Tumpuan	Tumpuan Extra	Lapangan	Lapangan Extra	Dimensi	Tumpuan	Tumpuan Extra	Lapangan	Lapangan Extra
LT 2	15 x 25	6D13		6D13		15 x 25	6D13		6D13	
	20 x 30	8D16		8D16		20 x 30	8D13		8D13	
	25 x 50	12D16	2D12	12D16	2D12	25 x 47,5	12D16	2D12	12D16	2D12
	42,5 x 25	16D16	2D12	18D16	2D12	25 x 42,5	10D16	2D12	10D16	2D12
LT 3	15 x 25	6D13		6D13		15 x 25	6D13		6D13	
	20 x 30	8D16		8D16		20 x 30	8D13		8D13	
	25 x 50	12D16	2D12	12D16	2D12	25 x 47,5	12D16	2D12	12D16	2D12
	42,5 x 25	16D16	2D12	18D16	2D12	25 x 42,5	10D16	2D12	10D16	2D12
	30 x 60	12D19	2D12	12D19	2D12	30 x 60	12D19	2D12	12D19	2D12
LT 4	15 x 25	6D13		6D13		15 x 25	6D13		6D13	
	20 x 30	8D16		8D16		20 x 30	8D13		8D13	
	25 x 50	12D16	2D12	12D16	2D12	25 x 47,5	12D16	2D12	12D16	2D12
	42,5 x 25	16D16	2D12	18D16	2D12	25 x 42,5	10D16	2D12	10D16	2D12
	25 x 68	12D16	4D12	12D14	4D12	25 x 65	12D16	4D12	12D16	4D12

Tabel 4.51 Rekapitulasi Desain Kolom, Hasil Analisis (2020)

Nama		Dimensi Existing		Dimensi Baru	
		Dimensi	Tulangan	Dimensi	Tulangan
LT 1	K1	30 x 30	12D19	30 x 30	12D19
	K2	20 x 40	8D19	20 x 40	8D19
	KP	15 x 15	4D12	12,5 x 12,5	4D12
LT 2	K1	30 X 30	12D19	30 x 30	12D19
	K2	20 X 40	8D19	20 x 40	8D19
	K3	15 X 30	6D13	15 x 30	6D13
	KP	15 X 15	4D12	12,5 x 12,5	4D12
LT 3	K1	30 X 30	12D13	30 x 30	12D13
	K2	20 X 40	8D13	20 x 40	8D13
	K3	15 X 30	6D13	15 x 30	6D13
	KP	15 X 15	4D12	12,5 x 12,5	4D12
LT 4	K1	30 x 30	12D19	30 x 30	12D13
	K2	20 x 40	8D19	20 x 40	8D13
	K3	15 X 30	6D13	15 x 30	6D13
	KP	15 X 15	4D12	12,5 x 12,5	4D12
LT ATAP	K1	30 x 30	12D19	30 x 30	12D13



Tabel 4.52 Rekapitulasi Parameter Kuantitatif, Hasil Analisis (2020)

Alternatif	Biaya	Waktu
Pelat half precast ( <i>existing</i> )	Rp 622.465.395,24	14 hari
Pelat konvensional dengan perubahan dimensi	Rp 452.336.482,86	20 hari
Pelat half precast dengan perubahan dimensi	Rp 439.421.474,33	12 hari
Balok konvensional ( <i>existing</i> )	Rp 408.732.541,21	14 hari
Balok konvensional dengan perubahan dimensi	Rp 382.305.688,16	14 hari
Balok precast dengan perubahan dimensi	Rp 367.866.138,24	13 hari
Kolom konvensional ( <i>existing</i> )	Rp 438.858.133,02	16 hari
Kolom konvensional dengan perubahan dimensi	Rp 416.620.012,62	16 hari
Kolom precast dengan perubahan dimensi	Rp 416.318.257,00	14 hari

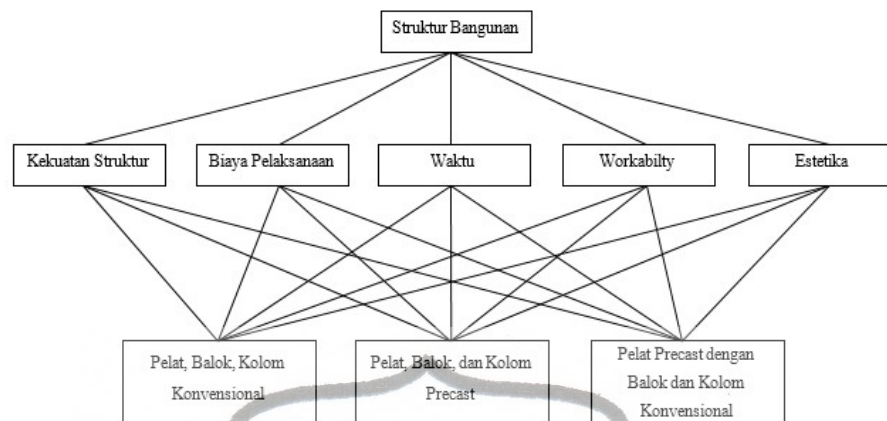
Dari hasil perhitungan diatas, diperoleh kombinasi alternatif berdasarkan pengalaman dan kemudahan pelaksanaan di lapangan dan kemudahan pelaksanaan yang dapat dipilih yaitu:

1. Pelat, balok, dan kolom tipe konvensional dengan perubahan dimensi
2. Pelat, balok, dan kolom *precast* dengan perubahan dimensi
3. Kombinasi pelat *precast* dengan balok dan kolom konvensional dengan perubahan dimensi

#### 4.4 Tahap Analisa

Pada tahap ini dilakukan analisa terhadap masing-masing alternatif dengan mempertimbangkan kriteria yang ada. Kriteria biaya pelaksanaan, kekuatan struktur, dan waktu penyelesaian didapat dari data kuantitatif. Sedangkan metode pelaksanaan dan estetika digunakan data kualitatif dari kuisioner yang telah dibagikan.

Untuk mempermudah analisa, permasalahan ini digambarkan dalam bentuk hirarki sebagai berikut.



Gambar 4.6 Struktur Hirarki Permasalahan

Sumber : Penulis (2020)

Sebelum dilakukan analisa, perlu dilakukan perhitungan bobot normalisasi pada data kuantitatif, proses ini bertujuan untuk menemukan urutan prioritas.

Normalisasi diperoleh dari rumus:

$$Normalisasi = \frac{x}{\sum x}$$

Dimana,  $x$  = nilai yang ditinjau

$\sum x$  = jumlah total nilai

Contoh :

Bobot normalisasi biaya Pelat, balok, dan kolom konvensional dengan perubahan dimensi

$$Normalisasi = \frac{Rp \ 1.251.262.183,64}{Rp \ 3.713.215.228,33} = 0,337$$

Karena kriteria biaya pelaksanaan dan waktu penyelesaian berbanding terbalik dengan nilai pembobotan maka bobot normalisasi dibalik,

$$Normalisasi = \frac{1}{\frac{Rp \ 1.251.262.183,64}{Rp \ 3.713.215.228,33}} = 0,329$$

Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

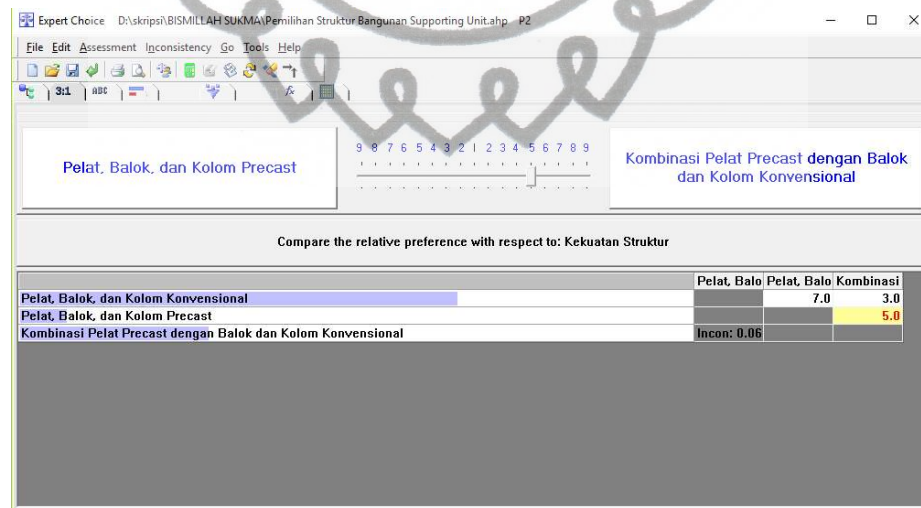
Tabel 4.53 Hasil Normalisasi Kriteria Biaya Pelaksanaan, Hasil Analisis (2020)

Alternatif	Total Biaya	Normalisasi
Pelat, balok, dan kolom konvensional dengan perubahan dimensi	Rp 1.251.262.183,64	0,329703
Pelat, balok, dan kolom <i>precast</i> dengan perubahan dimensi	Rp 1.223.605.869,58	0,337155
Pelat half <i>precast</i> , balok dan kolom konvensional dengan perubahan dimensi	Rp 1.238.347.175,11	0,333142
	Rp 3.713.215.228,33	1

Tabel 4.54 Hasil Normalisasi Kriteria Waktu Penyelesaian, Hasil Analisis (2020)

Alternatif	Total Waktu	Normalisasi
Pelat, balok, dan kolom konvensional dengan perubahan dimensi	50	0,287975
Pelat, balok, dan kolom <i>precast</i> dengan perubahan dimensi	39	0,369198
Pelat half <i>precast</i> , balok dan kolom konvensional dengan perubahan dimensi	42	0,342827
	131	1

Dari hasil pembobotan normalisasi dan hasil kuisioner dari responden, dilakukan analisa untuk permasalahan ini dengan bantuan software *Expert Choice*.

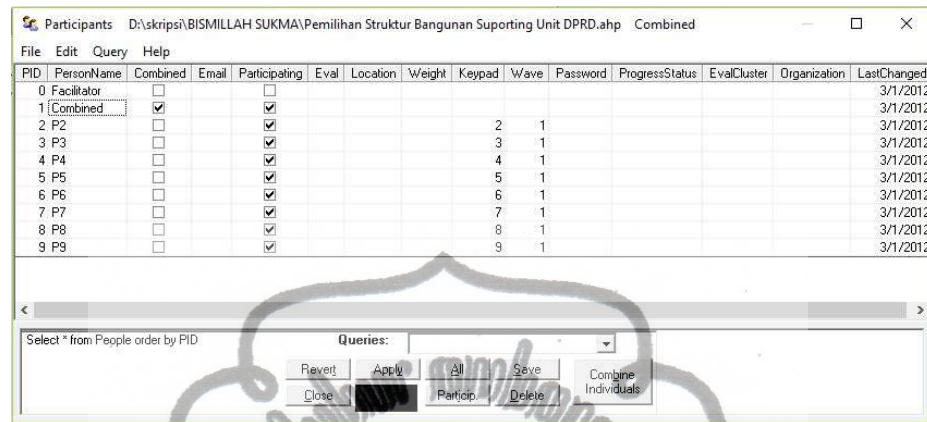


Gambar 4.7 Input Bobot Elemen dengan *Expert Choice*  
Sumber : Penulis (2020)

Dalam menginput bobot masing-masing elemen perlu diperhatikan nilai inkonsistensinya. Apabila memiliki nilai lebih dari 0,1 maka responden tersebut

*commit to user*

dieliminasi. Setelah selesai perhitungan pada satu responden, dilanjutkan untuk responden lainnya dengan cara yang sama.



Gambar 4.8 Kombinasi Responden dalam Perhitungan  
Sumber : Penulis (2020)

## 4.5 Tahap Pengembangan

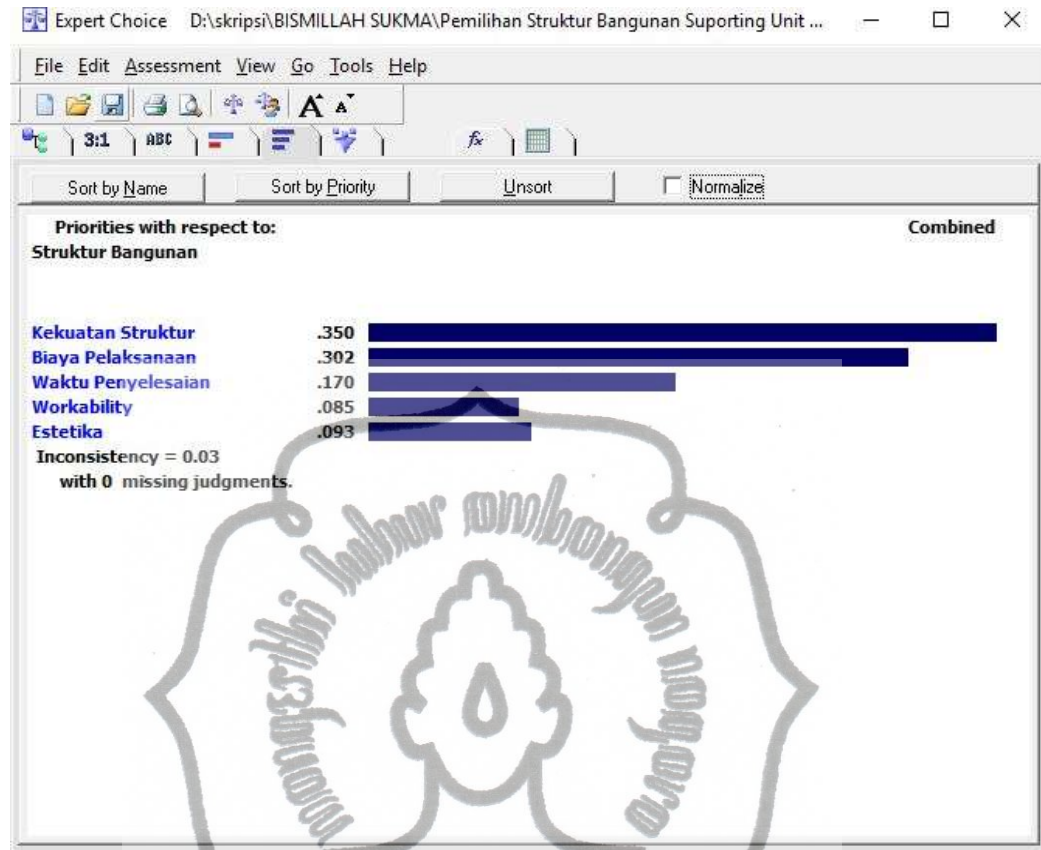
Hasil perhitungan *Expert Choice* diperoleh hasil sebagai berikut.



Gambar 4.9 Hasil Perhitungan *Expert Choice*  
Sumber : Penulis (2020)

Dari hasil perhitungan *Expert Choice*, alternatif struktur bangunan yang terpilih adalah pelat *precast* dengan balok dan kolom konvensional dengan bobot 40%. Alternatif tersebut lebih unggul dibanding pelat, balok, dan kolom konvensional sebesar 30,1%; pelat, balok, dan kolom *precast* sebesar 29,9%. Dapat dilihat jika nilai inkonsistensi sebesar 2% sehingga masih memenuhi syarat.

*commit to user*



Gambar 4.10 Hasil Perhitungan Kriteria  
Sumber : Penulis (2020)

Pada gambar diatas dapat diketahui urutan prioritas kriteria dalam pemilihan struktur bangunan adalah kekuatan struktur 35%, biaya pelaksanaan 30,2%, waktu penyelesaian 17%, *workability* 8,5%, dan estetika 9,3%.

Setelah diperoleh alternatif yang terpilih maka dilakukan perhitungan efisiensi penghematan item dengan analisis fungsi. Nilai *worth* diperoleh dari besarnya biaya untuk komponen alternatif pekerjaan yang terpilih. Berikut merupakan analisis fungsi pada penelitian ini.

Nilai *worth* pada pekerjaan pelat diperoleh dari Tabel 4.23



Tabel 4.55 Analisis Fungsi Pekerjaan Pelat, Hasil Analisis (2020)

No	Komponen	Fungsi			Cost	Worth
		Verb	Noun	Kind	(Rp)	(Rp)
1	Lahan Produksi	Memberi	Bentuk	P	Rp 2.783.889,90	Rp 2.783.889,89
2	Bekisting	Memberi	Bentuk	P	Rp 88.322.306,57	Rp 32.950.332,96
3	Tulangan	Menahan	Tarik	P	Rp 356.271.541,80	Rp 275.628.444,82
4	Beton	Menahan	Tekan	P	Rp 148.529.566,60	Rp 101.500.716,30
5	Ereksi	Memasang	Bentuk	P	Rp 20.893.139,86	Rp 20.893.139,86
6	Grouting	Menahan	Tarik	P	Rp 5.664.950,50	Rp 5.664.950,50
					Rp 622.465.395,24	Rp 439.421.474,33

$$\text{Efisiensi Pekerjaan Pelat} = \frac{\text{Cost}}{\text{Worth}} = 1,439$$

Nilai *worth* pada pekerjaan balok diperoleh dari Tabel 4.30

Tabel 4.56 Analisis Fungsi Pekerjaan Balok, Hasil Analisis (2020)

No	Komponen	Fungsi			Cost	Worth
		Verb	Noun	Kind	(Rp)	(Rp)
1	Beton	Menahan	Tekan	P	Rp 74.769.994,42	Rp 73.173.574,42
2	Tulangan	Menahan	Tarik	P	Rp 211.766.958,90	Rp 188.763.177,91
3	Bekisting	Memberi	Bentuk	P	Rp 122.195.587,89	Rp 120.368.935,83
					Rp 408.732.541,21	Rp 382.305.688,16

$$\text{Efisiensi Pekerjaan Balok} = \frac{\text{Cost}}{\text{Worth}} = 1,069$$

Nilai *worth* pada pekerjaan kolom diperoleh dari Tabel 4.37

Tabel 4.57 Analisis Fungsi Pekerjaan Kolom, Hasil Analisis (2020)

No	Komponen	Fungsi			Cost	Worth
		Verb	Noun	Kind	(Rp)	(Rp)
1	Beton	Menahan	Tekan	P	Rp 58.432.332,95	Rp 52.215.257,30
2	Tulangan	Menahan	Tarik	P	Rp233.464.506,32	Rp229.999.257,12
3	Bekisting	Memberi	Bentuk	P	Rp146.961.293,75	Rp134.405.498,20
					Rp438.858.133,02	Rp416.620.012,62

$$\text{Efisiensi Pekerjaan Kolom} = \frac{\text{Cost}}{\text{Worth}} = 1,053$$

Dari analisis fungsi diatas, diperoleh nilai efisiensi lebih dari 1 pada semua pekerjaan yang menunjukkan adanya penghematan biaya pada masing-masing pekerjaan.

#### 4.6 Tahap Rekomendasi

Berikut merupakan rekomendasi pada item pekerjaan struktur.

a. Rencana awal

Pada rencana awal, digunakan pelat *precast* dengan balok dan kolom konvensional (*existing*) dengan biaya pekerjaan sebesar Rp 1.470.055.069,47.

b. Alternatif yang ditawarkan

Berdasarkan perhitungan biaya, perhitungan durasi, dan analisa kuisisioner yang dihitung menggunakan bantuan program *Expert Choice*, terpilih alternatif pelat *precast* dengan balok dan kolom konvensional (dengan perubahan dimensi). Alternatif ini dapat menghemat biaya pekerjaan sebesar 15,76% dari rencana awal sebesar Rp 1.470.055.069,47 menjadi Rp 1.238.347.175,11.

c. Dasar pertimbangan

Pertimbangan yang mendasari terpilihnya alternatif tersebut adalah,

1. Kekuatan struktur
2. Penghematan biaya pelaksanaan
3. Waktu penyelesaian yang lebih singkat
4. Kemudahan dalam pengerjaan (*workability*)
5. Estetika atau penampilan