

BAB V

ANALISIS DATA PENELITIAN

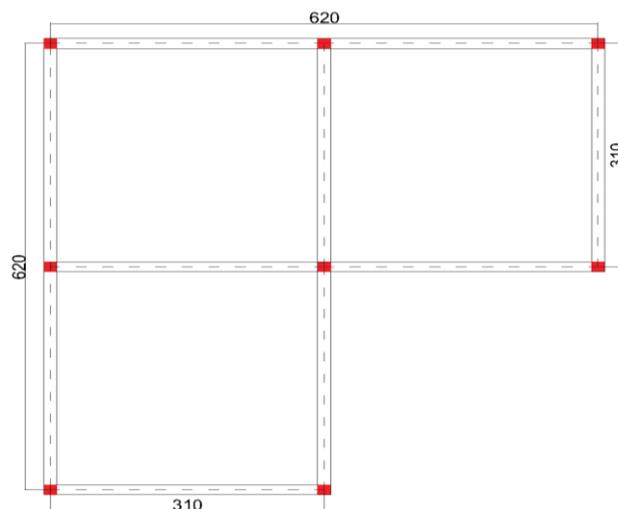
5.1 Umum

Demi terlaksananya struktur bangunan rumah tinggal yang kuat dan kokoh maka diperlukan perhitungan dan perencanaan yang teliti. Perencanaan ini digunakan sebagai acuan pelaksanaan guna mengendalikan sekaligus mengontrol tercapai dan terpenuhinya 3 indikator utama yaitu biaya, mutu, dan waktu dari sebuah proyek rumah tinggal sehingga pembangunan yang dilakukan menjadi lebih efektif, efisien, dan terukur.

Pada bab ini akan diuraikan perencanaan dan perhitungan struktur rangka bangunan rumah yang meliputi komponen ring, kolom, dan sloof dengan sistem konvensional yang didesain sebagai pembanding dari proyek rumah yang dilakukan dengan rumah sistem RISHA pada relokasi di Bantul dengan menyamakan kekuatan material yang ditinjau dari segi mutu beton dan tegangan leleh baja yang digunakan.

5.2 Desain Bangunan

Desain rumah yang digunakan studi kasus dalam penelitian ini adalah rumah tinggal sederhana 1 lantai tipe-L dengan luas bangunan 27 m² dan luas tanah 100 m² (10 x 10 m) pada proyek relokasi rumah ancaman tanah longsor di Bantul. Analisis difokuskan untuk menghitung biaya dan waktu pekerjaan struktur rangka rumah sistem konvensional dan rumah sistem RISHA yang selanjutnya akan dibandingkan keduanya. Gambar denah bangunan rumah tinggal sederhana pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 5.1.



Gambar 5.1 Denah Bangunan Rumah

5.3 Data Proyek

Data proyek rumah sistem RISHA yang diperoleh akan dianalisis dan diolah kembali sebagai acuan perencanaan rumah sistem konvensional sehingga dapat diketahui bagaimana perbandingan biaya dan waktu dari kedua sistem tersebut.. Penentuan harga upah dan material rumah sistem konvensional diambil berdasarkan Standardisasi Harga Barang dan Jasa (SHJB) Kabupaten Bantul tahun 2017.

Data proyek rumah sistem RISHA yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Proyek : Relokasi Rumah Ancaman Tanah Longsor di Desa Wonolelo Kabupaten Bantul Tahun 2016
2. Pemilik : Rumah Bapak Ngadirin
3. Lokasi : Dusun Mojosari, Wonolelo, Kabupaten Bantul
4. Luas : Bangunan 27 m² dan tanah 100 m²
5. Pelaksana : Pemerintah Kabupaten dan BPBD Kabupaten Bantul
6. Durasi : Pekerjaan perakitan panel selama 12 jam
7. Tenaga Kerja : 4 orang

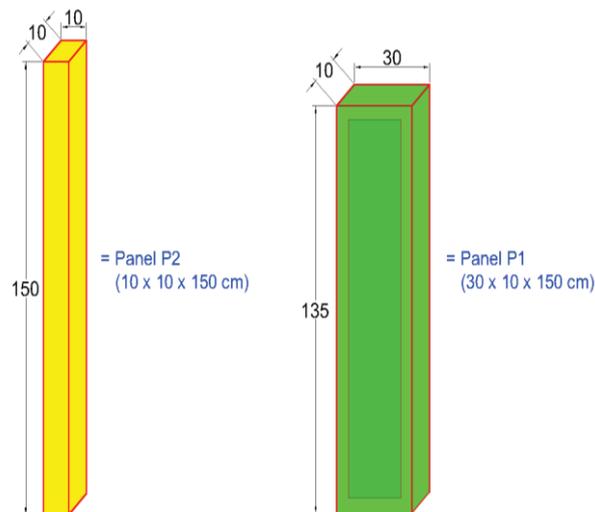
5.4 Perencanaan Struktur Rangka Rumah Sistem RISHA

Dalam *sub* bab ini termuat analisis perencanaan struktur rangka rumah dengan rumah sistem RISHA sehingga diketahui berapa jumlah masing-masing komponen penyusun yang dibutuhkan. Kebutuhan jumlah masing-masing komponen rumah sistem RISHA disesuaikan dengan ukuran bangunan, tipe, dan bentuk rumah yang akan dibangun. Selanjutnya akan dihitung besarnya biaya pelaksanaan yang diperlukan.

5.4.1 Desain Dan Komponen Penyusun

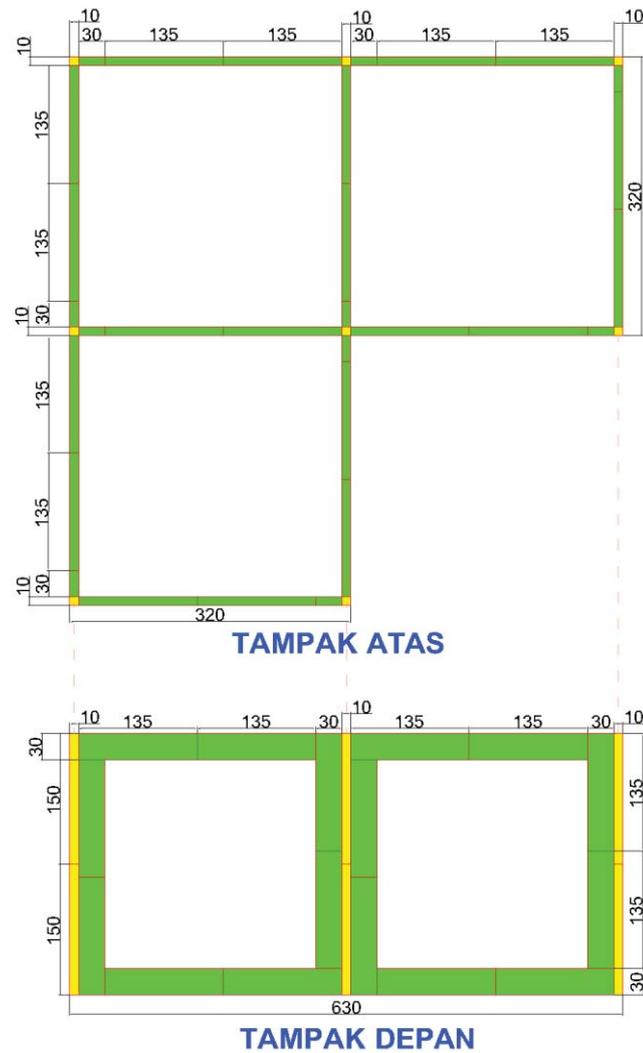
a. Gambar Desain

Pengaplikasian sistem rumah sistem RISHA pada struktur rangka bangunan menggunakan kombinasi panel-panel P1 dan P2 yang dirakit dan disusun sebagai pengganti struktur kolom, ring, dan sloof dengan ukuran modular panjang, lebar, dan tinggi yaitu 3 x 3 x 3 m sehingga membentuk satu kesatuan struktur yang kokoh. Detail dimensi komponen penyusun rangka rumah sistem RISHA dari hasil pengamatan peneliti dapat dilihat pada Gambar 5.2.

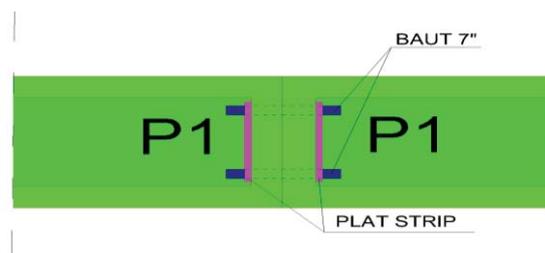


Gambar 5.2 Detail Panel P1 dan P2 Hasil Pengembangan Tahun 2006

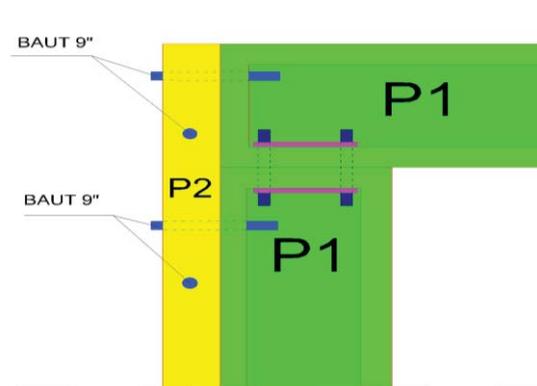
Detail penyusunan dan pembautan untuk mendirikan struktur rangka rumah sistem RISHA dapat dilihat pada Gambar 5.3 sampai Gambar 5.6.



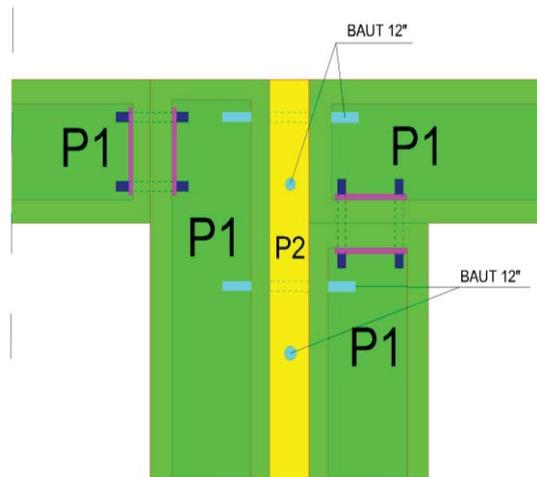
Gambar 5.3 Susunan Panel Rumah Sistem RISHA Tampak Atas dan Tampak Depan



Gambar 5.4 Pemasangan Baut 7" dan Plat Strip



Gambar 5.5 Pemasangan Baut 9''



Gambar 5.6 Pemasangan Baut 12''

b. Komponen Penyusun

Struktur rangka bangunan rumah tipe 27 seperti pada Gambar 5.2 tersusun oleh beberapa komponen yaitu :

1. Panel P1 (30 x 10 x 135 cm) sebanyak 80 buah, digunakan sebagai ring, kolom, dan sloof.
2. Panel P2 (10 x 10 x 150 cm) sebanyak 16 buah, digunakan sebagai kolom sekaligus penghubung Panel P1 pada siku bangunan.
3. Mur dan baut $\varnothing 0,5'' \times 7''$ (17,78 cm) sebanyak 160 unit, dipasang sebagai penyambung dan pengikat antar pertemuan panel P1.

4. Mur dan baut Ø0,5" x 9" (22,86 cm) sebanyak 72 unit, digunakan sebagai penyambung dan pengikat antar pertemuan panel P1 dan P2.
5. Mur dan baut Ø0,5" x 12" (30,48 cm) sebanyak 24 unit, digunakan sebagai penyambung dan pengikat pertemuan antara P1-P2-P1.
6. Besi plat strip 15 cm, tebal 1,2 mm sebanyak 160 buah, dipasang sebagai pengikat 2 buah baut 7" yang sejajar.

5.4.2 Perhitungan Anggaran Biaya Rumah Sistem RISHA

Harga komponen rumah sistem RISHA yang digunakan dalam perhitungan diambil berdasarkan Surat Perintah Kerja (SPK) nomor 6/PPK-Relokasi/BPBD2016, sedangkan harga upah borongan pekerja diambil berdasarkan SHBJ Kabupaten Bantul tahun 2017.

a. Harga Komponen Material

Harga komponen rumah sistem RISHA berdasarkan SPK nomor 6/PPK-Relokasi/BPBD2016 dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Harga Komponen Rumah Sistem RISHA

No	Nama Barang	Satuan	Harga Satuan (Rp)
1	Konstruksi panel		
	a. Panel P1	bh	170.500,00
	b. Panel P2	bh	138.000,00
2	Baut		
	a. Ø0,5" x 7"	unit	4.500,00
	b. Ø0,5" x 9"	unit	5.000,00
	c. Ø0,5" x 12"	unit	5.500,00
3	Besi Plat		
	a. 15 cm - 1,2mm	bh	4.500,00

Harga Komponen = jumlah komponen x harga satuan

1. Panel P1 = jumlah komponen panel P1 x harga satuan panel P1
 = 80 x Rp170.500,00
 = Rp13.640.000,00

2. Panel P2	= jumlah komponen panel P2 x harga satuan panel P2 = 16 x Rp138.000,00 = Rp2.208.000,00
3. Baut Ø0,5" x 7"	= jumlah komponen baut x harga satuan baut = 160 x Rp4.500,00 = Rp720.000,00
4. Baut Ø0,5" x 9"	= jumlah komponen baut x harga satuan baut = 72 x Rp5.000,00 = Rp360.000,00
5. Baut Ø0,5" x 12"	= jumlah komponen baut x harga satuan baut = 24 x Rp5.500,00 = Rp132.000,00
6. Plat Strip	= jumlah plat strip x harga satuan plat strip = 160 x Rp4.500,00 = Rp720.000,00
Total harga komponen	= Rp13.640.000,00 + Rp2.208.000,00 + Rp720.000,00 + Rp360.000,00 + Rp132.000,00 + Rp720.000,00 = Rp17.780.000,00

b. Upah Pekerja

Karena proyek ini merupakan proyek swadaya mandiri sekaligus sosialisasi rumah tahan gempa maka 4 orang tenaga yang terlibat dalam perakitan panel-panel rumah sistem RISHA adalah pemilik rumah yang direlokasi itu sendiri, dibantu dan diawasi oleh tenaga ahli dari BPBD Kabupaten Bantul. Para pemilik rumah hasil relokasi merupakan tenaga ahli yang sudah dilatih sebelumnya oleh BPBD Kabupaten Bantul. Upah borongan dan durasi perakitan diambil berdasarkan Berita Acara Percepatan Perakitan Rumah Panel RISHA tahun 2016 yaitu sebesar Rp100.000,00 per hari, sedangkan durasi perakitan panel-panel rumah sistem RISHA dikerjakan selama 12 jam yang dihitung selama 2 hari kerja.

Total upah pekerja untuk 4 orang selama 2 hari yang diperlukan untuk pekerjaan perakitan rumah sistem RISHA adalah sebesar **Rp800.000,00**

Rekapitulasi hasil perhitungan biaya upah pekerja dan rekapitulasi biaya komponen rumah sistem RISHA dapat dilihat pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Rekapitulasi Biaya Rumah Sistem RISHA

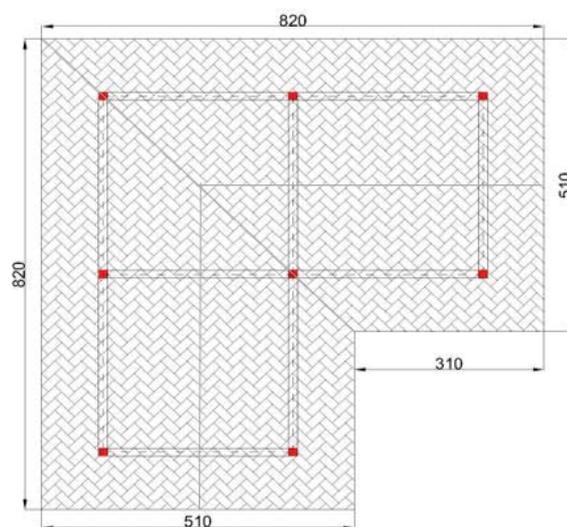
No	Keterangan	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah	Total Harga (Rp)
1	Konstruksi panel				
	a. Panel P1	bh	170.500,00	80	13.640.000,00
	b. Panel P2	bh	138.000,00	16	2.208.000,00
2	Baut				
	a. Ø0,5" x 7"	unit	4.500,00	160	720.000,00
	b. Ø0,5" x 9"	unit	5.000,00	72	360.000,00
	c. Ø0,5" x 12"	unit	5.500,00	24	132.000,00
3	Besi Plat				
	a. 15 cm - 1,2mm	bh	4.500,00	160	720.000,00
4	Upah borongan	OH	100.000,00	8	800.000,00
				TOTAL	18.580.000,00

5.5 Perencanaan Struktur Rangka Sistem Konvensional

5.5.1 Perhitungan Pembebanan

a. Beban Mati (qD)

Beban mati diambil dari beban sendiri struktur atap. Berat struktur penutup atap genteng dengan reng dan usuk yang dipakai dalam perencanaan sebesar 50 kg/m^2 (PPPURG 1987). Luas atap bangunan dihitung dengan melebihi sisi luar bangunan sebesar 1 m untuk *over hang*/tritisan dan kemiringan atap yang digunakan sebesar 30° seperti pada Gambar 5.7.



Gambar 5.7 Detail Luasan Atap

$$\begin{aligned}
 qD &= \text{beban mati atap} \times \text{luas atap} \\
 &= 50 \times \left(2 \times \frac{(8,2+3,1) \times 5,89}{2} \right) \\
 &= 3.327,85 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

b. Beban Hidup (qL)

Beban hidup diambil dari beban hidup atap sebesar $0,96 \text{ kN/m}^2$ atau sebesar 100 kg/m^2 (SNI-1727-2013).

$$\begin{aligned}
 qL &= \text{beban hidup atap} \times \text{luas bangunan} \\
 &= 100 \times 27 \\
 &= 2.700 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

c. Kombinasi Beban Ultimit (qU)

Beban ultimit (qU) yang didapatkan dari perhitungan di bawah ini selanjutnya diinput kedalam program SAP 2000 sebagai beban desain yang akan dipikul oleh struktur rangka.

$$\begin{aligned} qU &= 1,2 qD + 1,6 qL \\ &= 1,2 \times 3.327,85 + 1,6 \times 2.700 \\ &= 8.313,42 \text{ kg} \end{aligned}$$

5.5.2 Perhitungan Analisis dan Desain Portal

Analisis struktur diperoleh dari hasil *output* aplikasi SAP 2000 dengan permodelan struktur rangka portal *open frame* dengan kriteria desain sebagai berikut:

1. Mutu beton (f_c') = 25 MPa, beton K300 (disetarakan produk rumah sistem RISHA)
2. Mutu baja (f_y) = 240 MPa (disetarakan produk rumah sistem RISHA)
3. Asumsi Tumpuan = jepit
4. Perencanaan dimensi = b (mm) x h (mm)
 - Dimensi kolom = 150 mm x 150 mm
 - Dimensi ring balok = 150 mm x 200 mm

a. Desain Struktur Ring Balok

Ring balok didesain seragam, dihitung dari momen desain terbesar. Momen desain didapatkan dari analisis menggunakan aplikasi SAP 2000. Data-data yang digunakan dalam desain ring balok adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} f_c' &= 25 \text{ MPa} \\ f_y &= 240 \text{ MPa} \\ E_s &= 200.000 \text{ MPa} \\ \beta_1 &= 0,85 \\ \epsilon_{cu} &= 0,003 \\ P_b &= 40 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$M^- = 4,58 \text{ kNm}$$

$$M^+ = 3,28 \text{ kNm}$$

$$\text{Tulangan pokok} = \varnothing 12 \text{ mm}$$

$$\text{Tulangan sengkang} = \varnothing 8 \text{ mm}$$

1. Estimasi Dimensi :

$$\begin{aligned} h &= \frac{1}{12}L - \frac{1}{16}L, \text{ dipakai } \frac{1}{16}L \\ &= \frac{1}{16} \times 3100 \\ &= 193,75 \text{ mm}, \text{ dipakai } 200 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b &= \frac{1}{2}h - \frac{2}{3}h, \text{ dipakai } \frac{2}{3}h \\ &= \frac{2}{3} \times 200 \\ &= 133,33 \text{ mm}, \text{ dipakai } 150 \text{ mm} \end{aligned}$$

Sehingga dimensi ring balok yang dipakai $h = 200 \text{ mm}$ dan $b = 150 \text{ mm}$.

2. Diasumsikan menggunakan 1 lapis tulangan

$$b = 150 \text{ mm}$$

$$h = 200 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} ds &= Pb + \varnothing_s + \frac{\varnothing D}{2} \\ &= 40 + 8 + \frac{12}{2} \\ &= 54 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d &= h - ds \\ &= 200 - 54 \\ &= 146 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\varepsilon_y = \frac{f_y}{E_s}$$

$$= \frac{240}{200.000}$$

$$= 0,0012$$

$$cb = \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} + \varepsilon_y} \times d$$

$$= \frac{0,003}{0,003 + 0,0012} \times 146$$

$$= 104,29 \text{ mm}$$

Karena asumsi tulangan 1 lapis maka $dt = d$ dan $\varepsilon_{CCL} = \varepsilon_y$

$$\text{As maks} = \frac{0,85 \times 3 \times \beta_1 \times f_c'}{7 \times f_y} \times (b \times d)$$

$$= \frac{0,85 \times 3 \times 0,85 \times 25}{7 \times 240} \times (150 \times 146)$$

$$= 706,37 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{As \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b}$$

$$= \frac{706,37 \times 240}{0,85 \times 25 \times 150}$$

$$= 53,19 \text{ mm}$$

$$Mn1 = (0,85 \times f_c' \times a \times b) \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$= (0,85 \times 25 \times 53,19 \times 150) \times \left(d - \frac{53,19}{2}\right)$$

$$= 20,24 \text{ kNm}$$

$$\text{As min1} = \frac{\sqrt{f_c'}}{4f_y} \times b \times d$$

$$= \frac{\sqrt{25}}{4 \times 240} \times 150 \times 146$$

$$= 114,06 \text{ mm}^2$$

$$\text{As min2} = \frac{1,4}{f_y} \times b \times d$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1,4}{240} \times 150 \times 146 \\
 &= 127,75 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Untuk As min diambil yang paling besar yaitu 127,75 mm²

4. Desain tulangan tumpuan, asumsi reduksi $\phi = 0,9$

$$Mu^- = 4,58 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned}
 Mn &= \frac{Mu^-}{\phi} \\
 &= \frac{4,58}{0,9} \\
 &= 5,09 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Karena $Mn < Mn1$ maka desain tulangan tumpuan menggunakan tulangan tunggal

Penampang dirancang mempunyai momen nominal sebagaimana diatas

$$\begin{aligned}
 Mn &= (0,85 \times f_c' \times a \times b) \times (d - \frac{a}{2}) \\
 5,09 \times 10^6 &= (0,85 \times 25 \times a \times 150) \times (146 - \frac{a}{2})
 \end{aligned}$$

Dengan metode substitusi persamaan diatas menjadi persamaan kuadrat sebagai berikut.

$$a^2 - 292 a + 3192,33 = 0$$

Sehingga dengan rumus abc didapatkan $a1 = 280,62 \text{ mm}$ dan $a2 = 11,38 \text{ mm}$.

Nilai a pakai yaitu 11,38 mm.

$$\begin{aligned}
 \text{As perlu} &= \frac{0,85 \times f_c' \times a \times b}{f_y} \\
 &= \frac{0,85 \times 25 \times 11,38 \times 150}{240} \\
 &= 151,09 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{As 1D} &= \text{luas 1 tulangan} \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 12^2 \\
 &= 113,10 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n \text{ perlu} &= \frac{\text{As perlu}}{\text{As 1D}} \\
 &= \frac{151,09}{113,1} \\
 &= 1,34 \text{ buah, dibulatkan menjadi 2 buah tulangan.}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{As terpasang} &= n \times \text{As 1D} \\
 &= 2 \times 113,10 \\
 &= 226,2 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Cek syarat As min} &< \text{As terpasang} < \text{As max} \\
 127,75 &< 226,2 < 706,37 \quad (\text{memenuhi})
 \end{aligned}$$

Cek Jarak Antar tulangan, dengan syarat $\geq 25 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 \text{JBD} &= \frac{b - 2Pb - 2\emptyset s - n \times D}{n - 1} \\
 &= \frac{150 - 2 \times 40 - 2 \times 8 - 2 \times 12}{2 - 1} \\
 &= 30 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \quad (\text{memenuhi})
 \end{aligned}$$

Kontrol kapasitas penampang

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{\text{As terpasang} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \\
 &= \frac{226,2 \times 240}{0,85 \times 25 \times 150} \\
 &= 17,03 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{cb} &= \frac{a}{\beta} \\
 &= \frac{17,03}{0,85}
 \end{aligned}$$

$$= 20,04 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\epsilon_s &= \frac{d - cb}{cb} \times \epsilon_c \\ &= \frac{146 - 20,04}{20,04} \times 0,003 \\ &= 0,019, \quad > \epsilon_y, \text{ asumsi baja telah leleh benar}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\epsilon_t &= \frac{dt - cb}{cb} \times \epsilon_c \\ &= \frac{146 - 20,04}{20,04} \times 0,003 \\ &= 0,019 \quad > 0,005, \text{ asumsi reduksi } \phi = 0,9 \text{ benar}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_n &= (A_s \text{ terpasang} \times f_y) \times \left(d - \frac{a}{2}\right) \\ &= (226,2 \times 240) \times \left(146 - \frac{17,03}{2}\right) \\ &= 7,46 \text{ kNm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_u \text{ rencana} &= \phi \times M_n \\ &= 0,9 \times 7,46 \\ &= 6,72 \text{ kNm}\end{aligned}$$

Karena $M_u \text{ rencana} > M_u \text{ perlu}$ sehingga desain penampang aman
Jadi daerah tumpuan menggunakan tulangan 2D12.

5. Desain tulangan lapangan, asumsi reduksi $\phi = 0,9$

$$M_u^+ = 3,28 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned}M_n &= \frac{M_u^+}{\phi} \\ &= \frac{3,28}{0,9} \\ &= 3,65 \text{ kNm}\end{aligned}$$

Karena $M_n < M_{n1}$ maka desain tulangan tumpuan menggunakan tulangan tunggal

Penampang dirancang mempunyai momen nominal sebagaimana diatas

$$M_n = (0,85 \times f_c' \times a \times b) \times (d - \frac{a}{2})$$

$$3,65 \times 10^6 = (0,85 \times 25 \times a \times 150) \times (146 - \frac{a}{2})$$

Dengan metode substitusi persamaan diatas menjadi persamaan kuadrat sebagai berikut.

$$a^2 - 292 a + 2288,11 = 0$$

Sehingga dengan rumus abc didapatkan $a_1 = 283,94$ mm dan $a_2 = 8,06$ mm.

Nilai a pakai yaitu 8,06 mm.

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \frac{0,85 \times f_c' \times a \times b}{f_y} \\ &= \frac{0,85 \times 25 \times 8,06 \times 150}{240} \\ &= 107,03 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As 1D} &= \text{luas 1 tulangan} \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 12^2 \\ &= 113,10 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n \text{ perlu} &= \frac{\text{As perlu}}{\text{As 1D}} \\ &= \frac{107,03}{113,1} \\ &= 0,95 \text{ buah, dibulatkan menjadi 2 tulangan (syarat minimal 2 buah)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As terpasang} &= n \times \text{As 1D} \\ &= 2 \times 113,10 \\ &= 226,2 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek syarat $A_s \text{ min} < A_s \text{ terpasang} < A_s \text{ max}$

$$127,75 < 226,2 < 706,37 \quad (\text{memenuhi})$$

Cek Jarak Antar tulangan, dengan syarat $\geq 25 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} \text{JBD} &= \frac{b - 2Pb - 2\emptyset s - n \times D}{n - 1} \\ &= \frac{150 - 2 \times 40 - 2 \times 8 - 2 \times 12}{2 - 1} \\ &= 30 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \quad (\text{memenuhi}) \end{aligned}$$

Kontrol kapasitas penampang

$$\begin{aligned} a &= \frac{A_s \text{ terpasang} \times f_y}{0,85 \times f_c' \times b} \\ &= \frac{226,2 \times 240}{0,85 \times 25 \times 150} \\ &= 17,03 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} cb &= \frac{a}{\beta} \\ &= \frac{17,03}{0,85} \\ &= 20,04 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \epsilon_s &= \frac{d - cb}{cb} \times \epsilon_c \\ &= \frac{146 - 20,04}{20,04} \times 0,003 \\ &= 0,019, \quad > \epsilon_y, \text{ asumsi baja telah leleh benar} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \epsilon_t &= \frac{dt - cb}{cb} \times \epsilon_c \\ &= \frac{146 - 20,04}{20,04} \times 0,003 \\ &= 0,019 \quad > 0,005, \text{ asumsi reduksi } \phi = 0,9 \text{ benar} \end{aligned}$$

$$M_n = (A_s \text{ terpasang} \times f_y) \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$= (226,2 \times 240) \times \left(146 - \frac{17,03}{2}\right)$$

$$= 7,46 \text{ kNm}$$

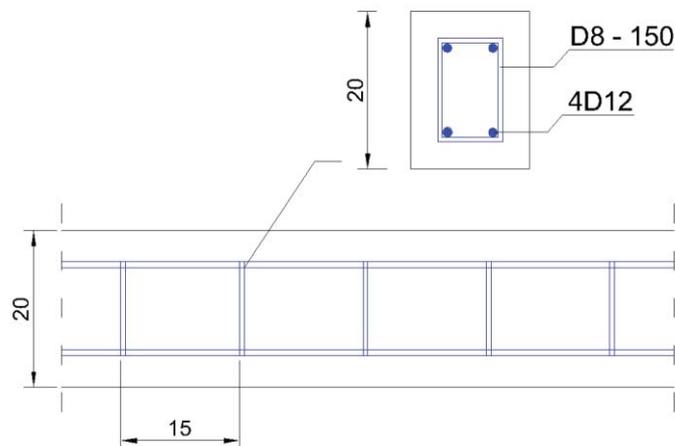
$$\text{Mu rencana} = \phi \times \text{Mn}$$

$$= 0,9 \times 7,46$$

$$= 6,72 \text{ kNm}$$

Karena $\text{Mu rencana} > \text{Mu perlu}$ sehingga desain penampang aman
Jadi daerah lapangan menggunakan tulangan 2D12.

Untuk tulangan geser pada ring balok digunakan sengkang $\text{Ø}8$ mm dengan jarak 150 mm sesuai persyaratan teknis pedoman Pd-T-14-2004-C Pendetailan Konstruksi Rumah Tinggal Sederhana Tahan Gempa Berbasis Pasangan. Peletakan tulangan yang digunakan pada ring balok dapat dilihat pada Gambar 5.8.

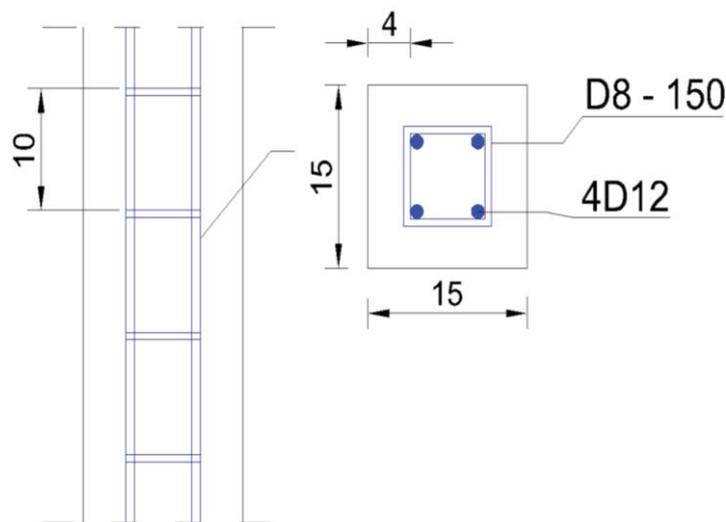


Gambar 5.8 Detail Tulangan Ring Balok

b. Desain Struktur Kolom

Karena bentang struktur rumah sederhana yang ditinjau pada penelitian ini hanya 3 m maka kolom yang digunakan dalam perencanaan ini adalah kolom praktis. Kolom praktis didesain sebagai pengaku dinding sekaligus menahan

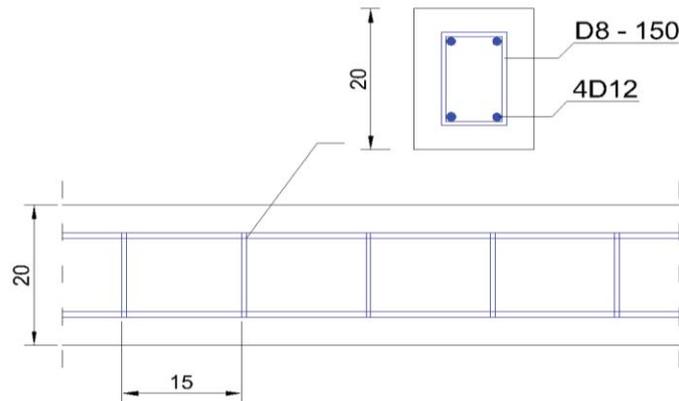
beban aksial dari ring balk di atasnya. Kolom praktis yang digunakan berukuran 15 cm x 15 cm dengan tulangan utama $\text{Ø}12$ mm dengan jumlah tulangan minimal yaitu 4 buah tulangan dan tulangan geser sengkang $\text{Ø}8$ mm dengan jarak 10 cm. Desain ini disesuaikan dengan persyaratan teknis Pedoman Pd-T-14-2004-C Pendetailan Konstruksi Rumah Tinggal Sederhana Tahan Gempa Berbasis Pasangan. Peletakan tulangan yang digunakan pada kolom dapat dilihat pada Gambar 5.9.



Gambar 5.9 Detail Penulangan Kolom

c. Desain Struktur Sloof

Pada penelitian ini sloof yang digunakan berukuran 15 cm x 20 cm dengan 4 buah tulangan utama $\text{Ø}12$ mm dan tulangan geser sengkang $\text{Ø}8$ mm dengan jarak 15 cm disamakan dengan desain struktur ring balok mengikuti persyaratan teknis Pedoman Pd-T-14-2004-C Pendetailan Konstruksi Rumah Tinggal Sederhana Tahan Gempa Berbasis Pasangan. Peletakan tulangan yang digunakan pada kolom dapat dilihat pada Gambar 5.10.



Gambar 5.10 Detail Tulangan Sloof

5.5.3 Perhitungan Anggaran Biaya

Perhitungan anggaran biaya pada penelitian ini dihitung dari struktur rangka meliputi pekerjaan beton bertulang dari struktur ring balok, kolom, dan sloof.

a. Menghitung Volume Pekerjaan

1 Volume Pekerjaan Ring Balok

Pada pekerjaan ring balok beton bertulang, volume pekerjaan dihitung dengan mengalikan luas penampang ring balok dengan panjang total dari ring balok. Luas penampang dihitung dari perkalian antara lebar ring balok 15 cm dengan tinggi ring balok 20 cm, sedangkan panjang bentang dari ring balok dihitung sepanjang as bangunan.

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang ring balok} &= \text{lebar} \times \text{tinggi} \\ &= 0,15 \times 0,20 \\ &= 0,03 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total panjang ring balok} &= \text{panjang bentang} \times \text{jumlah bentang} \\ &= 3,1 \times 10 \\ &= 31 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume beton ring balok} &= \text{luas penampang} \times \text{total panjang} \\ &= 0,03 \times 31 \end{aligned}$$

	$= 0,93 \text{ m}^3$
Volume bekisting ring balok	$= \text{sisi kanan, kiri dan bawah} \times \text{total panjang ring balok}$ $= (0,2 + 0,2 + 0,15) \times 31$ $= 17,05 \text{ m}^2$
Panjang tulangan pokok	$= \text{panjang bentang} + 2 \times \text{panjang penyaluran (40D)} + 2 \times \text{panjang kait tekukan (8D)}$ $= 3,1 + 2 \times 40 \times 0,012 + 2 \times 8 \times 0,012$ $= 4,252 \text{ m}$
Berat besi tulangan pokok	$= \text{berat tulangan } \varnothing 12 \text{ mm} \times \text{panjang tulangan pokok} \times \text{jumlah tulangan per bentang} \times \text{jumlah bentang}$ $= 0,892 \times 4,252 \times 4 \times 10$ $= 151,711 \text{ kg}$
Panjang tulangan sengkang	$= \text{keliling sengkang} + 2 \times \text{panjang kait (6D)}$ $= (0,07 \times 2 + 0,12 \times 2) + (6 \times 0,008)$ $= 0,476 \text{ m}$
Jumlah sengkang per bentang	$= \frac{\text{panjang bentang}}{\text{jarak sengkang}} + 1$ $= \frac{3,1}{0,15} + 1$ $= 22 \text{ buah}$
Berat besi tulangan sengkang	$= \text{berat tulangan } \varnothing 8 \text{ mm} \times \text{panjang tulangan sengkang} \times \text{jumlah sengkang per bentang} \times \text{jumlah bentang}$ $= 0,395 \times 0,476 \times 22 \times 10$ $= 41,364 \text{ kg}$
Berat besi tulangan ring balok	$= \text{berat tulangan pokok} + \text{berat tulangan sengkang}$

$$= 151,711 + 41,364$$

$$= 193,075 \text{ kg}$$

Rekapitulasi hasil perhitungan volume pekerjaan ring balok dapat dilihat pada Tabel 5.3.

Tabel 5.43 Rekapitulasi Volume Pekerjaan Ring Balok

No	Uraian	Satuan	Volume
1	Pekerjaan Beton	m ³	0,93
2	Pekerjaan Pembesian	kg	193,075
3	Pekerjaan Bekisting	m ²	17,05

2 Volume Pekerjaan Kolom

Pada pekerjaan Kolom beton bertulang, volume pekerjaan dihitung dengan mengalikan luas penampang kolom dengan panjang total dari kolom. Luas penampang dihitung dari perkalian antara lebar kolom 15 cm dengan tinggi kolom 15 cm, sedangkan tinggi kolom sebesar 3 m.

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang kolom} &= \text{lebar} \times \text{tinggi} \\ &= 0,15 \times 0,15 \\ &= 0,023 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total panjang kolom} &= \text{tinggi kolom} \times \text{jumlah kolom} \\ &= 3 \times 8 \\ &= 24 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume beton kolom} &= \text{luas penampang} \times \text{total panjang} \\ &= 0,023 \times 24 \\ &= 0,552 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume bekisting kolom} &= 4 \text{ sisi luar kolom} \times \text{total panjang kolom} \\ &= (4 \times 0,15) \times 24 \\ &= 14,4 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Panjang tulangan pokok	$= \text{tinggi kolom} + 2 \times \text{panjang penyaluran (40D)} +$ $2 \times \text{panjang kait tekukan (8D)}$ $= 3 + 2 \times 40 \times 0,012 + 2 \times 8 \times 0,012$ $= 4,152 \text{ m}$
Berat besi tulangan pokok	$= \text{berat tulangan } \varnothing 12 \text{ mm} \times \text{panjang tulangan}$ $\text{pokok} \times \text{jumlah tulangan per kolom} \times \text{jumlah}$ kolom $= 0,892 \times 4,152 \times 4 \times 8$ $= 118,515 \text{ kg}$
Panjang tulangan sengkang	$= \text{keliling sengkang} + \text{panjang kait (6D)}$ $= (0,07 \times 2 + 0,07 \times 2) + (6 \times 0,008 \times 2)$ $= 0,376 \text{ m}$
Jumlah sengkang per kolom	$= \frac{\text{tinggi kolom}}{\text{jarak sengkang}} + 1$ $= \frac{3}{0,10} + 1$ $= 31 \text{ buah}$
Berat besi tulangan sengkang	$= \text{berat tulangan } \varnothing 8 \text{ mm} \times \text{panjang tulangan}$ $\text{sengkang} \times \text{jumlah sengkang per kolom} \times$ jumlah kolom $= 0,395 \times 0,376 \times 31 \times 8$ $= 36,833 \text{ kg}$
Berat besi tulangan kolom	$= \text{berat tulangan pokok} + \text{berat tulangan sengkang}$ $= 118,515 + 36,833$ $= 155,348 \text{ kg}$

Rekapitulasi hasil perhitungan volume pekerjaan ring balok dapat dilihat pada Tabel 5.4.

Tabel 5.4 Rekapitulasi Volume Pekerjaan Kolom

No	Uraian	Satuan	Volume
1	Pekerjaan Beton	m ³	0,552
2	Pekerjaan Pembesian	kg	155,348
3	Pekerjaan Bekisting	m ²	14,4

3 Volume Pekerjaan Sloof

Pada pekerjaan sloof beton bertulang, volume pekerjaan dihitung dengan mengalikan luas penampang sloof dengan panjang total dari sloof. Luas penampang dihitung dari perkalian antara lebar sloof 15 cm dengan tinggi sloof 20 cm, sedangkan panjang bentang dari sloof dihitung sepanjang as bangunan.

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang sloof} &= \text{lebar} \times \text{tinggi} \\ &= 0,15 \times 0,20 \\ &= 0,03 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total panjang sloof} &= \text{panjang bentang} \times \text{jumlah bentang} \\ &= 3,1 \times 10 \\ &= 31 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume beton sloof} &= \text{luas penampang} \times \text{total panjang} \\ &= 0,03 \times 31 \\ &= 0,93 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume bekisting sloof} &= \text{sisi kanan dan kiri} \times \text{total panjang ring balok} \\ &= (0,2 \times 2) \times 31 \\ &= 12,4 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang tulangan pokok} &= \text{panjang bentang} + 2 \times \text{panjang penyaluran} \\ &\quad (40D) + 2 \times \text{panjang kait tekukan (8D)} \\ &= 3,1 + 2 \times 40 \times 0,012 + 2 \times 8 \times 0,012 \\ &= 4,252 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat besi tulangan pokok} &= \text{berat tulangan } \varnothing 12 \text{ mm} \times \text{panjang tulangan} \\
 &\quad \text{pokok} \times \text{jumlah tulangan per bentang} \times \text{jumlah} \\
 &\quad \text{bentang} \\
 &= 0,892 \times 4,252 \times 4 \times 10 \\
 &= 151,711 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang tulangan sengkang} &= \text{keliling sengkang} + \text{panjang kait (6D)} \\
 &= (0,07 \times 2 + 0,12 \times 2) + (6 \times 0,008 \times 2) \\
 &= 0,476 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah sengkang per bentang} &= \frac{\text{panjang bentang}}{\text{jarak sengkang}} + 1 \\
 &= \frac{3,1}{0,15} + 1 \\
 &= 22 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat besi tulangan sengkang} &= \text{berat tulangan } \varnothing 8 \text{ mm} \times \text{panjang tulangan} \\
 &\quad \text{sengkang} \times \text{jumlah sengkang per bentang} \times \\
 &\quad \text{jumlah bentang} \\
 &= 0,395 \times 0,476 \times 22 \times 10 \\
 &= 41,364 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat besi tulangan sloof} &= \text{berat tulangan pokok} + \text{berat tulangan sengkang} \\
 &= 151,711 + 41,364 \\
 &= 193,075 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Rekapitulasi hasil perhitungan volume pekerjaan ring balok dapat dilihat pada Tabel 5.5.

Tabel 5.5 Rekapitulasi Volume Pekerjaan Sloof

No	Uraian	Satuan	Volume
1	Pekerjaan Beton	m ³	0,93
2	Pekerjaan Pembesian	kg	172,63
3	Pekerjaan Bekisting	m ²	12,4

b. Analisis Pekerjaan Beton Bertulang

1 Biaya Upah dan Bahan

Harga bahan pada penelitian ini diambil berdasarkan SHBJ Kabupaten Bantul tahun 2017 yang dapat dilihat pada Tabel 5.6.

Tabel 5.6 Harga Satuan Bahan

No	Nama Bahan	Satuan	Harga Satuan (Rp)
1	Air	5 m ³	30.000,00
2	Besi Beton	kg	7.500,00
3	Kayu Begesteng	m ³	1.500.000,00
4	Kayu Dolken 4 m	batang	50.000,00
5	Kayu Lapis 9 mm	lembar	120.000,00
6	Kawat Beton	kg	15.000,00
7	Minyak Bekisting	liter	13.200,00
8	Paku Besar, Sedang	kg	15.000,00
9	Pasir beton	m ³	246.100,00
10	Semen Nusantera, Tiga Roda	zak	39.000,00
11	Split Beton	m ³	295.000,00

Beberapa dari material yang tertera pada Tabel 5.7 di atas perlu dilakukan konversi satuan sesuai SNI-7394-2008 untuk menyesuaikan satuan pada perhitungan selanjutnya, antara lain sebagai berikut:

a) Air = Rp30.000,00 / 5m³

$$= \frac{30000}{5000 \text{ dm}^3}$$

$$= \text{Rp}6,00 / \text{liter}$$

b) Pasir Beton = Rp246.100,00 / m³ dengan bobot isi pasir 1400 kg/m³

$$= \frac{246100}{1400}$$

$$= \text{Rp}175,79 / \text{kg}$$

c) Split Beton = Rp295.000,00 /m³ dengan bobot isi split 1350 kg/m³

$$= \frac{295000}{1350}$$

$$= \text{Rp}218,52 /\text{kg}$$

Harga satuan upah pada penelitian ini diambil berdasarkan SHJB Kabupaten Bantul tahun 2017 yang dapat dilihat pada Tabel 5.7.

Tabel 5.7 Harga Satuan Upah

No	Uraian	Satuan	Upah (Rp)
1	Kepala Tukang	oh	70.000,00
2	Mandor	oh	72.500,00
3	Tenaga (Pekerja)	oh	56.200,00
4	Tukang Batu	oh	65.000,00
5	Tukang Besi	oh	65.000,00
6	Tukang Kayu	oh	67.500,00

2 Analisis Harga Satuan Pekerjaan

Perhitungan harga satuan pekerjaan didapatkan dari mengalikan nilai koefisien indeks dengan harga satuan, dimana nilai koefisien indeks didapatkan dari SNI-7394-2008. Nilai koefisien indeks yang digunakan menurut SNI-7392-2008 dapat dilihat pada Tabel 5.8. sampai Tabel 5.10.

Tabel 5.8 Koefisien Indeks Membuat 1 m³ Beton K300

	Kebutuhan	Satuan	Indeks
Bahan	PC	kg	413,000
	PB	kg	681,000
	KR (maksimum 30 mm)	kg	1021,000
	Air	liter	215,000
Tenaga Kerja	Pekerja	oh	1,650
	Tukang Batu	oh	0,275
	Kepala Tukang	oh	0,028
	Mandor	oh	0,083

Sumber: Badan Standardisasi Nasional (2008)

Tabel 5.9 Koefisien Indeks Pembesian 10 kg Besi

	Kebutuhan	Satuan	Indeks
Bahan	Besi Beton (polos/ulir)	kg	10,500
	Kawat Beton	kg	0,150
Tenaga Kerja	Pekerja	oh	0,070
	Tukang Besi	oh	0,070
	Kepala Tukang	oh	0,007
	Mandor	oh	0,004

Sumber: Badan Standardisasi Nasional (2008)

Tabel 5.10 Koefisien Indeks Memasang 1 m² Bekisting Sloof

	Kebutuhan	Satuan	Indeks
Bahan	Kayu Kelas III	m ³	0,045
	Paku 5 cm – 10 cm	kg	0,300
	Minyak Bekisting	liter	0,100
Tenaga Kerja	Pekerja	oh	0,520
	Tukang Kayu	oh	0,260
	Kepala Tukang	oh	0,026
	Mandor	oh	0,026

Sumber: Badan Standardisasi Nasional (2008)

Tabel 5.11 Koefisien Indeks Memasang 1 m² Bekisting Kolom

	Kebutuhan	Satuan	Indeks
Bahan	Kayu Kelas III	Kg	0,040
	Paku 5 cm – 10 cm	Kg	0,400
	Minyak Bekisting	liter	0,200
	Balok Kayu	m ³	0,015
	Plywood Tebal 9 mm	lembar	0,350
	Dolken Kayu	batang	2,000
Tenaga Kerja	Pekerja	Oh	0,660
	Tukang Kayu	Oh	0,330
	Kepala Tukang	Oh	0,033
	Mandor	Oh	0,033

Sumber: Badan Standardisasi Nasional (2008)

Tabel 5.12 Koefisien Indeks Memasang 1 m² Bekisting Ring Balok

	Kebutuhan	Satuan	Indeks
Bahan	Kayu Kelas III	Kg	0,040
	Paku 5 cm – 10 cm	Kg	0,400
	Minyak Bekisting	liter	0,200
	Balok Kayu kelas II	m ³	0,018
	Plywood Tebal 9 mm	lembar	0,350
	Dolken Kayu	batang	2,000
Tenaga Kerja	Pekerja	Oh	0,660
	Tukang Kayu	Oh	0,330
	Kepala Tukang	Oh	0,033
	Mandor	Oh	0,033

Sumber: Badan Standardisasi Nasional (2008)

Analisis perhitungan jumlah harga satuan tiap pekerjaan dapat dilihat pada Tabel 5.13.

Tabel 5.13 Harga Satuan Pekerjaan

No	Uraian	Indeks	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
1M³ Beton K300					
1	Semen/PC	413,000	kg	780,00	322.140,00
2	Pasir Beton	681,000	kg	175,79	119.712,99
3	Split Beton	1021,000	kg	218,52	223.108,92
4	Air	215,000	liter	6,00	1.290,00
5	Pekerja	1,650	oh	56.200,00	92.730,00
6	Tukang Batu	0,275	oh	65.000,00	17.875,00
7	Kepala Tukang	0,028	oh	70.000,00	1.960,00
8	Mandor	0,083	oh	72.500,00	6.017,50
Harga Satuan Pekerjaan Beton K300					784.834,41
10kg Pembesian Tulangan (Besi Polos/Ulir)					
No	Uraian	Indeks	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
1	Besi Beton	10,500	kg	7.500,00	78.750,00
2	Kawat Beton	0,150	kg	15.000,00	2.250,00
3	Pekerja	0,070	oh	56.200,00	3.934,00
4	Tukang Besi	0,070	oh	65.000,00	4.550,00
5	Kepala Tukang	0,007	oh	70.000,00	490,00

Lanjutan Tabel 5.13 Harga Satuan Pekerjaan

6	Mandor	0,004	oh	72.500,00	290,00
Harga Satuan Pekerjaan 10kg Pembesian					90.264,00
1M² Bekisting Sloof					
1	Papan Bekisting	0,045	m ³	1.500.000,00	67.500,00
2	Paku	0,300	kg	15.000,00	4.500,00
3	Minyak Bekisting	0,100	liter	13.200,00	1.320,00
4	Pekerja	0,520	oh	56.200,00	29.224,00
5	Tukang Kayu	0,260	oh	67.500,00	17.550,00
6	Kepala Tukang	0,026	oh	70.000,00	1.820,00
7	Mandor	0,026	oh	72.500,00	1.885,00
Harga Satuan Pekerjaan 1M² Bekisting Sloof					123.799,00
1M² Bekisting Kolom					
1	Papan Bekisting	0,040	m ³	1.500.000,00	60.000,00
2	Paku	0,400	kg	15.000,00	6.000,00
3	Minyak Bekisting	0,200	liter	13.200,00	2.640,00
4	Balok Bekisting	0,015	m ³	1.500.000,00	22.500,00
5	Kayu Lapis 9mm	0,350	lembar	120.000,00	42.000,00
6	Kayu Dolken	2,000	batang	50.000,00	100.000,00
7	Pekerja	0,660	oh	56.200,00	37.092,00
8	Tukang Kayu	0,330	oh	67.500,00	22.275,00
9	Kepala Tukang	0,033	oh	70.000,00	2.310,00
10	Mandor	0,033	oh	72.500,00	2.392,50
Harga Satuan Pekerjaan 1M² Bekisting Kolom					297.209,50
1M² Bekisting Ring Balok					
1	Papan Bekisting	0,040	m ³	1.500.000,00	60.000,00
2	Paku	0,400	kg	15.000,00	6.000,00
3	Minyak Bekisting	0,200	liter	13.200,00	2.640,00
4	Balok Bekisting	0,018	m ³	1.500.000,00	27.000,00
5	Kayu Lapis 9mm	0,350	lembar	120.000,00	42.000,00
6	Kayu Dolken	2,000	batang	50.000,00	100.000,00
7	Pekerja	0,660	oh	56.200,00	37.092,00
8	Tukang Kayu	0,330	oh	67.500,00	22.275,00
9	Kepala Tukang	0,033	oh	70.000,00	2.310,00
10	Mandor	0,033	oh	72.500,00	2.392,50
Harga Satuan Pekerjaan 1M² Bekisting Ring Balok					301.709,50

3 Rencana Anggaran Biaya

Rencana anggaran biaya dihitung dengan mengalikan volume pekerjaan dengan harga satuan pekerjaan. Perhitungan rencana anggaran biaya dapat dilihat pada Tabel 5.14.

Tabel 5.14 Rencana Anggaran Biaya

No	Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
PEKERJAAN STRUKTUR					
A	Pekerjaan Ring Balok (15 x 20)				
1	Beton K300	0,93	m ³	784.834,41	729.896,00
2	Pembesian	193,075	kg	9.026,40	1.742.772,18
3	Bekisting	17,050	m ²	301.709,50	5.144.146,98
<i>Sub Jumlah - A</i>					<i>7.616.815,00</i>
B	Pekerjaan Kolom (15 x 15)				
1	Beton K300	0,552	m ³	784.834,41	433.228,59
2	Pembesian	155,348	kg	9.026,40	1.402.233,19
3	Bekisting	14,400	m ²	297.209,50	4.279.816,80
<i>Sub Jumlah - B</i>					<i>6.115.278,58</i>
C	Pekerjaan Sloof (15 x 20)				
1	Beton K300	0,930	m ³	784.834,41	729.896,00
2	Pembesian	193,075	kg	9.026,40	1.742.772,18
3	Bekisting	12,400	m ²	123.799,00	1.535.107,60
<i>Sub Jumlah - C</i>					<i>4.007.775,78</i>
Total Biaya Pekerjaan Struktur					17.739.869,52

Jadi total biaya yang diperlukan untuk mendirikan struktur rumah dengan sistem konvensional sebesar Rp17.739.869,52.

5.5.4 Analisis Durasi Pekerjaan

Durasi setiap pekerjaan dihitung menggunakan koefisien indeks pekerja yang diambil dari SNI- 7394-2008 dan dengan asumsi bahwa jumlah pekerja terlatih (tukang) sebanyak 4 orang. Durasi pekerjaan dihitung berdasarkan indeks tukang dengan cara sebagai berikut:

$$\text{Durasi pekerjaan} = \frac{\text{Volume Pekerjaan} \times \text{Indeks Pekerja}}{\text{Jumlah pekerja}}$$

1 Pekerjaan Struktur Kolom

$$\begin{aligned} \text{Pembetonan kolom} &= \frac{0,552 \times 0,275}{4} \\ &= 0,038 \text{ hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pembesian kolom} &= \frac{155,348 \times 0,007}{4} \\ &= 0,272 \text{ hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Bekisting kolom} &= \frac{14,4 \times 0,33}{4} \\ &= 1,188 \text{ hari} \end{aligned}$$

2 Pekerjaan Struktur Ring Balok

$$\begin{aligned} \text{Pembetonan ring balok} &= \frac{0,93 \times 0,275}{4} \\ &= 0,064 \text{ hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pembesian ring balok} &= \frac{193,075 \times 0,007}{4} \\ &= 0,338 \text{ hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Bekisting ring balok} &= \frac{17,05 \times 0,33}{4} \\ &= 1,407 \text{ hari} \end{aligned}$$

3 Pekerjaan Struktur Sloof

$$\begin{aligned} \text{Pembetonan sloof} &= \frac{0,93 \times 0,275}{4} \\ &= 0,064 \text{ hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pembesian sloof} &= \frac{193,075 \times 0,007}{4} \\ &= 0,338 \text{ hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Bekisting sloof} &= \frac{12,4 \times 0,26}{4} \\ &= 0,806 \text{ hari} \end{aligned}$$

Hasil dari perhitungan durasi tiap pekerjaan struktur di atas selanjutnya digunakan untuk menyusun penjadwalan kedalam bentuk diagram balok sederhana seperti ditunjukkan pada Tabel 5.15.

Tabel 5.15 Penjadwalan Diagram Balok

Uraian		Hari						
		1	2	3	4	5	6	7
Pekerjaan Struktur								
1	Struktur Sloof							
	a. Pembesian	■						
	b. Bekisting		■					
	c. Pembetonan			■				
2	Struktur Kolom							
	a. Pembesian	■						
	b. Bekisting			■	■			
	c. Pembetonan					■		
3	Struktur Ring Balok							
	a. Pembesian				■			
	b. Bekisting					■	■	
	c. Pembetonan							■

Penjadwalan diagram balok pada Tabel 5.15 direncanakan menurut hasil pengamatan dan wawancara praktisi bangunan di lapangan sehingga diketahui bahwa waktu yang diperlukan untuk pekerjaan struktur rangka dengan sistem

konvensional adalah 7 hari. Pekerjaan pada hari pertama dilakukan pembesian sloof dan kolom yang secara hitungan teoritis memerlukan waktu 0,610 hari, sedangkan di lapangan dijadwalkan selama 1 hari. Pekerjaan pada hari kedua dilakukan pemasangan bekisting sloof yang secara hitungan teoritis memerlukan waktu 0,806 hari, sedangkan di lapangan dijadwalkan selama 1 hari. Pekerjaan pada hari ketiga dan keempat dilakukan pembetonan sloof, pemasangan bekisting kolom, dan pembesian ring balok yang secara hitungan teoritis memerlukan waktu 1,590 hari, sedangkan di lapangan direncanakan selama 2 hari. Pekerjaan pada hari kelima dan keenam dilakukan pembetonan kolom dan pemasangan bekisting ring balok yang secara hitungan teoritis memerlukan waktu 1,445 hari, sedangkan di lapangan direncanakan selama 2 hari. Pada hari ketujuh dilakukan pekerjaan pembetonan ring balok yang secara hitungan teoritis memerlukan waktu 0,064 hari, sedangkan di lapangan direncanakan selama 1 hari. Karena metode yang digunakan pada pekerjaan struktur rangka tanpa dinding maka beban sendiri ring balok ditopang oleh sistem perancah bekisting dan waktu yang diperlukan hingga beton bertulang pada ring balok sudah mempunyai kekuatan yang cukup sehingga sistem bekisting pada ring balok dapat dilepas adalah 7 hari.

Jadi, total perhitungan waktu pekerjaan struktur yang meliputi struktur ring balok, kolom, dan sloof untuk rumah sistem konvensional adalah 14 hari.

5.6 Pembahasan

Untuk mengetahui biaya yang lebih ekonomis dan waktu yang lebih singkat dalam membangun rumah tinggal sederhana tipe-27 maka dalam sub bab ini akan dibandingkan 2 sistem pekerjaan struktur rumah antara rumah sistem RISHA dengan rumah sistem konvensional pada pekerjaan struktur rangka yang meliputi ring balok, kolom, dan sloof.

Dalam menganalisis biaya dan waktu pada rumah sistem konvensional diatas diasumsikan bahwa bekisting hanya digunakan untuk sekali pakai sehingga tidak dilakukan rotasi bekisting. Durasi pekerjaan pada pekerjaan struktur rumah

sistem konvensional dihitung dengan asumsi bahwa tenaga ahli (tukang) yang tersedia sebanyak 4 orang.

1 Biaya

Perhitungan biaya untuk pekerjaan struktur rangka dengan rumah sistem RISHA dari perhitungan diatas didapatkan hasil sebesar Rp18.580.000,00, sedangkan biaya rencana pekerjaan struktur rangka dengan sistem konvensional dari perhitungan RAB diatas didapatkan hasil sebesar Rp17.739.869,52. Dari kedua sistem yang dibandingkan terdapat selisih biaya sebesar Rp840.130,48. Biaya pekerjaan struktur rumah dengan sistem konvensional lebih murah 4,522% dibandingkan rumah sistem RISHA sehingga dalam pekerjaan struktur rumah sederhana dengan rumah sistem RISHA biaya yang diperlukan lebih besar.

2 Waktu

Durasi yang dibutuhkan untuk pekerjaan perakitan struktur hingga struktur rangka siap dengan rumah sistem RISHA yang dikerjakan oleh 4 pekerja dapat diselesaikan adalah 2 hari, sedangkan pekerjaan struktur dengan sistem konvensional untuk menyelesaikan pekerjaan struktur hingga struktur rangka siap memerlukan waktu selama 14 hari. Dari kedua sistem yang dibandingkan terdapat selisih durasi pekerjaan struktur selama 11 hari. Waktu untuk menyelesaikan pekerjaan struktur dengan rumah sistem RISHA 7 kali lebih cepat dibandingkan dengan sistem konvensional karena rumah sistem RISHA hanya mencakup pekerjaan perakitan saja.

Kelebihan dan kelemahan rumah sistem RISHA dari analisis yang dilakukan adalah sebagai berikut:

Kelebihan :

- 1) Dapat meningkatkan produktivitas kerja dengan waktu yang singkat dan jumlah tenaga yang sedikit.
- 2) Rumah sistem RISHA memiliki kemudahan dalam pengendalian mutu karena dalam produksinya terkonsentrasi dan terukur secara pabrikasi.

- 3) Dengan sistem *knockdown* atau bongkar-pasang rumah sistem RISHA mendukung rumah tumbuh yang dibangun secara bertahap dalam jangka waktu panjang dalam pengembangan rumah sesuai kebutuhan penghuni.
- 4) Karena produk rumah sistem RISHA adalah produk beton pracetak maka penggunaan bahan material alam seperti kayu bisa dihemat, sedangkan rumah sistem konvensional memerlukan bahan material kayu lebih banyak untuk kebutuhan bekisting.

Kelemahan :

- 1) Bentuk dan denah bangunan sangat kaku karena mengacu pada ukuran modular dari komponen penyusunnya sehingga dalam merencanakan denah bangunan harus memperhatikan kelipatan dari ukuran tiap komponen.
- 2) Tidak mengakomodir bagian bangunan dengan bentuk lengkung.