

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Analisa Perhitungan Harga Bahan dan Upah untuk Kolom Pada Proyek

Anggaran biaya proyek pada pembahasan Tugas Akhir ini dihitung berdasarkan metode B.O.W yang terdiri dari daftar indeks bahan, komposisi, perbandingan dan susunan material yang telah ditetapkan. Adapun harga bahan dan harga satuan pekerjaan untuk tukang sesuai harga real yang dipakai proyek pada saat itu.

Untuk mengetahui harga bahan dan upah pada pekerjaan kolom, maka analisis dilakukan pada 3 item pekerjaan antara lain :

- a. Pekerjaan pembesian
- b. Pekerjaan bekisting
- c. Pekerjaan adukan beton /cor

Ketiga item pekerjaan tersebut akan dibahas satu persatu pada bab ini. Khusus pada item pekerjaan adukan beton/cor dilakukan 2 kali perhitungan dengan mutu beton yang berbeda yaitu mutu beton $f'c$ 25 Mpa dan $f'c$ 35 Mpa. Hal ini dikarenakan desain pada kolom mengalami perubahan. Perubahan yang terjadi bukan hanya pada jumlah tulangnya saja, tetapi juga pada mutu betonnya.

Dalam perhitungan, harga bahan, upah, dan alat merupakan harga yang dipakai proyek pada saat itu. Dengan ketentuan seperti tabel berikut :

Tabel. 5.1 Daftar Harga Bahan Untuk Pekerjaan Kolom Pada Proyek

No	Nama Bahan	sat	Harga (Rp)
1	Besi Ulir/Deform	kg	5100
	Besi Polos	kg	4900
2	Kawat bendrat	kg	7000
3	Kayu Kruing	m ³	1700000
4	Paku	kg	5775
5	Ready Mix f'c 25 Mpa	m ³	256000
	Ready Mix f'c 35 Mpa	m ³	291000

Tabel. 5.2 Daftar Upah Untuk Pekerjaan Kolom Pada Proyek

No	Item Pekerjaan	Harga Sat (Rp)	Satuan
1	Pekerjaan Pembesian 1 m ³ Beton	165	/kg/m ³
2	Pekerjaan Bekisting 1 m ³ Beton	8800	/kg/m ²
3	Pekerjaan Adukan 1 m ³ Beton	32000	/m ³

Tabel. 5.3 Daftar Harga Sewa Untuk Pekerjaan Kolom Pada Proyek

No	Nama Alat	Harga (Rp)	Sat
1	Bar Cutter	24,57	/kg
2	Pompa	9000	/m ³
3	Vibrator	2000	/m ³

a. Pekerjaan Pembesian 1 m³ Beton

Kebutuhan bahan yang dipakai dalam pekerjaan pembesian menurut B.O.W adalah (Tabel. 3.1):

- 1) 100 kg untuk besi beton
- 2) 2 kg untuk kawat bendrat

3) Sewa alat per 100 kg (bar cuter)

Sedangkan harga bahan yang digunakan proyek adalah (Tabel. 5.1) :

$$\begin{aligned}
 1) \text{ Besi beton} &= \frac{\text{harga D25} + \text{harga P10}}{2} \\
 &= \frac{\text{Rp. 5.100,00} + \text{Rp 4.900,00}}{2} \\
 &= \text{Rp. 5.000,00/kg}
 \end{aligned}$$

2) Kawat bendrat = Rp. 7.000,00/kg

$$\begin{aligned}
 \text{Harga bahan} &= \text{jumlah (kebutuhan bahan x harga bahan)} \\
 &= (100 \times \text{Rp. 5.000,00}) + (2 \times \text{Rp. 7.000,00}) \\
 &= \text{Rp. 500.000,00} + \text{Rp. 14.000,00} \\
 &= \text{Rp. 514.000,00}
 \end{aligned}$$

Harga upah dengan harga satuan (Tabel. 5.2) Rp. 165,00 per (kg/m³) =
Rp. 18.500,00

Harga sewa alat pada (Tabel 5.3) Rp. 24,57 per (kg/m³) = Rp. 2.457,00

Baik harga satuan, harga tukang, maupun harga sewa alat tersebut diperoleh dari proyek.

Jadi, harga bahan dan upah pada pekerjaan pembesian 1 m³ beton untuk kolom adalah :

$$\begin{aligned}
 &= \text{total harga bahan} + \text{harga upah} + \text{harga sewa alat} \\
 &= \text{Rp. 514.000,00} + \text{Rp. 18.500,00} + \text{Rp. 2.457,00} \\
 &= \text{Rp. 534.957,00}
 \end{aligned}$$

b. Pekerjaan Bekisting 1 m³ Beton

Menurut B.O.W, kebutuhan bahan yang dipakai pada pekerjaan bekisting adalah sebagai berikut (Tabel. 3.1):

- 1) 0,43 m³ untuk kayu kruing dengan 3 kali pemakaian
- 2) 4 kg untuk paku

Harga bahan yang dipakai di proyek adalah (Tabel. 5.1) :

- 1) Kayu kruing = Rp. 1.700.000,00
- 2) Paku = Rp. 5.775,00

$$\begin{aligned}
 \text{Total harga bahan} &= \text{jumlah (kebutuhan bahan x harga bahan)} \\
 &= (0,43 \times \text{Rp. } 1.700.000,00) + (4 \times \text{Rp. } 5.775,00) \\
 &= \text{Rp. } 731.000,00 + \text{Rp. } 23.100,00 \\
 &= \text{Rp. } 754.100,00
 \end{aligned}$$

Harga upah dengan harga satuan (Tabel. 5.2) Rp. 8800,00 per (kg/m²) = Rp. 65.000,00

Baik harga satuan maupun harga tukang tersebut diperoleh dari proyek.

Jadi, harga bahan dan upah pada pekerjaan bekisting 1 m³ beton untuk kolom adalah :

$$\begin{aligned}
 &= \text{total harga bahan} + \text{harga upah} \\
 &= \text{Rp. } 754.100,00 + \text{Rp. } 65.000,00 \\
 &= \text{Rp. } 819.100,00
 \end{aligned}$$

c. *Pekerjaan Adukan Beton f'c 25 Mpa (Desain Awal)*

Kebutuhan bahan pada adukan beton dengan mutu beton f'c 25 Mpa menurut B.O.W adalah (Tabel. 3.1) :

- 1) 1,05 m³ untuk ready mix
- 2) 1 m³ untuk alat bantu berupa pompa
- 3) 1 m³ untuk vibrator

Harga bahan ready mix yang dipakai adalah dari PT. Karya Beton. Sedangkan harga alat Bantu dari proyek dengan ketentuan sebagai berikut (Tabel. 5.1) :

- 1) Ready mix = Rp. 256.000,00
- 2) Alat Bantu = Rp. 9.000,00
- 3) Vibrator = Rp. 2000,00

$$\begin{aligned}
 \text{Total harga bahan} &= (\text{kebutuhan bahan} \times \text{harga bahan}) \\
 &= (1,05 \times \text{Rp. 256.000,00}) \\
 &= \text{Rp. 268.800,00}
 \end{aligned}$$

Harga upah dengan harga satuan (Tabel. 5.2) Rp. 32000,00 per m³ –
Rp. 34.000,00

Harga pompa dan vibrator pada (Tabel 5.3) Rp. 9000,00 + Rp. 2000,00
= Rp. 11.000,00 per m³

Baik harga satuan, harga tukang, maupun harga sewa alat tersebut diperoleh dari proyek.

Jadi, harga bahan dan upah pada pekerjaan adukan beton f'c 25 Mpa untuk kolom adalah :

$$\begin{aligned}
 &= \text{total harga bahan} + \text{harga upah} + \text{harga sewa alat} \\
 &= \text{Rp. } 268.800,00 + \text{Rp. } 34.000,00 + \text{Rp. } 11.000,00 \\
 &= \text{Rp. } 313.800,00
 \end{aligned}$$

d. Pekerjaan Adukan Beton f'c 35 Mpa (Desain Akhir)

Kebutuhan bahan pada adukan beton dengan mutu beton f'c 35 Mpa menurut B.O.W adalah (Tabel. 3.1) :

- 1) 1,05 m³ untuk ready mix
- 2) 1 m³ untuk alat bantu berupa pompa
- 3) 1 m³ untuk vibrator

Harga bahan ready mix yang dipakai adalah dari PT. Karya Beton. Sedangkan harga alat bantu dari proyek dengan ketentuan sebagai berikut (Tabel. 5.1):

- 1) Ready mix = Rp. 291.000,00
- 2) Alat Bantu = Rp. 9.000,00
- 3) Vibrator = Rp. 2000,00

$$\begin{aligned}
 \text{Total harga bahan} &= \text{kebutuhan bahan} \times \text{harga bahan} \\
 &= 1,05 \times \text{Rp. } 291.000,00 \\
 &= \text{Rp. } 305.550,00
 \end{aligned}$$

Harga upah dengan harga satuan (Tabel. 5.2) Rp. 32000,00 per m³ =
Rp. 34.000,00

Harga pompa dan vibrator pada (Tabel 5.3) Rp. 9000,00 + Rp. 2000,00
= Rp. 11.000,00 per m³

Baik harga satuan, harga tukang, maupun harga sewa alat tersebut diperoleh dari proyek.

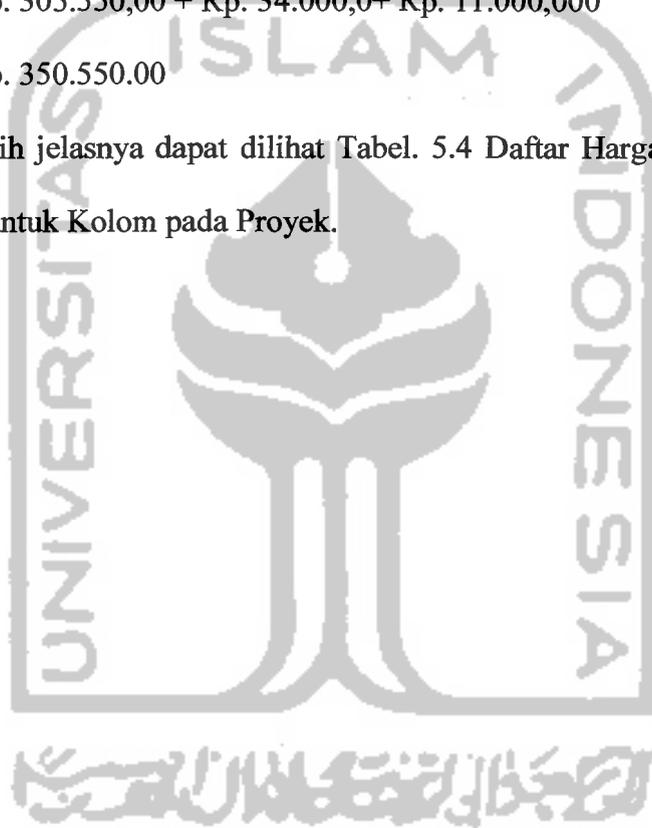
Jadi, harga bahan dan upah pada pekerjaan adukan beton f'c 35 Mpa untuk kolom adalah :

= total harga bahan + harga upah + harga sewa alat

= Rp. 305.550,00 + Rp. 34.000,00 + Rp. 11.000,000

= Rp. 350.550,00

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat Tabel. 5.4 Daftar Harga Bahan, Upah dan Alat untuk Kolom pada Proyek.



Tabel. 5.4

Daftar Harga Bahan, Upah dan Alat untuk Kolom pada Proyek

Items Pekerjaan	Material / Bahan				Tukang			Sewa Alat				Harga bahan dan upah (Rp)				
	Me menurut BOW		H a r g a (R p)		Harga sat (Rp)	Real (Rp)		H a r g a (R p)								
a	b		c	d=b*c	e	f		g		h	i=g*h	g=d+f+i				
Pekerjaan Pembesian 1 m ³ Beton	100 2	kg kg	Besi beton Kawat bendrat	@ @	5.000 7.000	500.000 14.000	165 /m ³		100 kg	Bar Cutter	@ 24,57	2.457 2.457	534.957			
Pekerjaan Bekisting 1 m ³ Beton	0.43 4	m ³ kg	Kayu Kruing Paku Dipakai	@ @ 3	1.700.000 5.775	731.000 23.100	8.800 /m ²						819.100			
1 m ³ Adukan Beton fc 25 Mpa (Desain Awal)	1.05	m ³	Ready Mix	@	256.000	268.800	32.000 /m ³		1 1	m ³ m ³	Pompa Vibrator	@ @	9.000 2.000	9.000 2.000	11.000	313.800
1 m ³ Adukan Beton fc 35 Mpa (Desain Akhir)	1.05	m ³	Ready Mix	@	291.000	305.550	32.000 /m ³		1 1	m ³ m ³	Pompa Vibrator	@ @	9.000 2.000	9.000 2.000	11.000	350.550

5.2. Perhitungan Kebutuhan Tulangan pada Kolom

5.2.1 Desain Awal

Contoh Perhitungan :

a) Kolom Lantai Dasar, Tipe K1, Dimensi 600 x 600mm

Kolom ini berbentuk bujur sangkar dengan sisi-sisinya 600 x 600 mm, dan tinggi dari kolom K1 adalah 3,95 m (Lampiran 7 Gambar Detail Kolom).

Jumlah kolom tipe K1 = 10 buah

Volume beton = sisi x sisi x tinggi kolom

$$= 0,60 \times 0,60 \times 3,95$$

$$= 1,422 \text{ m}^3$$

Volume beton total kolom tipe K1 = $10 \times 1,422 \text{ m}^3 = 14,22 \text{ m}^3$

Untuk perhitungan volume beton total kolom dari lantai dasar sampai dengan lantai 2 tipe kolom lainnya dengan dimensi yang sama, dapat dilihat pada Perhitungan Volume Beton Kolom Penampung Segi Empat (Lampiran 2.1).

Volume bekisting = keliling kolom x tinggi kolom

$$= 2 \times (0,60 + 0,60) \times 3,95$$

$$= 9,48 \text{ m}^2$$

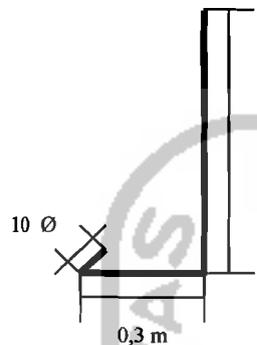
Volume bekisting total kolom tipe K1 = $10 \times 9,48 \text{ m}^2 = 94,8 \text{ m}^2$

Untuk perhitungan volume bekisting total kolom dari lantai dasar sampai dengan lantai 2 tipe kolom lainnya dengan dimensi yang

sama, dapat dilihat pada Perhitungan Volume Bekisting Kolom Penampang Segi Empat (Lampiran 2.2).

Perhitungan kebutuhan besi :

1). Tulangan pokok Elevasi lantai dasar = + 0,00 m



Elevasi lantai 1 = + 3,35 m

Jarak elevasi lantai dasar ke poer pile = 0,60 m

Tinggi poer pile = 0,80 m

(Lampiran 7 Gambar Detail Kolom dan
Detail Poer Pile-6)

$$\begin{aligned} \text{Panjang besi} &= (\text{elevasi lantai 1} - \text{lantai dasar}) + \text{jarak elevasi lantai} \\ &\quad \text{dasar ke poer pile} + \text{tinggi poer pile} \\ &= (3,35 - 0,00) + 0,60 + 0,80 \\ &= 4,75 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang besi tekuk} &= 12 \times \text{D25} \\ &= 12 \times 0,025 \\ &= 0,3 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang kait} &= 10 \times \text{D25} \\ &= 10 \times 0,025 \\ &= 0,25 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang tulangan pokok} &= \text{panjang besi} + \text{panjang besi tekuk} + \\ &\quad \text{panjang kait} \\ &= 4,75 + 0,3 + 0,25 \\ &= 5,30 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang begel} &= \text{keliling bujur sangkar} + \text{panjang kait} \\
 &= (2 \times (0,50 + 0,50)) + 0,20 \\
 &= 2,20 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Tinggi kolom potongan II = 1600 mm (Lampiran 7 Gambar
Detail Kolom)

$$\text{Jarak antar begel} = 150 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah begel} &= \text{tinggi kolom potongan II} / \text{jarak antar begel} \\
 &= 1600 / 150 \\
 &= 10,67 \approx 11 \text{ buah} \\
 &= 11 + 1 = 12 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\text{Berat besi P10} = 0,62 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume begel luar} &= \text{panjang begel} \times \text{jumlah begel} \times \text{berat} \\
 &\quad \text{begel} \\
 &= 2,20 \times 12 \times 0,62 \\
 &= 16,37 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume begel potongan II} &= \text{volume begel luar} \\
 &= 16,37 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan volume begel luar kolom dari lantai dasar sampai dengan lantai 2 tipe kolom lainnya dengan dimensi yang sama dengan tinggi potongan yang berbeda, dapat dilihat pada Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Begel Luar Kolom Berpenampang Segi Empat (Lampiran 2.5 s/d 2.9).

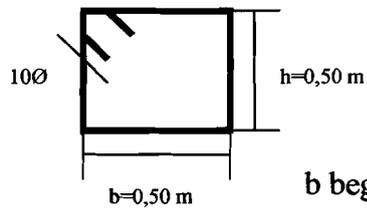
(b). Begel tumpuan potongan I atas Ø10-100

(1). begel luar

$$h \text{ begel} = h \text{ kolom} - (2 \times \text{tebal selimut kolom})$$

$$= 0,60 - (2 \times 0,05)$$

$$= 0,50 \text{ m}$$



$$b \text{ begel} = b \text{ kolom} - (2 \times \text{tebal selimut kolom})$$

$$= 0,60 - (2 \times 0,05)$$

$$= 0,50 \text{ m}$$

$$\text{Panjang kait} = 2 \times 10 \times P10$$

$$= 2 \times 10 \times 0,01$$

$$= 0,20 \text{ m}$$

$$\text{Panjang begel} = \text{keliling bujur sangkar} + \text{panjang kait}$$

$$= (2 \times (0,50 + 0,50)) + 0,20$$

$$= 2,20 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi kolom potongan I atas} = 1100 \text{ mm (Lampiran 7}$$

Gambar Detail Kolom)

$$\text{Jarak antar begel} = 100 \text{ mm}$$

$$\text{Jumlah begel} = \text{tinggi kolom potongan I atas} / \text{jarak begel}$$

$$= 1100 / 100$$

$$= 11 \text{ buah}$$

$$= 11 + 1 = 12 \text{ buah}$$

$$\text{Berat besi P10} = 0,62 \text{ kg/m}$$

$$\text{Volume begel luar} = \text{panjang begel} \times \text{jumlah begel} \times \text{berat}$$

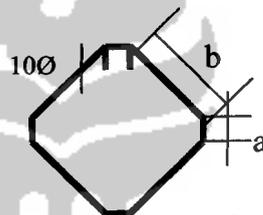
begel

$$= 2,20 \times 12 \times 0,62$$

$$= 16,37 \text{ kg}$$

Untuk perhitungan volume begel luar kolom dari lantai dasar sampai dengan lantai 2 tipe kolom lainnya dengan dimensi yang sama dengan tinggi potongan yang berbeda dapat dilihat pada Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Begel Luar Kolom Berpenampang Segi Empat (Lampiran 2.5 s/d 2.9).

(2). begel dalam



$$a \text{ begel} = \text{jarak antar tulangan} + (2 \times D25)$$

$$= 0,04 + (2 \times 0,025)$$

$$= 0,09 \text{ m}$$

$$b \text{ begel} = \text{Akar} [((3 \times \text{jarak antar tulangan}) + (3 \times D25))^2 +$$

$$((3 \times \text{jarak antar tulangan}) + (3 \times D25))^2]$$

$$= \text{Akar} [((3 \times 0,04) + (3 \times 0,025))^2 +$$

$$((3 \times 0,04) + (3 \times 0,025))^2]$$

$$= 0,276 \text{ m}$$

$$\text{Panjang kait} = 2 \times 10 \times P10$$

$$= 2 \times 10 \times 0,01$$

$$= 0,20 \text{ m}$$

$$\text{Panjang begel} = ((4 \times a) + (4 \times b)) + \text{panjang kait}$$

$$= ((4 \times 0,09) + (4 \times 0,276)) + 0,20$$

$$= 1,66 \text{ m}$$

Tinggi kolom potongan I atas = 1100 mm (Lampiran 7

Gambar Detail kolom)

Jarak antar begel = 100 mm

Jumlah begel = tinggi kolom potongan I / jarak begel

$$= 1100 / 100$$

$$= 11 \text{ buah}$$

$$= 11 + 1 = 12 \text{ buah}$$

Berat besi P10 = 0,62 kg/m

Volume begel dalam = panjang begel x jumlah begel x berat

begel

$$= 1,66 \times 12 \times 0,62$$

$$= 12,38 \text{ kg}$$

Untuk perhitungan volume begel luar kolom dari

lantai dasar sampai dengan lantai 2 tipe kolom lainnya

dengan dimensi yang sama dengan tinggi potongan yang

berbeda dapat dilihat pada Perhitungan Kebutuhan Besi

Tulangan Begel Dalam Kolom (Lampiran 2.12 s/d 2.14).

Volume begel kolom potongan I atas = volume begel luar +

volume begel dalam

$$= 16,37 + 12,38$$

$$= 28,75 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume begel kolom K1} &= \text{volume begel potongan I bawah} + \text{volume} \\
 &\quad \text{begel potongan II} + \text{volume begel potongan} \\
 &\quad \text{I atas} \\
 &= 33,54 + 16,37 + 28,75 \\
 &= 78,66 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan volume begel kolom dari lantai dasar sampai dengan lantai 2 tipe kolom lainnya dengan dimensi yang sama dapat dilihat pada Rekapitulasi Kebutuhan Besi Tulangan Polos Kolom (Lampiran 2.16 s/d 2.17).

Perhitungan Total Berat Besi :

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah volume} &= \text{volume besi} + \text{volume begel} \\
 &= 571,34 + 78,66 \\
 &= 650,00 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total berat besi} &= \text{jumlah volume} / \text{volume beton} \\
 &= 650,00 / 1,42 \\
 &= 457,10 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan total berat besi kolom dari lantai dasar sampai dengan lantai 2 tipe kolom lainnya, dapat dilihat pada Perhitungan Total Berat Besi (Lampiran 2.17).

Harga satuan beton pada Proyek :

Harga upah dan bahan pada pekerjaan pembesian 1m³ beton /kg :

$$\frac{\text{total berat besi} \times \text{koef. bhn} \times \text{harga bahan, upah, alat pek. pembesian 1m}^3 \text{ beton}}{\text{Bahan dari B.O.W}}$$

$$= \frac{457,10 \times 1,1 \times \text{Rp. } 534.957}{100}$$

$$= \text{Rp. } 2.689.816,46$$

Harga satuan K1 pada lantai dasar

$$= \text{harga upah, bahan, upah (pekerjaan pembesian } 1\text{m}^3 \text{ beton} + 1\text{m}^3 \text{ adukan beton } f'c \text{ 25} + \text{pekerjaan pembesian } 1 \text{ m}^3 \text{ beton /kg)}$$

$$= \text{Rp. } 819.100,00 + \text{Rp. } 313.800,00 + \text{Rp. } 2.689.816,46$$

$$= \text{Rp. } 3.822.716,46$$

Perhitungan harga satuan pada kolom desain awal lainnya dengan $f'c$ yang sama dapat dilihat pada Harga Satuan Beton pada Proyek (Lampiran 4.1 s/d 4.2).

$$\text{Rencana Anggaran Biaya (RAB)} = \text{volume beton} \times \text{harga satuan}$$

$$= 14,22 \times \text{Rp. } 3.822.716,46$$

$$= \text{Rp. } 54.359.028,12$$

Perhitungan rencana anggaran biaya pada kolom desain awal lainnya dapat dilihat pada Rencana Anggaran Biaya (RAB) Kolom (Lampiran 4.3), dengan jumlah total anggaran biaya tiap lantai.

b) Kolom Lantai Dasar, Tipe K3, Dimensi 600 x 600 mm

Kolom ini berbentuk bujur sangkar dengan sisi-sisinya 600 x 600 mm, dan tinggi dari kolom K3 adalah 4,10 m (Lampiran 7 Gambar Detail Kolom).

Jumlah kolom tipe K3 = 4 buah

$$\text{Volume beton} = \text{sisi} \times \text{sisi} \times \text{tinggi kolom}$$

$$= 0,60 \times 0,60 \times 4,10$$

$$= 1,48 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume beton total kolom tipe K3} = 4 \times 1,48 \text{ m}^3 = 5,90 \text{ m}^3$$

Untuk perhitungan volume beton total kolom dari lantai dasar sampai dengan lantai 2 tipe kolom lainnya dengan dimensi yang sama, dapat dilihat pada Perhitungan Volume Beton Kolom Penampang Segi Empat (Lampiran 2.1).

Volume bekisting = keliling kolom x tinggi kolom

$$= 2 \times (0,60 + 0,60) \times 4,10$$

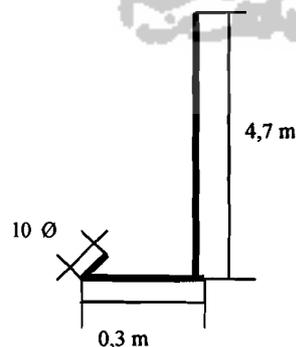
$$= 9,84 \text{ m}^2$$

$$\text{Volume bekisting total kolom tipe K3} = 4 \times 9,84 \text{ m}^2 = 36,96 \text{ m}^2$$

Untuk perhitungan volume bekisting total kolom dari lantai dasar sampai dengan lantai 2 tipe kolom lainnya dengan dimensi yang sama, dapat dilihat pada Perhitungan Volume Bekisting Kolom Penampang Segi Empat (Lampiran 2.2).

Perhitungan kebutuhan besi :

1). Tulangan pokok



Elevasi lantai dasar = + 0,00 m

Elevasi lantai 1 = + 3,35 m

Jarak elevasi lantai dasar ke poer pile = 0,75 m

Tinggi poer pile = 0,6 m

(Lampiran 7 Gambar Detail Kolom dan

Detail Poer Pile-4)

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang besi} &= (\text{elevasi lantai 1} - \text{lantai dasar}) + \text{jarak elevasi lantai} \\
 &\quad \text{dasar ke poer pile} + \text{tinggi poer pile} \\
 &= (3,35 - 0,00) + 0,75 + 0,6 \\
 &= 4,7 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang besi tekuk} &= 12 \times \text{D25} \\
 &= 12 \times 0,025 \\
 &= 0,3 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang kait} &= 10 \times \text{D25} \\
 &= 10 \times 0,025 \\
 &= 0,25 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang tulangan pokok} &= \text{panjang besi} + \text{panjang besi tekuk} + \\
 &\quad \text{panjang kait} \\
 &= 4,7 + 0,3 + 0,25 \\
 &= 5,25 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\text{Banyak tulangan pokok} = 24 \text{ buah}$$

$$\text{Berat besi tulangan D25} = 3,85 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume besi tulangan} &= \text{panjang tulangan pokok} \times \text{banyak tulangan} \\
 &\quad \times \text{berat besi tulangan} \\
 &= 5,25 \times 24 \times 3,85 \\
 &= 485,10 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

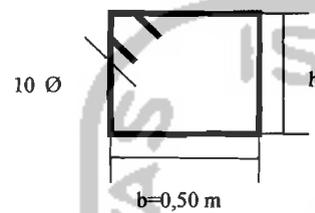
Untuk perhitungan volume besi tulangan kolom dari lantai dasar sampai dengan lantai 2 tipe kolom lainnya dengan dimensi

yang sama, dapat dilihat pada Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Pokok Kolom (Lampiran 2.3 s/d 2.4).

2). Begel

(a). Begel tumpuan potongan I bawah Ø10-100

$$\begin{aligned} \text{(1). begel luar} \quad h \text{ begel} &= h \text{ kolom} - (2 \times \text{tebal selimut kolom}) \\ &= 0,60 - (2 \times 0,05) \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} &= 0,50 \text{ m} \\ b \text{ begel} &= b \text{ kolom} - (2 \times \text{tebal selimut kolom}) \\ &= 0,60 - (2 \times 0,05) \\ &= 0,50 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Panjang kait} = 2 \times 10 \times P10$$

$$= 2 \times 10 \times 0,01$$

$$= 0,20 \text{ m}$$

$$\text{Panjang begel} = \text{keliling bujur sangkar} + \text{panjang kait}$$

$$= (2 \times (0,50 + 0,50)) + 0,20$$

$$= 2,20 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi kolom potongan I bawah} = 1250 \text{ mm (Lampiran 7}$$

Gambar Detail Kolom)

$$\text{Jarak antar begel} = 100 \text{ mm}$$

$$\text{Jumlah begel} = \text{tinggi kolom} / \text{jarak begel}$$

$$= 1250 / 100$$

$$= 12,5 \approx 13 \text{ buah}$$

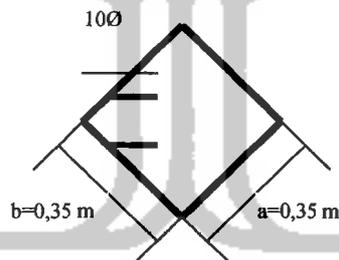
$$= 13 + 1 = 14 \text{ buah}$$

$$\text{Berat besi P10} = 0,62 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume begel luar} &= \text{panjang begel} \times \text{jumlah begel} \times \text{berat} \\
 &\quad \text{begel} \\
 &= 2,20 \times 14 \times 0,62 \\
 &= 19,10 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan volume begel luar kolom dari lantai dasar sampai dengan lantai 2 tipe kolom lainnya dengan dimensi yang sama, dapat dilihat pada Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Begel Luar Kolom Berpenampang Segi Empat (Lampiran 2.5 s/d 2.9) dengan tinggi potongan yang berbeda.

(2). Begel dalam



$$\begin{aligned}
 a \text{ begel} &= \text{Akar} [(((1/2) \times h \text{ kolom}) - \text{tebal selimut beton})^2 + \\
 &\quad (((1/2) \times h \text{ kolom}) - \text{tebal selimut beton})^2] \\
 &= \text{Akar} [(((1/2) \times 0,6) - 0,05)^2 + (((1/2) \times 0,6) - 0,05)^2] \\
 &= 0,35 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b \text{ begel} &= \text{Akar} [(((1/2) \times h \text{ kolom}) - \text{tebal selimut beton})^2 + \\
 &\quad (((1/2) \times h \text{ kolom}) - \text{tebal selimut beton})^2] \\
 &= \text{Akar} [(((1/2) \times 0,6) - 0,05)^2 + (((1/2) \times 0,6) - 0,05)^2] \\
 &= 0,35 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Panjang kait} &= 2 \times 10 \times P10 \\ &= 2 \times 10 \times 0,01 \\ &= 0,20 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Panjang begel} &= \text{keliling bujur sangkar} \times \text{panjang kait} \\ &= (4 \times 0,35) + 0,20 \\ &= 1,60 \text{ m}\end{aligned}$$

Tinggi kolom potongan I bawah = 1250 mm (Lampiran 7

Gambar Detail Kolom)

Jarak antar begel = 100 mm

Jumlah begel = tinggi kolom potongan I bawah / jarak antar begel

$$= 1250 / 100$$

$$= 12,5 \approx 13 \text{ buah}$$

$$= 13 + 1 = 14 \text{ buah}$$

Berat besi P10 = 0,62 kg/m

Volume begel dalam = panjang begel x jumlah begel x berat begel

$$= 1,60 \times 14 \times 0,62$$

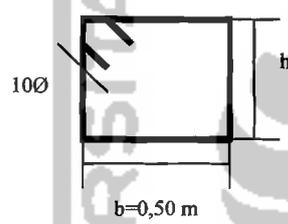
$$= 13,89 \text{ kg}$$

Untuk perhitungan volume begel dalam kolom dari lantai dasar sampai dengan lantai 2 tipe kolom lainnya dengan dimensi yang sama, dapat dilihat pada Perhitungan

Kebutuhan Besi Tulangan Begel Dalam Kolom (Lampiran 2.12 s/d 2.14) dengan tinggi potongan yang berbeda.

$$\begin{aligned} \text{Volume begel kolom potongan I bawah} &= \text{volume begel luar} + \\ &\quad \text{volume begel dalam} \\ &= 19,10 + 13,89 \\ &= 32,99 \text{ kg} \end{aligned}$$

(b). Begel lapangan potongan II Ø10-150



(1). begel luar

$$\begin{aligned} h \text{ begel} &= h \text{ kolom} - (2 \times \text{tebal selimut kolom}) \\ &= 0,60 - (2 \times 0,05) \\ &= 0,50 \text{ m} \\ b \text{ begel} &= b \text{ kolom} - (2 \times \text{tebal selimut kolom}) \\ &= 0,60 - (2 \times 0,05) \\ &= 0,50 \text{ m} \end{aligned}$$

Panjang kait = $2 \times 10 \times P10$
 $= 2 \times 10 \times 0,01$
 $= 0,20 \text{ m}$

$$\begin{aligned} \text{Panjang begel} &= \text{keliling bujur sangkar} + \text{panjang kait} \\ &= (2 \times (0,50 + 0,50)) + 0,20 \\ &= 2,20 \text{ m} \end{aligned}$$

Tinggi kolom potongan II = 1750 mm (Lampiran 7 Gambar Detail Kolom)

Jarak antar begel = 150 mm

Jumlah begel = tinggi kolom / jarak begel

$$= 1750 / 150$$

$$= 11,67 \approx 12 \text{ buah}$$

$$= 12 + 1 = 13 \text{ buah}$$

Berat besi P10 = 0,62 kg/m

Volume begel luar = panjang begel x jumlah begel x berat

begel

$$= 2,20 \times 13 \times 0,62$$

$$= 17,73 \text{ kg}$$

Untuk perhitungan volume begel luar kolom dari lantai dasar sampai dengan lantai 2 tipe kolom lainnya dengan dimensi yang sama, dapat dilihat pada Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Begel Luar Kolom Berpenampang Segi Empat (Lampiran 2.5 s/d 2.9) dengan tinggi potongan yang berbeda.

Volume begel potongan II = volume begel luar

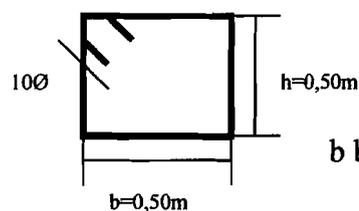
$$= 17,73 \text{ kg}$$

(c). Begel tumpuan potongan I atas Ø10-100

(1). begel luar $h \text{ begel} = h \text{ kolom} - (2 \times \text{tebal selimut kolom})$

$$= 0,60 - (2 \times 0,05)$$

$$= 0,50 \text{ m}$$



$b \text{ begel} = b \text{ kolom} - (2 \times \text{tebal selimut kolom})$

$$= 0,60 - (2 \times 0,05)$$

$$= 0,50 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang kait} &= 2 \times 10 \times P10 \\ &= 2 \times 10 \times 0,01 \\ &= 0,20 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang begel} &= \text{keliling bujur sangkar} + \text{panjang kait} \\ &= (2 \times (0,50 + 0,50)) + 0,20 \\ &= 2,20 \text{ m} \end{aligned}$$

Tinggi kolom potongan I atas = 1100 mm (Lampiran 7

Gambar Detail Kolom)

Jarak antar begel = 100 mm

$$\begin{aligned} \text{Jumlah begel} &= \text{tinggi kolom potongan I atas} / \text{jarak begel} \\ &= 1100 / 100 \\ &= 11 \text{ buah} \\ &= 11 + 1 = 12 \text{ buah} \end{aligned}$$

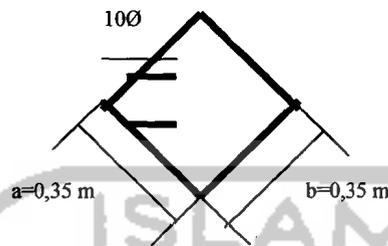
Berat besi P10 = 0,62 kg/m

$$\begin{aligned} \text{Volume begel luar} &= \text{panjang begel} \times \text{jumlah begel} \times \text{berat} \\ &\quad \text{begel} \\ &= 2,20 \times 12 \times 0,62 \\ &= 16,37 \text{ kg} \end{aligned}$$

Untuk perhitungan volume begel luar kolom dari lantai dasar sampai dengan lantai 2 tipe kolom lainnya dengan dimensi yang sama, dapat dilihat pada Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Begel Luar Kolom Berpenampang

Segi Empat (Lampiran 2.5 s/d 2.9) dengan tinggi potongan yang berbeda.

(2). begel dalam



$$\begin{aligned} a \text{ begel} &= \text{Akar} [(((1/2) \times h \text{ kolom}) - \text{tebal selimut beton})^2 + \\ &\quad (((1/2) \times h \text{ kolom}) - \text{tebal selimut beton})^2] \\ &= \text{Akar} [(((1/2) \times 0,6) - 0,05)^2 + (((1/2) \times 0,6) - 0,05)^2] \\ &= 0,35 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b \text{ begel} &= \text{Akar} [(((1/2) \times h \text{ kolom}) - \text{tebal selimut beton})^2 + \\ &\quad (((1/2) \times h \text{ kolom}) - \text{tebal selimut beton})^2] \\ &= \text{Akar} [(((1/2) \times 0,6) - 0,05)^2 + (((1/2) \times 0,6) - 0,05)^2] \\ &= 0,35 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Panjang kait} = 2 \times 10 \times P10$$

$$= 2 \times 10 \times 0,01$$

$$= 0,20 \text{ m}$$

$$\text{Panjang begel} = \text{keliling bujur sangkar} \times \text{panjang kait}$$

$$= (4 \times 0,35) + 0,20$$

$$= 1,60 \text{ m}$$

Tinggi kolom potongan I atas = 1100 mm (Lampiran 7

Gambar Detail Kolom)

Jarak antar begel = 100 mm

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah begel} &= \text{tinggi kolom potongan I bawah} / \text{jarak antar} \\
 &\quad \text{begel} \\
 &= 1100 / 100 \\
 &= 11 \text{ buah} \\
 &= 11 + 1 = 12 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\text{Berat besi P10} = 0,62 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume begel dalam} &= \text{panjang begel} \times \text{jumlah begel} \times \text{berat} \\
 &\quad \text{begel} \\
 &= 1,60 \times 12 \times 0,62 \\
 &= 11,90 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan volume begel dalam kolom dari lantai dasar sampai dengan lantai 2 tipe kolom lainnya dengan dimensi yang sama, dapat dilihat pada Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Begel Dalam Kolom (Lampiran 2.12 s/d 2.14) dengan tinggi potongan yang berbeda.

$$\begin{aligned}
 \text{Volume begel kolom potongan I atas} &= \text{volume begel luar} + \\
 &\quad \text{volume begel dalam} \\
 &= 16,37 + 11,90 \\
 &= 28,27 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume begel kolom K3} &= \text{volume begel potongan I bawah} + \text{volume} \\
 &\quad \text{begel potongan II} + \text{volume begel potongan} \\
 &\quad \text{I atas} \\
 &= 32,98 + 17,73 + 28,27
 \end{aligned}$$

$$= 78,98 \text{ kg}$$

Untuk perhitungan volume begel kolom dari lantai dasar sampai dengan lantai 2 tipe kolom lainnya dengan dimensi yang sama, dapat dilihat pada Rekapitulasi Kebutuhan Besi Tulangan Polos Kolom (Lampiran 2.16 s/d 2.17).

Perhitungan Total Berat Besi :

$$\text{Jumlah volume} = \text{volume besi} + \text{volume begel}$$

$$= 485,10 + 101,56$$

$$= 586,66 \text{ kg}$$

$$\text{Total berat besi} = \text{jumlah volume} / \text{volume beton}$$

$$= 586,66 / 1,48$$

$$= 397,46 \text{ kg/m}^3$$

Untuk perhitungan total berat besi kolom dari lantai dasar sampai dengan lantai 2 tipe kolom lainnya, dapat dilihat pada Perhitungan Total Berat Besi (Lampiran 2.17).

Harga satuan beton pada Proyek :

Harga upah dan bahan pada pekerjaan pembesian 1 m^3 beton /kg :

$$= \frac{\text{total berat besi} \times \text{koef. bhn} \times \text{harga bhn, upah, alat pek pembesian} \text{ } 1 \text{ m}^3 \text{ beton}}{\text{Bahan dari B.O.W}}$$

$$= \frac{397,46 \times 1,1 \times \text{Rp. } 534.957,00}{100}$$

$$= \text{Rp. } 2.338.884,19$$

Harga satuan K3 pada lantai dasar

$$\begin{aligned}
 &= \text{harga bahan, upah, alat (pekerjaan pembesian } 1\text{ m}^3 \text{ beton} + 1\text{ m}^3 \\
 &\quad \text{adukan beton f'c 25} + \text{pekerjaan pembesian } 1\text{ m}^3 \text{ beton /kg)} \\
 &= \text{Rp. } 819.100,00 + \text{Rp. } 311.800,00 + \text{Rp. } 2.338.884,19 \\
 &= \text{Rp. } 3.471.784,19
 \end{aligned}$$

Perhitungan harga satuan pada kolom desain awal lainnya dengan f'c yang sama, dapat dilihat pada Harga Satuan Beton pada Proyek (Lampiran 4.1 s/d 4.2).

$$\begin{aligned}
 \text{Rencana Anggaran Biaya (RAB)} &= \text{volume beton} \times \text{harga satuan} \\
 &= 5,90 \times \text{Rp. } 3.471.784,19 \\
 &= \text{Rp. } 20.497.413,89
 \end{aligned}$$

Perhitungan rencana anggaran biaya pada kolom desain awal lainnya dapat dilihat pada Rencana Anggaran Biaya (RAB) Kolom (Lampiran 4.3 s/d 4.4), dengan jumlah total anggaran biaya tiap lantai.

c) Kolom Lantai Dasar, Tipe K6, Dimensi 400 x 600mm

Kolom ini berbentuk bujur sangkar dengan sisi-sisinya 400 x 600 mm, dan tinggi dari kolom K6 adalah 4,125 m (Lampiran 7 Gambar Detail Kolom)

Jumlah kolom tipe K6 = 2 buah

Volume beton = sisi x sisi x tinggi kolom

$$= 0,40 \times 0,60 \times 4,13$$

$$= 0,99 \text{ m}^3$$

Volume beton total kolom tipe K6 = $2 \times 0,99 \text{ m}^3 = 1,98 \text{ m}^3$

Untuk perhitungan volume beton total kolom dari lantai dasar sampai dengan lantai 2 tipe kolom lainnya dengan dimensi yang sama, dapat dilihat pada Perhitungan Volume Beton Kolom Berpenampang Segi Empat (Lampiran 2.1).

Volume bekisting = keliling kolom x tinggi kolom

$$= 2 \times (0,40 + 0,60) \times 4,13$$

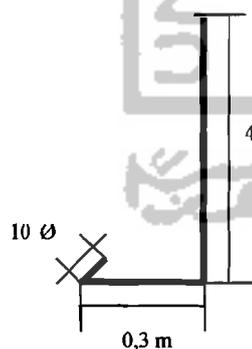
$$= 8,25 \text{ m}^2$$

Volume bekisting total kolom tipe K6 = $4 \times 9,84 \text{ m}^2 = 16,5 \text{ m}^2$

Untuk perhitungan volume bekisting total kolom dari lantai dasar sampai dengan lantai 2 tipe kolom lainnya dengan dimensi yang sama, dapat dilihat pada Perhitungan Volume Bekisting Kolom Berpenampang Segi Empat (Lampiran 2.2).

Perhitungan kebutuhan besi :

1). Tulangan pokok



Elevasi lantai dasar = + 0,00 m

Elevasi lantai 1 = + 3,375 m

Jarak elevasi lantai dasar ke poer pile = 0,75 m

Tinggi poer pile = 0,65 m

(Lampiran 7 Gambar Detail Kolom dan
Detail Poer Pile-5)

$$\text{Panjang besi} = (\text{elevasi lantai 1} - \text{lantai dasar}) + \text{jarak elevasi lantai}$$

$$\text{dasar ke poer pile} + \text{tinggi poer pile}$$

$$= (3,375 - 0,00) + 0,75 + 0,65$$

$$= 4,78 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang besi tekuk} &= 12 \times D25 \\
 &= 12 \times 0,025 \\
 &= 0,3 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang kait} &= 10 \times D25 \\
 &= 10 \times 0,025 \\
 &= 0,25 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang tulangan pokok} &= \text{panjang besi} + \text{panjang besi tekuk} + \\
 &\quad \text{panjang kait} \\
 &= 4,78 + 0,3 + 0,25 \\
 &= 5,33 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\text{Banyak tulangan pokok} = 20 \text{ buah}$$

$$\text{Berat besi tulangan D25} = 3,85 \text{ kg/m}$$

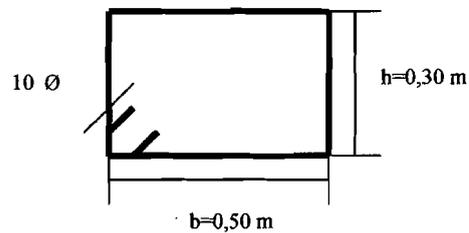
$$\begin{aligned}
 \text{Volume besi tulangan} &= \text{panjang tulangan pokok} \times \text{banyak tulangan} \\
 &\quad \times \text{berat besi tulangan} \\
 &= 5,33 \times 20 \times 3,85 \\
 &= 410,03 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan volume besi tulangan kolom dari lantai dasar sampai dengan lantai 2 tipe kolom lainnya dengan dimensi yang sama, dapat dilihat pada Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Pokok Kolom (Lampiran 2.3 s/d 2.4).

2). Begel

(a). Begel tumpuan potongan I bawah Ø10-100

(1).begel luar



$$h\ \text{begel} = h\ \text{kolom} - (2 \times \text{tebal selimut kolom})$$

$$= 0,40 - (2 \times 0,05)$$

$$= 0,30\ \text{m}$$

$$b\ \text{begel} = b\ \text{kolom} - (2 \times \text{tebal selimut kolom})$$

$$= 0,60 - (2 \times 0,05)$$

$$= 0,50\ \text{m}$$

$$\text{Panjang kait} = 2 \times 10 \times P10$$

$$= 2 \times 10 \times 0,01$$

$$= 0,20\ \text{m}$$

$$\text{Panjang begel} = \text{keliling segi empat} + \text{panjang kait}$$

$$= (2 \times (0,30 + 0,50)) + 0,20$$

$$= 1,8\ \text{m}$$

Tinggi kolom potongan I bawah = 1250 mm (Lampiran 7

Gambar Detail Kolom)

$$\text{Jarak antar begel} = 100\ \text{mm}$$

$$\text{Jumlah begel} = \text{tinggi kolom potongan I bawah} / \text{jarak begel}$$

$$= 1250 / 100$$

$$= 12,5 \approx 13\ \text{buah}$$

$$= 13 + 1 = 14\ \text{buah}$$

$$\text{Berat besi P10} = 0,62 \text{ kg/m}$$

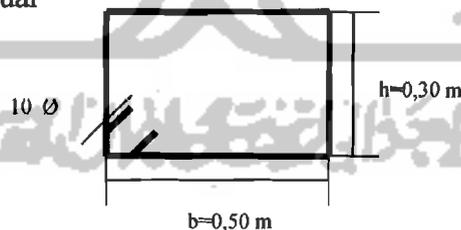
$$\begin{aligned} \text{Volume begel luar} &= \text{panjang begel} \times \text{jumlah begel} \times \text{berat} \\ &\quad \text{begel} \\ &= 1,8 \times 14 \times 0,62 \\ &= 15,62 \text{ kg} \end{aligned}$$

Untuk perhitungan volume begel luar kolom dari lantai dasar sampai dengan lantai 2 tipe kolom lainnya dengan dimensi yang sama, dapat dilihat pada Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Begel Luar Kolom Berpenampang Segi Empat (Lampiran 2.5 s/d 2.9) dengan tinggi potongan yang berbeda.

$$\begin{aligned} \text{Volume begel potongan I bawah} &= \text{volume begel luar} \\ &= 15,62 \text{ kg} \end{aligned}$$

(b). Begel lapangan potongan II Ø10-150

(1). begel luar



$$\begin{aligned} h \text{ begel} &= h \text{ kolom} - (2 \times \text{tebal selimut kolom}) \\ &= 0,40 - (2 \times 0,05) \\ &= 0,30 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b \text{ begel} &= b \text{ kolom} - (2 \times \text{tebal selimut kolom}) \\ &= 0,60 - (2 \times 0,05) \end{aligned}$$

$$= 0,50 \text{ m}$$

$$\text{Panjang kait} = 2 \times 10 \times P10$$

$$= 2 \times 10 \times 0,01$$

$$= 0,20 \text{ m}$$

$$\text{Panjang begel} = \text{keliling segi empat} + \text{panjang kait}$$

$$= (2 \times (0,30 + 0,50)) + 0,20$$

$$= 1,8 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi kolom potongan II} = 1775 \text{ mm (Lampiran 7 Gambar$$

Detail Kolom)

$$\text{Jarak antar begel} = 150 \text{ mm}$$

$$\text{Jumlah begel} = \text{tinggi kolom potongan II} / \text{jarak begel}$$

$$= 1775 / 150$$

$$= 11,83 \approx 12 \text{ buah}$$

$$= 12 + 1 = 13 \text{ buah}$$

$$\text{Berat besi P10} = 0,62 \text{ kg/m}$$

$$\text{Volume begel luar} = \text{panjang begel} \times \text{jumlah begel} \times \text{berat}$$

begel

$$= 1,8 \times 13 \times 0,62$$

$$= 14,51 \text{ kg}$$

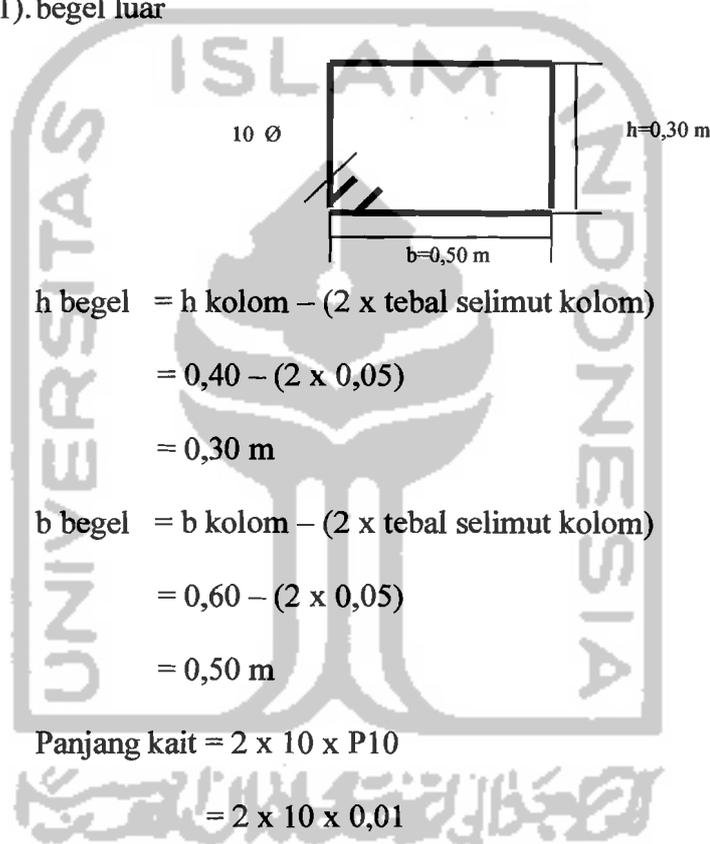
Untuk perhitungan volume begel luar kolom dari lantai dasar sampai dengan lantai 2 tipe kolom lainnya dengan dimensi yang sama, dapat dilihat pada Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Begel Luar Kolom Berpenampang

Segi Empat (Lampiran 2.5 s/d 2.9) dengan tinggi potongan yang berbeda.

$$\begin{aligned} \text{Volume begel potongan II} &= \text{volume begel luar} \\ &= 14,51 \text{ kg} \end{aligned}$$

(b). Begel tumpuan potongan I atas Ø10-100

(1). begel luar



$$\begin{aligned} h \text{ begel} &= h \text{ kolom} - (2 \times \text{tebal selimut kolom}) \\ &= 0,40 - (2 \times 0,05) \\ &= 0,30 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b \text{ begel} &= b \text{ kolom} - (2 \times \text{tebal selimut kolom}) \\ &= 0,60 - (2 \times 0,05) \\ &= 0,50 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Panjang kait} = 2 \times 10 \times P10$$

$$= 2 \times 10 \times 0,01$$

$$= 0,20 \text{ m}$$

$$\text{Panjang begel} = \text{keliling segi empat} + \text{panjang kait}$$

$$= (2 \times (0,30 + 0,50)) + 0,20$$

$$= 1,8 \text{ m}$$

Tinggi kolom potongan II = 1100 mm (Lampiran 7 Gambar

Detail Kolom)

Jarak antar begel = 100 mm

Jumlah begel = tinggi kolom potongan II / jarak begel

$$= 1100 / 100$$

$$= 11 \text{ buah}$$

$$= 11 + 1 = 12 \text{ buah}$$

Berat besi P10 = 0,62 kg/m

Volume begel luar = panjang begel x jumlah begel x berat

begel

$$= 1,8 \times 12 \times 0,62$$

$$= 13,39 \text{ kg}$$

Untuk perhitungan volume begel luar kolom dari lantai dasar sampai dengan lantai 2 tipe kolom lainnya dengan dimensi yang sama, dapat dilihat pada Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Begel Luar Kolom Berpenampang Segi Empat (Lampiran 2.5 s/d 2.9) dengan tinggi potongan yang berbeda.

Volume begel potongan I atas = volume begel luar

$$= 13,39 \text{ kg}$$

Volume begel kolom K6 = volume begel potongan I bawah + volume

begel potongan II + volume begel potongan

I atas

$$= 15,62 + 14,51 + 13,39$$

$$= 43,52 \text{ kg}$$

Untuk perhitungan volume begel kolom dari lantai dasar sampai dengan lantai 2 tipe kolom lainnya dengan bentuk kolom yang sama, dapat dilihat pada Rekapitulasi Kebutuhan Besi Tulangan Polos Kolom (Lampiran 2.16 s/d 2.17).

Perhitungan Total Berat Besi :

Jumlah volume = volume besi + volume begel

$$= 410,03 + 43,52$$

$$= 453,55 \text{ kg}$$

Total berat besi = jumlah volume / volume beton

$$= 453,55 / 0,99$$

$$= 458,13 \text{ kg/m}^3$$

Untuk perhitungan total berat besi kolom dari lantai dasar sampai dengan lantai 2 tipe kolom lainnya, dapat dilihat pada Perhitungan Total Berat Besi (Lampiran 2.17).

Harga satuan beton pada Proyek :

Harga upah dan bahan pada pekerjaan pembesian 1 m^3 beton /kg :

$$= \frac{\text{total berat besi} \times \text{koef bhn} \times \text{harga bhn, upah, alat pek pembesian } 1 \text{ m}^3 \text{ beton}}{\text{Bahan dari B.O.W}}$$

$$= \frac{458,13 \times 1,1 \times \text{Rp. } 534.957,00}{100}$$

$$= \text{Rp. } 2.695.880,14$$

Harga satuan K6 pada lantai dasar

= harga upah & bahan (pekerjaan pembesian 1 m^3 beton + 1 m^3 adukan beton f'c 25 + pekerjaan pembesian 1 m^3 beton /kg)

$$= \text{Rp. } 819.100,00 + \text{Rp. } 311.800,00 + \text{Rp. } 2.695.880,14$$

$$= \text{Rp. } 3.828.780,14$$

Perhitungan harga satuan pada kolom desain awal lainnya dengan $f'c$ yang sama, dapat dilihat pada Harga Satuan Beton pada Proyek (Lampiran 4.1 s/d 4.2).

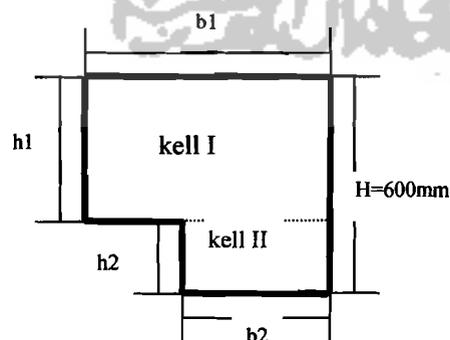
$$\begin{aligned} \text{Rencana Anggaran Biaya (RAB)} &= \text{volume beton} \times \text{harga satuan} \\ &= 1,98 \times \text{Rp. } 3.828.780,14 \\ &= \text{Rp. } 7.580.984,67 \end{aligned}$$

Perhitungan rencana anggaran biaya pada kolom desain awal lainnya dapat dilihat pada Rencana Anggaran Biaya (RAB) Kolom (Lampiran 4.3 s/d 4.4), dengan jumlah total anggaran biaya tiap lantai.

d) Kolom Lantai Dasar, Tipe K8, Dimensi L 400 x 600 mm

Kolom ini mempunyai bentuk L, dengan dimensi kolom L 400 x 600 mm, dan tinggi dari kolom K8 adalah 4,175 m (Lampiran 7 Gambar Detail Kolom).

Jumlah kolom tipe K8 – 2 buah. h_1 kolom = 400 mm = 0,4 m



$$b_1 \text{ kolom} = 600 \text{ mm} = 0.6 \text{ m}$$

$$h_2 \text{ kolom} = 200 \text{ mm} = 0,2 \text{ m}$$

$$b_2 \text{ kolom} = 400 \text{ mm} = 0,4 \text{ m}$$

Volume beton = $((h_1 \times b_1) + (h_2 \times b_2)) \times \text{tinggi kolom}$

$$= ((0,4 \times 0,6) + (0,2 \times 0,4)) \times 4,175$$

$$= 1,34 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume beton total kolom tipe K8} = 2 \times 1,34 \text{ m}^3 = 2,67 \text{ m}^3$$

Untuk perhitungan volume beton total kolom dari lantai dasar sampai dengan lantai 2 tipe kolom lainnya dengan dimensi yang sama, dapat dilihat pada Perhitungan Volume Beton Kolom Berpenampang L (Lampiran 2.1).

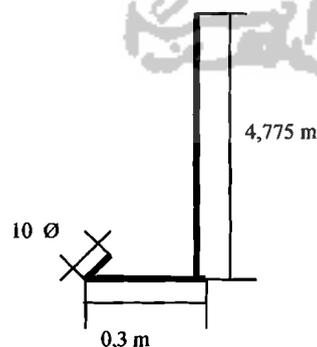
$$\begin{aligned} \text{Volume bekisting} &= (\text{keliling I} + \text{keliling II}) \text{ kolom} \times \text{tinggi kolom} \\ &= ((0,4+0,6+0,4+0,2)+(0,2+0,4+0,2)) \times 4,18 \\ &= 10,02 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Volume bekisting total kolom tipe K8} = 2 \times 10,02 \text{ m}^2 = 20,04 \text{ m}^2$$

Untuk perhitungan volume bekisting total kolom dari lantai dasar sampai dengan lantai 2 tipe kolom lainnya dengan dimensi yang sama, dapat dilihat pada Perhitungan Volume Bekisting Kolom Berpenampang L (Lampiran 2.2).

Perhitungan kebutuhan besi :

1). Tulangan pokok



Elevasi lantai dasar = + 0,00 m

Elevasi lantai 1 = + 3,38 m

Jarak elevasi lantai dasar ke poer pile = 0,8 m

Tinggi poer pile = 0,6 m

(Lampiran 7 Gambar Detail Kolom dan
Detail Poer Pile-3)

$$\begin{aligned} \text{Panjang besi} &= (\text{elevasi lantai 1} - \text{lantai dasar}) + \text{jarak elevasi lantai} \\ &\text{dasar ke poer pile} + \text{tinggi poer pile} \end{aligned}$$

$$= (3,38 - 0,00) + 0,8 + 0,6$$

$$= 4,78 \text{ m}$$

$$\text{Panjang besi tekuk} = 12 \times D25$$

$$= 12 \times 0,025$$

$$= 0,3 \text{ m}$$

$$\text{Panjang kait} = 10 \times D25$$

$$= 10 \times 0,025$$

$$= 0,25 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang tulangan pokok} &= \text{panjang besi} + \text{panjang besi tekuk} + \\ &\quad \text{panjang kait} \end{aligned}$$

$$= 4,78 + 0,3 + 0,25$$

$$= 5,33 \text{ m}$$

$$\text{Banyak tulangan pokok} = 22 \text{ buah}$$

$$\text{Berat besi tulangan D25} = 3,85 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume besi tulangan} &= \text{panjang tulangan pokok} \times \text{banyak tulangan} \\ &\quad \times \text{berat besi tulangan} \end{aligned}$$

$$= 5,33 \times 22 \times 3,85$$

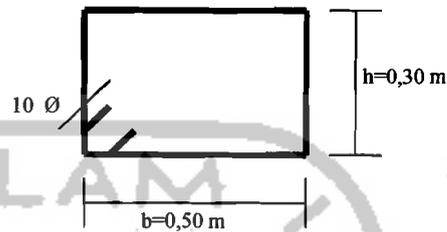
$$= 451,03 \text{ kg}$$

Untuk perhitungan volume besi tulangan kolom dari lantai dasar sampai dengan lantai 2 tipe kolom lainnya dengan bentuk kolom yang sama, dapat dilihat pada Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Pokok Kolom (Lampiran 2.3 s/d 2.4).

2). Begel

(a). Begel tumpuan potongan I bawah Ø10-100

(1). begel horizontal



$$\begin{aligned} h_{\text{begel}} &= h_{\text{kolom}} - (2 \times \text{tebal selimut kolom}) \\ &= 0,40 - (2 \times 0,05) \\ &= 0,30\text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_{\text{begel}} &= b_{\text{kolom}} - (2 \times \text{tebal selimut kolom}) \\ &= 0,60 - (2 \times 0,05) \\ &= 0,50\text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang kait} &= 2 \times 10 \times P10 \\ &= 2 \times 10 \times 0,01 \\ &= 0,20\text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang begel} &= \text{keliling segi empat} + \text{panjang kait} \\ &= (2 \times (0,30 + 0,50)) + 0,20 \\ &= 1,8\text{ m} \end{aligned}$$

Tinggi kolom potongan I bawah = 1300 mm (Lampiran 7

Gambar Detail Kolom)

Jarak antar begel = 100 mm

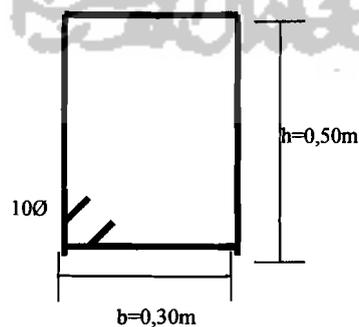
$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah begel} &= \text{tinggi kolom potongan I bawah} / \text{jarak begel} \\
 &= 1300 / 100 \\
 &= 13 \text{ buah} \\
 &= 13 + 1 = 14 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\text{Berat besi P10} = 0,62 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume begel horizontal} &= \text{panjang begel} \times \text{jumlah begel} \times \\
 &\quad \text{berat begel} \\
 &= 1,8 \times 14 \times 0,62 \\
 &= 15,62 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan volume begel horizontal kolom dari lantai dasar sampai dengan lantai 2 tipe kolom lainnya dengan bentuk kolom yang sama, dapat dilihat pada Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Begel Horizontal Kolom Berpenampang L (Lampiran 2.9 s/d 2.10) dengan tinggi potongan yang berbeda.

(2). begel vertikal



$$\begin{aligned}
 h \text{ begel} &= h \text{ kolom} - (2 \times \text{selimut beton}) \\
 &= 0,60 - (2 \times 0,05) \\
 &= 0,50 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{b begel} &= \text{b kolom} - (2 \times \text{selimut beton}) \\
 &= 0,40 - (2 \times 0,05) \\
 &= 0,30 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang kait} &= 2 \times 10 \times \text{P10} \\
 &= 2 \times 10 \times 0,01 \\
 &= 0,20 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang begel} &= \text{keliling segi empat} \times \text{panjang kait} \\
 &= (2 \times (0,30 + 0,50)) + 0,20 \\
 &= 1,80 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Tinggi kolom potongan I bawah = 1300 mm (Lampiran 7
Gambar Detail Kolom)

Jarak antar begel = 100 mm

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah begel} &= \text{tinggi kolom potongan I bawah} / \text{jarak antar} \\
 &\quad \text{begel} \\
 &= 1300 / 100 \\
 &= 13 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$= 13 + 1 = 14 \text{ buah}$$

Berat besi P10 = 0,62 kg/m

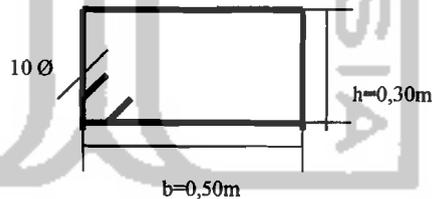
$$\begin{aligned}
 \text{Volume begel vertikal} &= \text{panjang begel} \times \text{jumlah begel} \times \text{berat} \\
 &\quad \text{begel} \\
 &= 1,80 \times 14 \times 0,62 \\
 &= 15,62 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan volume begel vertikal kolom dari lantai dasar sampai dengan lantai 2 tipe kolom lainnya dengan bentuk kolom yang sama, dapat dilihat pada Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Begel Vertikal Kolom Berpenampang L (Lampiran 2.11 s/d 2.12) dengan tinggi potongan yang berbeda.

$$\begin{aligned}
 \text{Volume begel kolom potongan I bawah} &= \text{volume begel} \\
 &\quad \text{horizontal} + \text{volume} \\
 &\quad \text{begel vertikal} \\
 &= 15,62 + 15,62 \\
 &= 31,24 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

(b). Begel lapangan potongan II Ø10-150

(1). begel horizontal



$$\begin{aligned}
 h \text{ begel} &= h \text{ kolom} - (2 \times \text{tebal selimut kolom}) \\
 &= 0,40 - (2 \times 0,05) \\
 &= 0,30 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 b \text{ begel} &= b \text{ kolom} - (2 \times \text{tebal selimut kolom}) \\
 &= 0,60 - (2 \times 0,05) \\
 &= 0,50 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang kait} &= 2 \times 10 \times P10 \\
 &= 2 \times 10 \times 0,01
 \end{aligned}$$

$$= 0,20 \text{ m}$$

Panjang begel = keliling segi empat + panjang kait

$$= (2 \times (0,30 + 0,50)) + 0,20$$

$$= 1,8 \text{ m}$$

Tinggi kolom potongan II = 1775 mm (Lampiran 7 Gambar

Detail Kolom)

Jarak antar begel = 150 mm

Jumlah begel = tinggi kolom potongan II / jarak begel

$$= 1775 / 150$$

$$= 11,83 \approx 12 \text{ buah}$$

$$= 12 + 1 = 13 \text{ buah}$$

Berat besi P10 = 0,62 kg/m

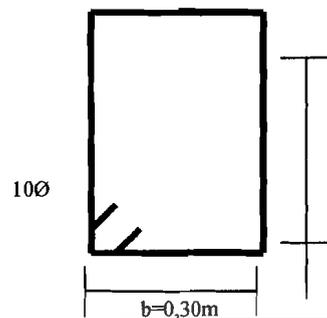
Volume begel horizontal = panjang begel x jumlah begel x
berat begel

$$= 1,8 \times 13 \times 0,62$$

$$= 14,51 \text{ kg}$$

Untuk perhitungan volume begel horizontal kolom dari lantai dasar sampai dengan lantai 2 tipe kolom lainnya dengan bentuk kolom yang sama, dapat dilihat pada Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Begel Horizontal Kolom Berpenampang L (Lampiran 2.9 s/d 2.10) dengan tinggi potongan yang berbeda.

(2). begel vertikal



$$h \text{ begel} = h \text{ kolom} - (2 \times \text{selimut beton})$$

$$= 0,60 - (2 \times 0,05)$$

$$= 0,50 \text{ m}$$

$$b \text{ begel} = b \text{ kolom} - (2 \times \text{selimut beton})$$

$$= 0,40 - (2 \times 0,05)$$

$$= 0,30 \text{ m}$$

$$\text{Panjang kait} = 2 \times 10 \times P10$$

$$= 2 \times 10 \times 0,01$$

$$= 0,20 \text{ m}$$

$$\text{Panjang begel} = \text{keliling segi empat} \times \text{panjang kait}$$

$$= (2 \times (0,30 + 0,50)) + 0,20$$

$$= 1,80 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi kolom potongan I bawah} = 1775 \text{ mm (Lampiran 7}$$

Gambar Detail Kolom)

$$\text{Jarak antar begel} = 150 \text{ mm}$$

$$\text{Jumlah begel} = \text{tinggi kolom potongan II} / \text{jarak antar begel}$$

$$= 1775 / 150$$

$$= 11,83 \approx 12 \text{ buah}$$

$$= 12 + 1 = 13 \text{ buah}$$

$$\text{Berat besi P10} = 0,62 \text{ kg/m}$$

$$\text{Volume begel vertikal} = \text{panjang begel} \times \text{jumlah begel} \times \text{berat}$$

begel

$$= 1,80 \times 13 \times 0,62$$

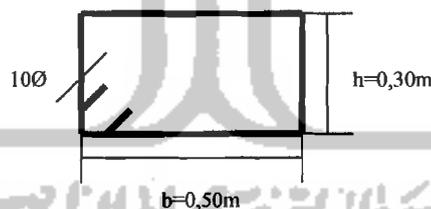
$$= 14,51 \text{ kg}$$

Untuk perhitungan volume begel vertikal kolom dari lantai dasar sampai dengan lantai 2 tipe kolom lainnya dengan bentuk kolom yang sama, dapat dilihat pada Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Begel Vertikal Kolom Berpenampang L (Lampiran 2.11 s/d 2.12) dengan tinggi potongan yang berbeda.

$$\begin{aligned} \text{Volume begel kolom potongan II} &= \text{volume begel horizontal} + \\ &\quad \text{volume begel vertikal} \\ &= 14,51 + 14,51 \\ &= 29,02 \text{ kg} \end{aligned}$$

(b). Begel tumpuan potongan I atas $\text{Ø}10\text{-}100$

(1). begel horizontal



$$h \text{ begel} = h \text{ kolom} - (2 \times \text{tebal selimut kolom})$$

$$= 0,40 - (2 \times 0,05)$$

$$= 0,30 \text{ m}$$

$$b \text{ begel} = b \text{ kolom} - (2 \times \text{tebal selimut kolom})$$

$$= 0,60 - (2 \times 0,05)$$

$$= 0,50 \text{ m}$$

$$\text{Panjang kait} = 2 \times 10 \times \text{P10}$$

$$= 2 \times 10 \times 0,01$$

$$= 0,20 \text{ m}$$

Panjang begel = keliling segi empat + panjang kait

$$= (2 \times (0,30 + 0,50)) + 0,20$$

$$= 1,8 \text{ m}$$

Tinggi kolom potongan II = 1100 mm (Lampiran 7 Gambar

Detail Kolom)

Jarak antar begel = 100 mm

Jumlah begel = tinggi kolom potongan I atas / jarak begel

$$= 1100 / 100$$

$$= 11 \text{ buah}$$

$$= 11 + 1 = 12 \text{ buah}$$

Berat besi P10 = 0,62 kg/m

Volume begel horizontal = panjang begel x jumlah begel x

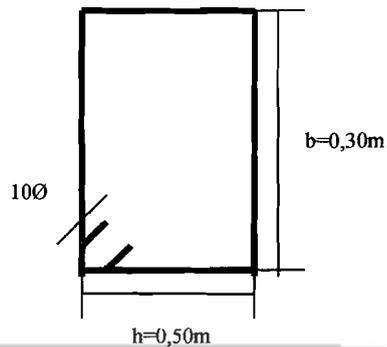
berat begel

$$= 1,8 \times 12 \times 0,62$$

$$= 13,39 \text{ kg}$$

Untuk perhitungan volume begel horizontal kolom dari lantai dasar sampai dengan lantai 2 tipe kolom lainnya dengan bentuk kolom yang sama, dapat dilihat pada Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Begel Horizontal Kolom Berpenampang L (Lampiran 2.9 s/d 2.10) dengan tinggi potongan yang berbeda.

(2). begel vertikal



$$\begin{aligned} h \text{ begel} &= h \text{ kolom} - (2 \times \text{selimut beton}) \\ &= 0,60 - (2 \times 0,05) \\ &= 0,50 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b \text{ begel} &= b \text{ kolom} - (2 \times \text{selimut beton}) \\ &= 0,40 - (2 \times 0,05) \\ &= 0,30 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang kait} &= 2 \times 10 \times P10 \\ &= 2 \times 10 \times 0,01 \\ &= 0,20 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang begel} &= \text{keliling segi empat} \times \text{panjang kait} \\ &= (2 \times (0,30 + 0,50)) + 0,20 \\ &= 1,80 \text{ m} \end{aligned}$$

Tinggi kolom potongan I atas = 1100 mm (Lampiran 7

Gambar Detail Kolom)

Jarak antar begel = 100 mm

$$\begin{aligned} \text{Jumlah begel} &= \text{tinggi kolom potongan I atas} / \text{jarak antar} \\ &\quad \text{begel} \\ &= 1100 / 100 \end{aligned}$$

$$= 11 \text{ buah}$$

$$= 11 + 1 = 12 \text{ buah}$$

$$\text{Berat besi P10} = 0,62 \text{ kg/m}$$

$$\text{Volume begel vertikal} = \text{panjang begel} \times \text{jumlah begel} \times \text{berat begel}$$

$$= 1,8 \times 12 \times 0,62$$

$$= 13,39 \text{ kg}$$

Untuk perhitungan volume begel vertikal kolom dari lantai dasar sampai dengan lantai 2 tipe kolom lainnya dengan bentuk kolom yang sama, dapat dilihat pada Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Begel Vertikal Kolom Berpenampang L (Lampiran 2.11 s/d 2.12) dengan tinggi potongan yang berbeda.

$$\text{Volume begel kolom potongan I atas} = \text{volume begel horizontal}$$

$$+ \text{volume begel vertikal}$$

$$= 13,39 + 13,39$$

$$= 26,78 \text{ kg}$$

$$\text{Volume begel kolom K8} = \text{volume begel potongan I bawah} + \text{volume}$$

$$\text{begel potongan II} + \text{volume begel potongan}$$

$$\text{I atas}$$

$$= 31,25 + 29,02 + 26,78$$

$$= 87,05 \text{ kg}$$

Untuk perhitungan volume begel kolom dari lantai dasar sampai dengan lantai 2 tipe kolom lainnya dengan bentuk kolom yang sama, dapat dilihat pada Rekapitulasi Kebutuhan Besi Tulangan Polos Kolom (Lampiran 2.16 s/d 2.17).

Perhitungan Total Berat Besi :

Jumlah volume = volume besi + volume begel

$$= 451,03 + 87,05$$

$$= 538,08 \text{ kg}$$

Total berat besi = jumlah volume / volume beton

$$= 538,08 / 1,34$$

$$= 402,75 \text{ kg/m}^3$$

Untuk perhitungan total berat besi kolom dari lantai dasar sampai dengan lantai 2 tipe kolom lainnya, dapat dilihat pada Perhitungan Total Berat Besi (Lampiran 2.17).

Harga satuan beton pada Proyek :

Harga upah dan bahan pada pekerjaan pembesian 1m^3 beton /kg :

$$= \frac{\text{total berat besi} \times \text{koef. bhn} \times \text{harga bhn, upah, alat pek pembesian } 1\text{m}^3 \text{ beton}}{\text{Bahan dari B.O.W}}$$

$$= \frac{402,75 \times 1,1 \times \text{Rp. } 534.957,00}{100}$$

$$= \text{Rp. } 2.369.999,86$$

Harga satuan K8 pada lantai dasar

$$= \text{harga upah \& bahan (pekerjaan pembesian } 1\text{m}^3 \text{ beton} + 1\text{m}^3 \text{ adukan beton f'c 25} + \text{pekerjaan pembesian } 1 \text{ m}^3 \text{ beton /kg)}$$

$$= \text{Rp. } 819.100,00 + \text{Rp. } 311.800,00 + \text{Rp. } 2.369.999,86$$

$$= \text{Rp. } 3.502.899,86$$

Perhitungan harga satuan pada kolom desain awal lainnya dengan $f'c$ yang sama, dapat dilihat pada Harga Satuan Beton pada Proyek (Lampiran 4.1 s/d 4.2).

$$\begin{aligned} \text{Rencana Anggaran Biaya (RAB)} &= \text{volume beton} \times \text{harga satuan} \\ &= 2,67 \times \text{Rp. } 3.502.899,86 \\ &= \text{Rp. } 9.359.748,42 \end{aligned}$$

Perhitungan rencana anggaran biaya pada kolom desain awal lainnya dapat dilihat pada Rencana Anggaran Biaya (RAB) Kolom (Lampiran 4.3 s/d 4.4), dengan jumlah total anggaran biaya tiap lantai.

5.2.2 Desain Akhir

Contoh Perhitungan :

- a) Kolom Lantai 2, Tipe K4, Dimensi 600 x 600mm

Kolom ini berbentuk bujur sangkar dengan sisi-sisinya 600 x 600 mm, dan tinggi dari kolom K4 adalah 5,15 m (Lampiran 7 Gambar Detail Kolom).

Jumlah kolom tipe K4 = 4 buah

Volume beton = sisi x sisi x tinggi kolom

$$= 0,60 \times 0,60 \times 5,15$$

$$= 1,85 \text{ m}^3$$

Volume beton total kolom tipe K4 = $4 \times 1,85 \text{ m}^3 = 7,42 \text{ m}^3$

Untuk perhitungan volume beton total kolom dari lantai dasar sampai dengan lantai 2 tipe lainnya, dapat dilihat pada Perhitungan Volume Beton Kolom Berpenampang Segi Empat (Lampiran 3.1).

Volume bekisting = sisi x sisi x tinggi kolom

$$= 2 \times (0,60 + 0,60) \times 5,15$$

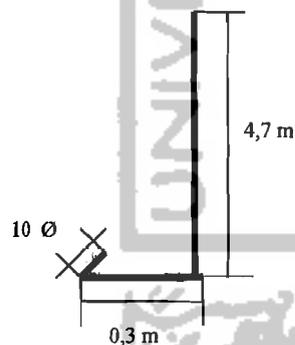
$$= 12,36 \text{ m}^3$$

Volume bekisting total kolom tipe K4 = $4 \times 12,36 \text{ m}^3 = 49,44 \text{ m}^3$

Untuk perhitungan volume bekisting total kolom dari lantai dasar sampai dengan lantai 2 tipe lainnya, dapat dilihat pada Perhitungan Volume Bekisting Kolom Berpenampang Segi Empat (Lampiran 3.2).

Perhitungan kebutuhan besi :

1). Tulangan pokok



Elevasi lantai dasar = + 0,00 m

Elevasi lantai 1 = + 3,35 m

Jarak elevasi lantai dasar ke poer pile = 0,75 m

Tinggi poer pile = 0,60 m

(Lampiran 7 Gambar Detail Kolom dan Detail Poer Pile-4)

Panjang besi = (elevasi lantai 1 – lantai dasar) + jarak elevasi lantai dasar ke poer pile + tinggi poer pile

$$= (3,35 - 0,00) + 0,75 + 0,60$$

$$= 4,7 \text{ m}$$

Panjang besi tekuk = 12 x D25

$$= 12 \times 0,025$$

$$= 0,3 \text{ m}$$

$$\text{Panjang kait} = 10 \times D25$$

$$= 10 \times 0,025$$

$$= 0,25 \text{ m}$$

$$\text{Panjang tulangan pokok} = \text{panjang besi} + \text{panjang besi tekuk} +$$

$$\text{panjang kait}$$

$$= 4,7 + 0,3 + 0,25$$

$$= 5,25 \text{ m}$$

$$\text{Banyak tulangan pokok} = 16 \text{ buah}$$

$$\text{Berat besi tulangan D25} = 3,85 \text{ kg/m}$$

$$\text{Volume besi tulangan} = \text{panjang tulangan pokok} \times \text{banyak tulangan} \times$$

$$\text{berat besi tulangan}$$

$$= 5,25 \times 16 \times 3,85$$

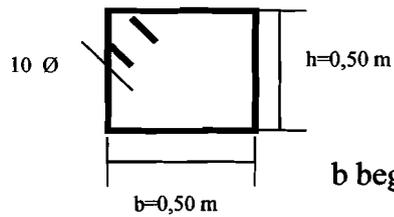
$$= 323,40 \text{ kg}$$

Untuk perhitungan volume besi tulangan kolom dari lantai dasar sampai dengan lantai 2 tipe kolom lainnya dengan bentuk kolom yang sama, dapat dilihat pada Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Pokok Kolom (Lampiran 3.3 s/d 3.4).

2). Begel

(a). begel luar

(1). begel tumpuan potongan III Ø10-100



$$h \text{ begel} = h \text{ kolom} - (2 \times \text{tebal selimut kolom})$$

$$= 0,60 - (2 \times 0,05)$$

$$= 0,50 \text{ m}$$

$$b \text{ begel} = b \text{ kolom} - (2 \times \text{tebal selimut kolom})$$

$$= 0,60 - (2 \times 0,05)$$

$$= 0,50 \text{ m}$$

$$\text{Panjang kait} = 2 \times 10 \times P10$$

$$= 2 \times 10 \times 0,01$$

$$= 0,20 \text{ m}$$

$$\text{Panjang begel} = \text{keliling segi empat} + \text{panjang kait}$$

$$= (4 \times 0,50) + 0,20$$

$$= 2,2 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi kolom potongan I bawah} = 1200 \text{ mm (Lampiran 7}$$

Gambar Detail Kolom)

$$\text{Jarak antar begel} = 100 \text{ mm}$$

$$\text{Jumlah begel} = \text{tinggi kolom potongan III} / \text{jarak begel}$$

$$= 1200 / 100$$

$$= 12 \text{ buah}$$

$$= 12 + 1 = 13 \text{ buah}$$

$$\text{Berat besi P10} = 0,62 \text{ kg/m}$$

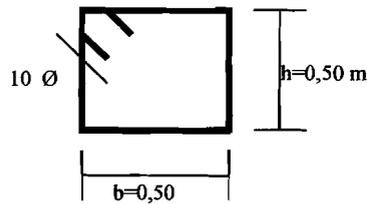
$$\text{Volume begel potongan III} = \text{panjang begel} \times \text{jumlah begel} \times$$

berat begel

$$= 2,2 \times 13 \times 0,62$$

$$= 17,73 \text{ kg}$$

(2). begel lapangan potongan IV Ø10-150



$$h \text{ begel} = h \text{ kolom} - (2 \times \text{selimut beton})$$

$$= 0,60 - (2 \times 0,05)$$

$$= 0,50 \text{ m}$$

$$b \text{ begel} = b \text{ kolom} - (2 \times \text{selimut beton})$$

$$= 0,60 - (2 \times 0,05)$$

$$= 0,50 \text{ m}$$

$$\text{Panjang kait} = 2 \times 10 \times P10$$

$$= 2 \times 10 \times 0,01$$

$$= 0,20 \text{ m}$$

$$\text{Panjang begel} = \text{keliling segi empat} + \text{panjang kait}$$

$$= (4 \times 0,50) + 0,20$$

$$= 2,2 \text{ m}$$

Tinggi kolom potongan I bawah = 2750 mm (Lampiran 7

Gambar Detail Kolom)

$$\text{Jarak antar begel} = 150 \text{ mm}$$

$$\text{Jumlah begel} = \text{tinggi kolom potongan IV} / \text{jarak begel}$$

$$= 2750 / 150$$

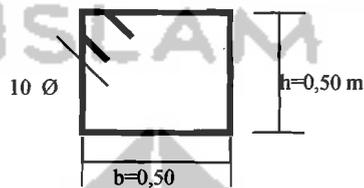
$$= 18,3 \approx 19 \text{ buah}$$

$$= 19 + 1 = 20 \text{ buah}$$

Berat besi P10 = 0,62 kg/m

$$\begin{aligned} \text{Volume begel potongan IV} &= \text{panjang begel} \times \text{jumlah begel} \times \\ &\quad \text{berat begel} \\ &= 2,2 \times 20 \times 0,62 \\ &= 27,28 \text{ kg} \end{aligned}$$

(3). Begel tumpuan potongan I Ø10-100



$$\begin{aligned} h \text{ begel} &= h \text{ kolom} - (2 \times \text{tebal selimut kolom}) \\ &= 0,60 - (2 \times 0,05) \\ &= 0,50 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b \text{ begel} &= b \text{ kolom} - (2 \times \text{tebal selimut kolom}) \\ &= 0,60 - (2 \times 0,05) \\ &= 0,50 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang kait} &= 2 \times 10 \times \text{P10} \\ &= 2 \times 10 \times 0,01 \\ &= 0,20 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang begel} &= \text{keliling segi empat} + \text{panjang kait} \\ &= (4 \times 0,50) + 0,20 \\ &= 2,2 \text{ m} \end{aligned}$$

Tinggi kolom potongan I bawah = 1200 mm (Lampiran 7

Gambar Detail Kolom)

Jarak antar begel = 100 mm

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah begel} &= \text{tinggi kolom potongan I} / \text{jarak begel} \\
 &= 1200 / 100 \\
 &= 12 \text{ buah} \\
 &= 12 + 1 = 13 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\text{Berat besi P10} = 0,62 \text{ kg/m}$$

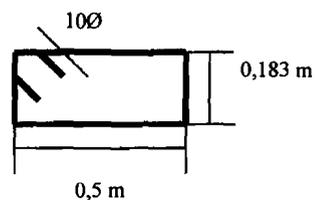
$$\begin{aligned}
 \text{Volume begel potongan I} &= \text{panjang begel} \times \text{jumlah begel} \times \\
 &\quad \text{berat begel} \\
 &= 2,2 \times 13 \times 0,62 \\
 &= 17,73 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume begel luar} &= \text{volume begel potongan III} + \text{volume begel} \\
 &\quad \text{potongan IV} + \text{volume begel potongan I} \\
 &= 17,73 + 27,28 + 17,73 \\
 &= 62,74 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan volume begel luar kolom dari lantai dasar sampai dengan lantai 2 tipe kolom lainnya dengan dimensi yang sama, dapat dilihat pada Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Begel Luar Kolom Berpenampang Segi Empat (Lampiran 3.5 s/d 3.9) dengan tinggi potongan yang berbeda.

(b). begel dalam

(1). begel dalam potongan I bawah (horizontal)



$$\begin{aligned}
 \text{a begel} &= \text{jarak tulangan} + (2 \times D25) \\
 &= 0,133 + (2 \times 0,025) \\
 &= 0,183 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{b begel} &= h \text{ kolom} - (2 \times \text{tebal selimut beton}) \\
 &= 0,6 - (2 \times 0,05) \\
 &= 0,5 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\text{Panjang kait} = 2 \times 10 \times P10$$

$$= 2 \times 10 \times 0,01$$

$$= 0,20 \text{ m}$$

$$\text{Panjang begel} = \text{keliling segi empat} + \text{panjang kait}$$

$$= (2 \times 0,183) + (2 \times 0,5) + 0,20$$

$$= 1,57 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi kolom potongan I bawah} = 1200 \text{ mm (Lampiran 7)}$$

Gambar Detail Kolom)

$$\text{Jarak antar begel} = 100 \text{ mm}$$

$$\text{Jumlah begel} = \text{tinggi kolom potongan I bawah} / \text{jarak antar}$$

begel

$$= 1200 / 100$$

$$= 12 \text{ buah}$$

$$= 12 + 1 = 13 \text{ buah}$$

$$\text{Berat besi P10} = 0,62 \text{ kg/m}$$

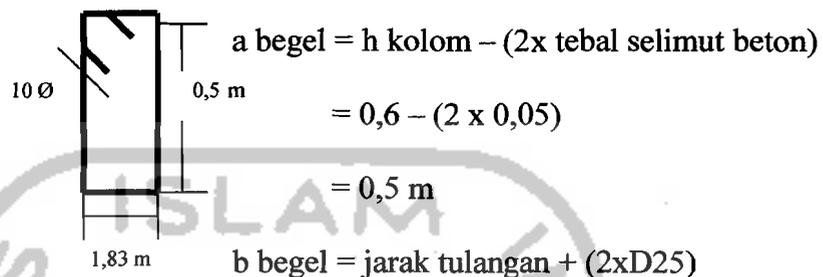
$$\text{Volume begel dalam horizontal} = \text{panjang begel} \times \text{jumlah}$$

begel x berat begel

$$= 1,57 \times 13 \times 0,62$$

$$= 12,62 \text{ kg}$$

(2). begel dalam potongan I bawah (vertikal)



$$\text{Panjang kait} = 2 \times 10 \times P10$$

$$= 2 \times 10 \times 0,01$$

$$= 0,20 \text{ m}$$

$$\text{Panjang begel} = \text{keliling segi empat} + \text{panjang kait}$$

$$= (2 \times 0,183) + (2 \times 0,5) + 0,20$$

$$= 1,57 \text{ m}$$

Tinggi kolom potongan I bawah – 1200 mm (Lampiran 7

Gambar Detail Kolom)

$$\text{Jarak antar begel} = 100 \text{ mm}$$

$$\text{Jumlah begel} = \text{tinggi kolom potongan I bawah} / \text{jarak antar}$$

begel

$$= 1200 / 100$$

$$= 12 \text{ buah}$$

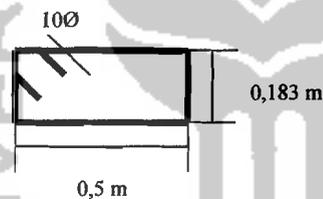
$$= 12 + 1 = 13 \text{ buah}$$

Berat besi P10 = 0,62 kg/m

$$\begin{aligned} \text{Volume begel dalam vertikal} &= \text{panjang begel} \times \text{jumlah begel} \\ &\quad \times \text{berat begel} \\ &= 1,57 \times 13 \times 0,62 \\ &= 12,62 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume begel pot I bawah} &= \text{volume begel dalam horizontal} + \\ &\quad \text{volume begel dalam vertikal} \\ &= 12,62 + 12,62 \\ &= 25,24 \text{ kg} \end{aligned}$$

(3). begel dalam potongan I atas (horizontal)



$$\begin{aligned} \text{a begel} &= \text{jarak tulangan} + (2 \times D25) \\ &= 0,133 + (2 \times 0,025) \end{aligned}$$

$$= 0,183 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{b begel} &= \text{h kolom} - (2 \times \text{tebal selimut beton}) \\ &= 0,6 - (2 \times 0,05) \\ &= 0,5 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang kait} &= 2 \times 10 \times P10 \\ &= 2 \times 10 \times 0,01 \\ &= 0,20 \text{ m} \end{aligned}$$

Panjang begel = keliling segi empat + panjang kait

$$= (2 \times 0,183) + (2 \times 0,5) + 0,20$$

$$= 1,57 \text{ m}$$

Tinggi kolom potongan I atas = 1200 mm (Lampiran 7

Gambar Detail Kolom)

Jarak antar begel = 100 mm

Jumlah begel = tinggi kolom potongan I atas / jarak antar

begel

$$= 1200 / 100$$

$$= 12 \text{ buah}$$

$$= 12 + 1 = 13 \text{ buah}$$

Berat besi P10 = 0,62 kg/m

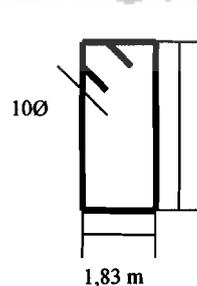
Volume begel dalam horizontal = panjang begel x jumlah

begel x berat begel

$$= 1,57 \times 13 \times 0,62$$

$$= 12,62 \text{ kg}$$

(4). begel dalam potongan I atas (vertikal)



$$a \text{ begel} = h \text{ kolom} - (2 \times \text{tebal selimut beton})$$

$$= 0,6 - (2 \times 0,05)$$

$$= 0,5 \text{ m}$$

$$b \text{ begel} = \text{jarak tulangan} + (2 \times D25)$$

$$= 0,133 + (2 \times 0,025)$$

$$= 0,183 \text{ m}$$

Panjang kait = 2 x 10 x P10

$$= 2 \times 10 \times 0,01$$

$$= 0,20 \text{ m}$$

Panjang begel = keliling segi empat + panjang kait

$$= (2 \times 0,183) + (2 \times 0,5) + 0,20$$

$$= 1,57 \text{ m}$$

Tinggi kolom potongan I atas = 1200 mm (Lampiran 7

Gambar Detail Kolom)

Jarak antar begel = 100 mm

Jumlah begel = tinggi kolom potongan I atas / jarak antar

begel

$$= 1200 / 100$$

$$= 12 \text{ buah}$$

$$= 12 + 1 = 13 \text{ buah}$$

Berat besi P10 = 0,62 kg/m

Volume begel dalam vertikal = panjang begel x jumlah begel

x berat begel

$$= 1,57 \times 13 \times 0,62$$

$$= 12,62 \text{ kg}$$

Volume begel pot I atas = volume begel dalam horizontal +

volume begel dalam vertikal

$$= 12,62 + 12,62$$

$$= 25,24 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume begel dalam} &= \text{volume begel pot I bawah} + \text{volume} \\
 &\quad \text{begel pot I atas} \\
 &= 25,24 + 25,24 \\
 &= 50,48 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan volume begel dalam kolom dari lantai dasar sampai dengan lantai 2 tipe kolom lainnya dengan dimensi yang sama, dapat dilihat pada Perhitungan Kebutuhan Besi Tulangan Begel Dalam Kolom (Lampiran 3.12 s/d 3.14) dengan tinggi potongan yang berbeda.

$$\begin{aligned}
 \text{Volume begel kolom K4} &= \text{volume begel luar} + \text{volume begel dalam} \\
 &= 62,74 + 50,48 \\
 &= 113,23 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan volume begel kolom dari lantai dasar sampai dengan lantai 2 tipe kolom lainnya dengan dimensi yang sama, dapat dilihat pada Rekapitulasi Kebutuhan Besi Tulangan Polos Kolom (Lampiran 3.16 s/d 3.17).

Perhitungan Total Berat Besi :

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah volume} &= \text{volume besi} + \text{volume begel} \\
 &= 323,40 + 76,26 \\
 &= 399,66 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total berat besi} &= \text{jumlah volume} / \text{volume beton} \\
 &= 399,66 / 1,48 \\
 &= 270,77 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan total berat besi kolom dari lantai dasar sampai dengan lantai 2 tipe kolom lainnya, dapat dilihat pada Perhitungan Total Berat Besi (Lampiran 3.17).

Harga satuan beton pada Proyek :

Harga upah dan bahan pada pekerjaan pembesian 1m³ beton /kg :

$$= \frac{\text{total berat besi} \times \text{koef. bhn} \times \text{harga bhn, upah, alat pek pembesian } 1\text{m}^3 \text{ beton}}{\text{Bahan dari B.O.W}}$$

$$= \frac{214,33 \times 1,1 \times \text{Rp. } 534.957,00}{100}$$

$$= \text{Rp. } 1.261.211,69$$

Harga satuan K4 pada lantai 2 :

$$= \text{harga upah, bahan, alat (pekerjaan pembesian } 1\text{m}^3 \text{ beton} + 1\text{m}^3 \text{ adukan beton } f'c \text{ 35} + \text{pekerjaan pembesian } 1 \text{ m}^3 \text{ beton /kg)}$$

$$= \text{Rp. } 819.100,00 + \text{Rp. } 350.550,00 + \text{Rp. } 1.261.211,69$$

$$= \text{Rp. } 2.430.861,69$$

Perhitungan harga satuan pada kolom desain akhir lainnya dengan f'c yang sama, dapat dilihat pada Harga Satuan Beton pada Proyek (Lampiran 4.1 s/d 4.2).

Rencana Anggaran Biaya (RAB) = volume beton x harga satuan

$$= 7,42 \times \text{Rp. } 2.430.861,69$$

$$= \text{Rp. } 18.027.270,30$$

Perhitungan rencana anggaran biaya pada kolom desain akhir lainnya dapat dilihat pada Rencana Anggaran Biaya (RAB) Kolom (Lampiran 4.2 s/d 4.3), dengan jumlah total anggaran biaya tiap lantai.

Untuk total Rencana Anggaran Biaya (RAB) Kolom adalah seperti ada tabel berikut :

Tabel. 5.5 Persentase Pengurangan Biaya Pekerjaan Kolom Beton Bertulang dari Desain Awal

Level	Desain Awal (fc 25)	Desain Akhir (fc 35)	Selisih Biaya (Δ)	Persentase %
Lantai Dasar	Rp. 203.357.255,33	Rp. 173.501.553,82	Rp. 29.855.701,51	15
Lantai 1	Rp. 167.876.832,91	Rp. 145.823.215,13	Rp. 22.053.617,78	13
Lantai 2	Rp. 165.283.680,08	Rp. 145.235.553,87	Rp. 20.048.126,21	12
Total Biaya	Rp. 536.517.768,32	Rp. 464.560.322,81	Rp. 71.957.445,50	13,4

Dari tabel di atas, dapat dijelaskan bahwa semakin tinggi lantai persentase pengurangan biaya semakin kecil. Hal ini disebabkan oleh kebutuhan tulangnya, yang semakin rendah lantainya tulangan yang dibutuhkan semakin banyak. Tulangan yang dibutuhkan kolom berguna untuk menahan beban yang ada pada kolom.

Sehingga pada desain akhir biaya yang diperlukan cukup hemat jika dibandingkan dengan desain awal. Walaupun pada desain akhir ada kenaikan mutu betonnya, tetapi harganya tidak mempengaruhi untuk menaikkan biaya .

5.3 Pengaruh Mutu Terhadap Perubahan Desain

Agar kapasitas beban kolom dapat ditingkatkan maka dapat digunakan beberapa cara. Diantaranya adalah dengan meningkatkan :

- a. Luas penampang beton
- b. Mutu beton
- c. Luas penampang baja
- d. Mutu baja

Rumus yang digunakan dalam perhitungan perencanaan tulangan kolom yaitu

$$: P_o = 0,85 f_c'(A_g - A_{st}) + A_{st} f_y$$

dimana,

P_o = kapasitas beban sentris maksimum

f_c' = mutu beton

A_g = luas bruto total penampang beton

A_{st} = luas total tulangan baja

f_y = mutu baja

Pada awalnya kolom didesain dengan menggunakan mutu beton f'_c 25 Mpa. Pada kolom ada batasan prosentase luas tulangan sebesar 3% terhadap luas penampang beton untuk mendekati kondisi *balanced*. Adanya batasan tersebut menyebabkan kolom kurang kuat untuk mendukung beban. Oleh karena itu mutu beton dinaikkan menjadi f'_c 35 Mpa untuk mencapai kapasitas beban kolom dengan pertimbangan mutu beton *ready mix* yang dihasilkan bisa dipertanggungjawabkan.

Berdasarkan penelitian di atas, dilakukan desain ulang dengan menaikkan mutu beton dari f'_c 25 Mpa menjadi f'_c 35 Mpa, yang diharapkan menunjukkan hasil dengan perubahan yang cukup signifikan. Perubahan besarnya kenaikan mutu beton tersebut diikuti dengan berubahnya jumlah tulangan yang menjadi berkurang.

Selanjutnya dilakukan perhitungan ulang dengan luas bruto total penampang beton (A_g), luas total tulangan baja (A_{st}), mutu baja (f_y), sesuai dengan desain akhir, dengan mutu beton yang berbeda yaitu f'_c 35 Mpa, maka

dapat diperoleh kapasitas beban sentris maksimum. Dengan mutu beton $f'c$ 35 Mpa hasil perhitungannya lebih besar dibandingkan dengan menggunakan mutu beton $f'c$ 25 Mpa. Dengan kata lain, pada desain akhir yang menggunakan $f'c$ 35 Mpa kapasitas beban sentris maksimumnya bertambah.

Contoh Perhitungan :

a). Desain Awal

Pada desain awal, dengan ketentuan : mutu beton $f'c$ 25 Mpa dan mutu baja f_y 400 Mpa.

1). Kolom Lantai Dasar, Tipe K1, Dimensi 600 x 600mm

Kolom ini berbentuk bujur sangkar dengan sisi-sisinya 600 x 600 mm.

$$\begin{aligned} \text{Luas Kolom (Ag)} &= b \text{ kolom} \times h \text{ kolom} \\ &= 600 \times 600 \\ &= 360.000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah besi (tulangan) kolom tipe K1 = 28 buah

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang baja (As1)} &= \frac{1}{4} \pi D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 25^2 \\ &= 490,63 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas total tulangan baja (Ast)} &= \text{jml besi} \times \text{luas penampang baja (As1)} \\ &= 28 \times 490,63 \text{ mm}^2 \\ &= 13.737,50 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Kapasitas beban sentris maks (Po)} = 0,85 \times f'c \times (Ag - Ast) + (Ast \times f_y)$$

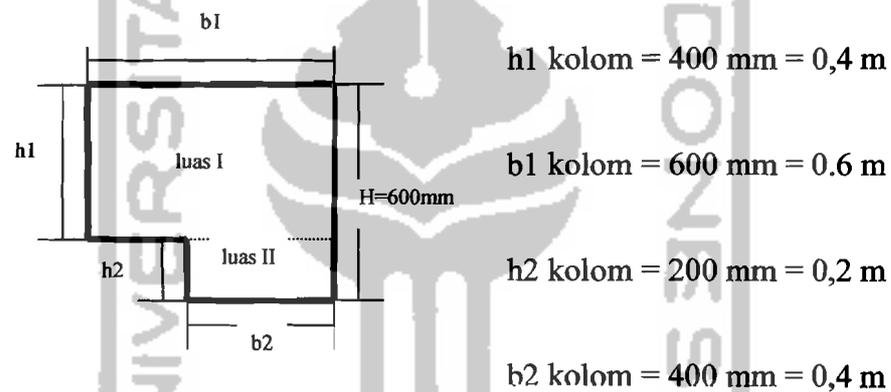
$$\begin{aligned}
 &= 0,85 \times 25 \times (360.000 - 13.737,50) \\
 &\quad + (13.737,50 \times 400) \\
 &= 13.145.000 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat Tabel.5.6 Perhitungan Kapasitas Beban Sentris Desain Awal.

2). Kolom Lantai Dasar, Tipe K8, Dimensi L 400 x 600 mm

Kolom ini mempunyai bentuk L, dengan dimensi kolom L

400 x 600 mm.



Luas Kolom (A_g) = luas I + luas II

$$= (h1 \times b1) + (h2 \times b2)$$

$$= (400 \times 600) + (200 \times 400)$$

$$= 320.000 \text{ mm}^2$$

Jumlah besi (tulangan) kolom tipe K8 = 22 buah

Luas penampang baja (A_{s1}) = $\frac{1}{4} \pi D^2$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 25^2$$

$$= 490,63 \text{ mm}^2$$

Luas total tulangan baja (A_{st}) = jml besi x luas penampang baja (A_{s1})

$$= 22 \times 490,63 \text{ mm}^2$$

$$= 10.793,75 \text{ mm}^2$$

$$\text{Kapasitas beban sentris maks (Po)} = 0,85 \times f'c \times (A_g - A_{st}) + (A_{st} \times f_y)$$

$$= 0,85 \times 25 \times (320.000 - 10.793,75)$$

$$+ (10.793,75 \times 400)$$

$$= 10.888.132,81 \text{ N}$$

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat Tabel 5.7 Perhitungan Kapasitas

Beban Sentris Desain Awal.

b). Desain Akhir

Pada desain akhir, dengan ketentuan : mutu beton $f'c$ 35 Mpa dan mutu baja f_y 400 Mpa.

1). Kolom Lantai Dasar, Tipe K1, Dimensi 600 x 600mm

Kolom ini berbentuk bujur sangkar dengan sisi-sisinya 600 x 600 mm.

$$\text{Luas Kolom (A}_g\text{)} = b \text{ kolom} \times h \text{ kolom}$$

$$= 600 \times 600$$

$$= 360.000 \text{ mm}^2$$

Jumlah besi (tulangan) kolom tipe K1 = 24 buah

$$\text{Luas penampang baja (A}_{s1}\text{)} = \frac{1}{4} \pi D^2$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 25^2$$

$$= 490,63 \text{ mm}^2$$

$$\text{Luas total tulangan baja (A}_{st}\text{)} = \text{jml besi} \times \text{luas penampang baja (A}_{s1}\text{)}$$

$$= 24 \times 490,63 \text{ mm}^2$$

$$= 11.775,00 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas beban sentris maks (Po)} &= 0,85 \times f'c \times (A_g - A_{st}) + (A_{st} \times f_y) \\ &= 0,85 \times 35 \times (360.000 - 11.775,00) \\ &\quad + (11.775,00 \times 400) \\ &= 15.420.000 \text{ N} \end{aligned}$$

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat Tabel. 5.8 Perhitungan Kapasitas Beban Sentris Desain Akhir.

Dari hasil perhitungan, kenaikan mutu beton berpengaruh pada kapasitas beban sentris maks (P_o) dan mengakibatkan besi tulangnya berkurang. Sehingga yang banyak berpengaruh pada kolom adalah mutu betonnya, sedangkan mutu bajanya sedikit/kurang berpengaruh.

Pada pengaruh perubahan desain terhadap mutu beton ini, analisis yang dilakukan tidak dapat dibuat umum (*general*). Hal ini dikarenakan perubahan desain hanya terjadi pada kolom. Dengan kata lain, struktur kolom berpengaruh besar terhadap beton.

Tabel 5.6
Perhitungan Kapasitas Beban Sentris Desain Awal

Level	Type	b Kolom (mm)	h Kolom (mm)	Luas Kolom (Ag) (mm ²)	Jumlah Besi (bh)	Luas Penampang Baja (As) (mm ²)	Luas Tot Tul. Baja (Ast) (mm ²)	Kapasitas Beban Sentris Maks. (Po) (N)
a	b	c	d	e = c*d	f	g = ¼ π D ²	h = f*g	i = 0,85*f*c*(e-h)+(h*fy)
L dsr	K1	600	600	360.000	28	490,63	13.737,50	13.145.000
	K2	600	600	360.000	32	490,63	15.700,00	13.930.000
	SEGI EMPAT K3	600	600	360.000	24	490,63	11.775,00	12.360.000
	K4	600	600	360.000	20	490,63	9.812,50	11.575.000
	K5	600	600	360.000	24	490,63	11.775,00	12.360.000
	K6	400	600	240.000	20	490,63	9.812,50	9.025.000
	K7	300	600	180.000	16	490,63	7.850,00	6.965.000
Lantai 1	K1	600	600	360.000	28	490,63	13.737,50	13.145.000
	K2	600	600	360.000	32	490,63	15.700,00	13.930.000
	SEGI EMPAT K3	600	600	360.000	24	490,63	11.775,00	12.360.000
	K4	600	600	360.000	20	490,63	9.812,50	11.575.000
	K5	600	600	360.000	24	490,63	11.775,00	12.360.000
	K6	400	600	240.000	20	490,63	9.812,50	9.025.000
	K7	300	600	180.000	16	490,63	7.850,00	6.965.000
Lantai 2	K1	600	600	360.000	24	490,63	11.775,00	12.360.000
	K3	600	600	360.000	20	490,63	9.812,50	11.575.000
	SEGI EMPAT K4	600	600	360.000	16	490,63	7.850,00	10.790.000
	K5	600	600	360.000	20	490,63	9.812,50	11.575.000
	K6	600	600	360.000	20	490,63	9.812,50	11.575.000
	K7	400	600	240.000	16	490,63	7.850,00	8.240.000

Tabel 5.7
Perhitungan Kapasitas Beban Sentris Desain Awal

Level	Tipe	h1 kolom (mm)	b1 kolom (mm)	h2 kolom (mm)	b2 kolom (mm)	Luas Kolom (Ag) (mm ²)	Jumlah Besi (bh)	Luas Penampang Baja (Ast) (mm ²)	Luas Tot Tul. Baja (Ast) (mm ²)	Kapasitas Beban Sentris Maks. (Po) (N)
a	b	c	d	e	f	$g=(c*d)+(e*f)$	h	$i = \frac{1}{4} \pi D^2$	$j = h*i$	$i = 0,85*f*c*(g-j)+(j*f*y)$
L dsr	K8	400	600	200	400	320.000	22	490,63	10.793,75	10.888.132,81
L	K9	300	600	300	300	270.000	18	490,63	8.831,25	9.082.335,94
Lantai 1	K8	400	600	200	400	320.000	22	490,63	10.793,75	10.888.132,81
L	K9	300	600	300	300	270.000	18	490,63	8.831,25	9.082.335,94
Lantai 2	K8	400	600	200	400	320.000	22	490,63	10.793,75	10.888.132,81
L	K9	300	600	300	300	270.000	18	490,63	8.831,25	9.082.335,94

Tabel 5.8
Perhitungan Kapasitas Beban Sentris Desain Akhir

Level	Type	b Kolom (mm)	h kolom (mm)	Luas Kolom (Ag) (mm ²)	Jumlah Besi (bh)	Luas Penampang Baja (As) (mm ²)	Luas Tot Tul. Baja (Ast) (mm ²)	Kapasitas Beban Sentris Maks. (Po) (N)	
a	b	c	d	e = c*d	f	g = $\frac{1}{4} \pi D^2$	h = f*g	i = $0,85 * f_c * (e-h) + (h * f_y)$	
L dsr	K1	600	600	360.000	24	490,63	11.775,00	15.420.000	
	K2	600	600	360.000	24	490,63	11.775,00	15.420.000	
	SEGI EMPAT	K3	600	600	360.000	20	490,63	9.812,50	14.635.000
		K4	600	600	360.000	16	490,63	7.850,00	13.850.000
		K5	600	600	360.000	20	490,63	9.812,50	14.635.000
		K6	400	600	240.000	16	490,63	7.850,00	10.280.000
		K7	300	600	180.000	12	490,63	5.887,50	7.710.000
Lantai 1	K1	600	600	360.000	24	490,63	11.775,00	15.420.000	
	K2	600	600	360.000	24	490,63	11.775,00	15.420.000	
	SEGI EMPAT	K3	600	600	360.000	20	490,63	9.812,50	14.635.000
		K4	600	600	360.000	16	490,63	7.850,00	13.850.000
		K5	600	600	360.000	20	490,63	9.812,50	14.635.000
		K6	400	600	240.000	16	490,63	7.850,00	10.280.000
		K7	300	600	180.000	12	490,63	5.887,50	7.710.000
Lantai 2	K1	600	600	360.000	20	490,63	9.812,50	14.635.000	
	K3	600	600	360.000	16	490,63	7.850,00	13.850.000	
	SEGI EMPAT	K4	600	600	360.000	12	490,63	5.887,50	13.065.000
		K5	600	600	360.000	20	490,63	9.812,50	14.635.000
		K6	600	600	360.000	16	490,63	7.850,00	13.850.000
		K7	400	600	240.000	12	490,63	5.887,50	9.495.000

Tabel 5.9
Perhitungan Kapasitas Beban Sentris Desain Akhir

Level	Tipe	h1 kolom (mm)	b1 kolom (mm)	h2 kolom (mm)	b2 kolom (mm)	Luas Kolom (Ag) (mm ²)	Jumlah Besi (bh)	Luas Penampang Baja (Asi) (mm ²)	Luas Tot Tul. Baja (Ast) (mm ²)	Kapasitas Beban Sentris Maks. (Po) (N)
a	b	c	d	e	f	$g=(c*d)+(e*f)$	h	$i = \frac{1}{4} \pi D^2$	$j = h*i$	$i = 0,85*f*c*(g-j)+(j*f*y)$
L dsr	K8	400	600	200	400	320.000	22	490,63	10.793,75	13.516.385,94
L	K9	300	600	300	300	270.000	18	490,63	8.831,25	11.302.270,31
Lantai 1	K8	400	600	200	400	320.000	22	490,63	10.793,75	13.516.385,94
L	K9	300	600	300	300	270.000	18	490,63	8.831,25	11.302.270,31
Lantai 2	K8	400	600	200	400	320.000	22	490,63	10.793,75	13.516.385,94
L	K9	300	600	300	300	270.000	18	490,63	8.831,25	11.302.270,31

5.4 Pengaruh Waktu Terhadap Perubahan Desain

Pada pembangunan Gedung Laboratorium Kedokteran Umum UMY, khususnya pekerjaan kolom di laksanakan dari tanggal 27 Agustus s/d 16 Desember 2004, dengan waktu pelaksanaan sebagai berikut :

Tabel 5.10 Waktu Pelaksanaan Pekerjaan

Item Pekerjaan	Lantai Dasar	Lantai 1	Lantai 2
PEMBESIAN	24 hari	6 hari	12 hari
BEKISTING :			
Fabrikasi dan Pasang	24 hari	12 hari	18 hari
Bongkar	12 hari	12 hari	12 hari
PENGECORAN	18 hari	12 hari	6 hari

Untuk mengetahui perbedaan waktu yang diperlukan antara desain awal dengan desain akhir, maka dapat dihitung melalui Lampiran 5 Perhitungan Waktu untuk Pekerjaan Kolom pada tiap – tiap item pekerjaan kolom sesuai dengan total volume masing – masing kolom serta presentase pekerjaan yang telah diselesaikan di lapangan. Pada tipe kolom yang sama, dengan tinggi kolom berbeda, total volumenya berbeda pada tiap – tiap lantai. Begitu juga dengan presentase hasil pekerjaan.

Contoh perhitungan :

- a. Pekerjaan pembesian kolom tipe K1 lantai dasar (27 Agst s/d 2 Sept 2004, yaitu 6 hari)

- 1). Desain Akhir

$$\text{Total volume} = 5.673,44 \text{ kg}$$

Persentase hasil pekerjaan = 40 %

Volume hasil pekerjaan = total volume x persentase hasil pekerjaan

$$= 5.673,44 \times 40 \%$$

$$= 2.269,38 \text{ kg}$$

Produktivitas pekerja tiap kolom / hari = $\frac{\text{volume hasil pekerjaan}}{6 \text{ hari}}$

$$= \frac{2.269,38}{6}$$

$$= 378,23 \text{ kg/hari}$$

Perhitungan produktivitas pekerja tiap kolom perhari pada pekerjaan pembesian tipe kolom yang lain, dalam setiap tahapnya dapat dilihat pada (Lampiran 5.17 s/d 5.20) Pekerjaan Pembesian Kolom.

2). Desain Awal

Total volume = 6.499,96 kg

Persentase hasil pekerjaan = 40 %

Volume hasil pekerjaan = total volume x persentase hasil pekerjaan

$$= 6.499,96 \times 40 \%$$

$$= 2.599,98 \text{ kg}$$

Karena hanya desain akhir yang dilaksanakan di lapangan, maka untuk mengetahui perkiraan waktu yang diperlukan pekerjaan pembesian kolom pada desain awal adalah membagi volume hasil pekerjaan desain awal dengan produktivitas pekerja tiap kolom / hari pada desain akhir.

$$\begin{aligned}
 \text{Waktu} &= \frac{\text{volume hasil pekerjaan desain awal}}{\text{produktivitas pekerja pada desain akhir}} \\
 &= \frac{2.599,98 \text{ kg}}{378,23 \text{ kg/hari}} \\
 &= 6,87 \approx 7 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

Perhitungan waktu yang diperlukan pekerjaan pembesian kolom pada desain awal tipe kolom yang lain dalam setiap tahapnya dapat dilihat pada Pekerjaan Pembesian Kolom (Lampiran 5.1 s/d 5.3).

Jadi, waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan pembesian kolom pada :

desain akhir = 6 hari

desain awal = 7 hari

Pada pelaksanaannya, proyek menggunakan desain akhir.

- b. Pekerjaan bekisting kolom K1 lantai dasar (27 Agst s/d 23 Sept 2004, yaitu 6 hari)

Karena total volume bekisting pada pekerjaan kolom antara desain akhir dan desain awal sama, maka waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan bekistingnya tetap yaitu 6 hari. Perhitungan produktivitas pekerja tiap kolom perhari pada pekerjaan bekisting tipe kolom yang lain, dalam setiap tahapnya dapat dilihat pada Pekerjaan Bekisting Kolom (Lampiran 5.5 s/d 5.13).

c. Pekerjaan cor kolom K1 lantai dasar (3 s/d 23 Sept 2004, yaitu 6 hari)

Karena total volume cor pada pekerjaan kolom antara desain akhir dan desain awal sama, maka waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan pengecorannya tetap yaitu 6 hari. Perhitungan produktivitas pekerja tiap kolom perhari pada pekerjaan cor tipe kolom yang lain, dalam setiap tahapnya dapat dilihat pada Pekerjaan Cor Kolom (Lampiran 5.14 s/d 5.16) .

Dari hasil perhitungan waktu di atas, dapat disimpulkan bahwa akibat terjadinya perubahan desain pada kolom maka terjadi pula adanya percepatan waktu. Yaitu selisih waktu 1 hari antara desain awal dengan desain akhir.

Menurut item pekerjaan setiap harinya, sesuai dengan hasil wawancara di lapangan diperoleh jumlah pekerja sebagai berikut :

Tabel 5.11 Hasil Wawancara Jumlah Pekerja

Item Pekerjaan	Jumlah pekerja (orang/hari)	jumlah kolom (buah)
Pembesian	4	4
Bekisting	5	3
Pengecoran	10	6

Dari tabel tersebut, produktivitas pekerja pada pekerjaan kolom per orangnya tidak dapat dianalisis, karena persentase hasil pekerjaan tiap minggunya berbeda – beda meskipun jumlah pekerja perharinya dan jumlah kolom hasil pekerjaannya diketahui.

5.5 Tinjauan Faktor – faktor Yang Mempengaruhi Perubahan Desain

Untuk mengetahui faktor – faktor yang mempengaruhi perubahan desain pada kolom, maka penelitian ini dilakukan dengan cara wawancara/interview terhadap tim perencana struktur, dengan hasil wawancara sebagai berikut :

1. Faktor Kelengkapan Gambar Desain

Perubahan yang terjadi pada gambar desain awal penulangan kolom, tidak dipengaruhi oleh adanya faktor kelengkapan gambar desain. Karena menurut perencana stuktur, gambar desain sudah lengkap.

2. Faktor Kesesuaian Desain Dengan Kondisi Lokasi Proyek

Proyek berlokasi di Kampus Terpadu Universitas Muhammadiyah Yogyakarta (UMY), Taman Tirta, Kasihan, Bantul. Kondisi lokasi tersebut tidak bermasalah. Sehingga perubahan desain tidak dipengaruhi oleh faktor kesesuaian desain dengan kondisi lokasi proyek.

3. Faktor Kesesuaian Desain Dengan Standar Yang Berlaku

Desain akhir dari perubahan desain awal sudah sesuai dengan standar yang berlaku. Jadi, faktor kesesuaian desain dengan standar yang berlaku tidak berpengaruh terhadap perubahan desain pada penulangan kolom.

4. Faktor Permintaan Pimpinan Proyek

Perubahan desain yang terjadi pada penulangan kolom diinginkan oleh pimpinan proyek atas dasar permintaan arsitek untuk mengurangi jumlah tulangan dan menaikkan mutu beton dari $f'c = 25$ Mpa

menjadi $f'c = 35$ Mpa. Dengan adanya kenaikan mutu beton tersebut diharapkan mencapai kapasitas beban kolom, sehingga mutu beton *ready mix* yang dihasilkan bisa dipertanggungjawabkan. Oleh karena itu, faktor permintaan pimpinan proyek berpengaruh terhadap perubahan desain pada penulangan kolom.

5. Faktor Persyaratan Dari Setiap Data Terhadap Desain

Baik desain awal maupun desain akhir penulangan kolom, sudah memenuhi persyaratan dari tiap – tiap data yang berhubungan dengan penulangan kolom tersebut. Sehingga perubahan desain yang terjadi tidak dipengaruhi oleh faktor persyaratan dari per data terhadap desain.

6. Faktor Kesesuaian Antara Gambar Desain Dengan RKS (Rencana Kerja Syarat)

Dalam RKS pasal 5 tentang perbedaan RKS dan gambar, tercantum ketentuan bahwa bila terdapat perbedaan antara gambar rencana dan RKS, maka yang mengikat/berlaku adalah yang tercantum dalam RKS. Selanjutnya bila dalam RKS tercantum, sedangkan dalam gambar rencana tidak tertera, maka yang mengikat/berlaku adalah yang tercantum di dalam RKS, begitu pula sebaliknya. Perubahan desain yang terjadi sudah sesuai dengan pasal 5 RKS tersebut. Oleh karena itu, faktor kesesuaian antara gambar desain dengan RKS tidak berpengaruh terhadap perubahan desain.

7. Faktor Kesesuaian Desain Dengan Kondisi Air Tanah Di Lokasi Proyek

Kondisi air tanah di lokasi proyek sudah sesuai dengan desain yang direncanakan maupun desain yang sudah dilaksanakan. Hal ini didukung dengan adanya pengujian air tanah melalui test Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Muhammadiyah Yogyakarta (UMY). Sehingga faktor ini tidak berpengaruh terhadap perubahan desain pada penulangan kolom.

8. Faktor Pondasi Di Lapangan

Perubahan desain yang terjadi adalah pada penulangan kolom. Jumlah tulangan pada desain awal kolom maupun desain akhir kolom berbeda (untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada lampiran bagian detail kolom). Berapapun jumlah tulangannya, pondasi yang dipakai tetap sama. Pada proyek ini, menggunakan pondasi tiang pancang. Jadi, perubahan desain yang terjadi tidak dipengaruhi oleh adanya faktor pondasi di lapangan.

9. Faktor Bahan Bangunan

Diameter tulangan yang dipakai pada pembesian kolom adalah sama yaitu D25, sedangkan mutu yang tadinya $f'c = 25$ Mpa menjadi $f'c = 35$ Mpa yang mengakibatkan jumlah tulangannya berkurang. Sehingga dapat mengurangi biaya pembesian pada bahan bangunan. Dengan kata lain, desain awal lebih boros daripada desain akhir. Oleh karena itu perlu diadakan perubahan pada mutu yang nantinya akan berpengaruh pada

pembesian kolom. Jadi, faktor bahan bangunan mempunyai pengaruh terhadap perubahan desain.

10. Faktor Perubahan Guna Bangunan

Meskipun terjadi perubahan pada penulangan kolom, guna bangunan tetap sama yaitu Laboratorium Fakultas Kedokteran Umum UMY. Oleh karena itu, perubahan guna bangunan tidak berpengaruh terhadap perubahan desain pada penulangan kolom yang terjadi.

11. Faktor Kesesuaian Desain Dengan Perkiraan Volume Pekerjaan

Besarnya volume pekerjaan pada setiap tipe kolom berbeda – beda. Tetapi pada desain awal dan desain akhir penulangan kolom volume pekerjaannya sama. Karena tipe kolom antara keduanya juga sama. Jadi, faktor kesesuaian desain dengan perkiraan volume pekerjaan tidak berpengaruh terhadap perubahan desain.

12. Faktor Kesalahan Informasi Dalam Proses Desain

Menurut perencana struktur, di dalam proses suatu desain terutama pada kolom informasi yang disampaikan oleh pihak perencana terhadap pihak pelaksana tidak terdapat kesalahan. Oleh karena itu, alasan ini tidak dapat dijadikan faktor yang mempengaruhi perubahan desain.

13. Faktor Kemudahan Dalam Pelaksanaan

Pada desain awal, tulangan kolom yang digunakan terlalu banyak, sehingga jarak antar tulangnya terlalu rapat. Oleh karena itu perlu adanya pengurangan jumlah tulangan. Alasan pengurangan jumlah tulangan pada desain akhir penulangan kolom adalah untuk mempermudah

pemasangan tulangan kolom. Maka hal ini bisa dijadikan faktor terjadinya perubahan desain.

Dari ke 13 faktor di atas dapat disimpulkan menjadi, sebagai berikut :

Tabel. 5.12 Faktor – faktor Yang Mempengaruhi Perubahan Desain

NO	FAKTOR-FAKTOR	KETERANGAN
1	Kelengkapan Gambar Desain	Tidak Berpengaruh
2	Kesesuaian Desain Dengan Kondisi Lokasi Proyek	Tidak Berpengaruh
3	Kesesuaian Desain dengan standar yang berlaku	Tidak Berpengaruh
4	Permintaan pimpinan proyek (untuk merubah desain karena sesuatu alasan)	Berpengaruh
5	Persyaratan dari per data terhadap desain	Tidak Berpengaruh
6	Kesesuaian antara gambar desain dengan RKS	Tidak Berpengaruh
7	Kesesuaian desain dengan kondisi air tanah di lokasi proyek	Tidak Berpengaruh
8	Pondasi di lapangan	Tidak Berpengaruh
9	Bahan bangunan	Berpengaruh
10	Perubahan guna bangunan	Tidak Berpengaruh
11	Kesesuaian desain dengan perkiraan volume pekerjaan	Tidak Berpengaruh
12	Kesalahan informasi dalam proses desain	Tidak Berpengaruh
13	Kemudahan dalam pelaksanaan	Berpengaruh

Dari hasil wawancara di atas, faktor – faktor yang mempengaruhi perubahan desain hanya terjadi pada proyek Gedung Laboratorium Kedokteran Umum UMY.