

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

1.1 Umum

Kajian struktur pelat dilakukan pada proyek Rusunami Jakabaring Palembang. Alternatif metode untuk perbandingan terhadap metode eksisting menggunakan 2 metode. Alternatif 1 dengan metode pelat Hollow Core Slab, Alternatif 2 menggunakan metode plat bondek. Hasil dari analisis ini harus sesuai dengan rumusan masalah yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya, yaitu alternatif desain yang digunakan, perbandingan biaya total dan waktu pelaksanaan sebelum dan sesudah dilakukan analisa metode pelaksanaan pelat lantai.

Adapun runtutan tahapan pada bab pembahasan kajian metode struktur pelat lantai ini dimulai dari :

1. Pengumpulan data primer dan sekunder
2. Tahap perencanaan dan pemodelan desain alternatif
3. Penentuan type dan penempatan tower crane
Penentuan type dan penempatan tower crane pada metode alternatif 1 dan 2 diasumsikan sama metode konvensional jadi tidak dilakukan analisa mendetail.
4. Penentuan zoning pekerjaan
Penentuan zoning pekerjaan metode alternatif 1 dan 2 diasumsikan sama metode konvensional jadi tidak dilakukan analisa mendetail.
5. Perhitungan COG (Centre Of Gravity)
6. Menyusun tahapan pelaksanaan
7. Tahap perhitungan volume, waktu, dan biaya,
8. Hasil akhir perbandingan biaya dan waktu dari metode konvensional terhadap metode alternatif 1 dan 2.

1.2 Perencanaan dan Pemodelan Pelat Lantai

1.2.1 Analisa Desain Pelat Konvensional (Existing)

Pada tahap ini akan dilakukan analisa desain struktur pelat konvensional sesuai kondisi existing. Kriteria desain pelat konvensional pada proyek rusunami jakabaring adalah sebagai berikut :

1. Kriteria bahan :
 - A. Kuat tekan beton : K350 / f'c 29,05 Mpa
 - B. Kuat leleh besi ulir (fy) : 400 Mpa
 - C. Berat jenis beton bertulang : 2400 kg/m³
 - D. Berat jenis besi / baja : 7850 kg/m³
2. Rencana analisa

Pada perencanaan ini akan dianalisa pelat dengan dimensi terpanjang yakni pelat tipe S-4 Dengan dimensi 7,050 x 1,700 meter.

3. Analisa perhitungan pelat konvensional

- A. Data Perencanaan :
 - 1). Modul pelat : S - 4
 - 2). Mutu beton (f'c) : 29,05 Mpa (K 350)
 - 3). Mutu baja (fy) : 390 Mpa
 - 4). Diameter Tulangan Rencana (D) : 10 mm
 - 5). Panjang (Lx) : 1,7 m
 - 6). Lebar (Ly) : 7,05 m
 - 7). Tebal Pelat : 130 mm
 - 8). Tebal decking : 20 mm
- B. Pembebanan pelat :
 - 1). Beban mati (DL)
 - Berat Sendiri $0,13 \times 2400 = 312 \text{ kg/m}^2$
 - 2). Beban Mati Tambahan (SDL)
 - Keramik = 18 kg/m²
 - Speci Keramik = 38 kg/m²
 - Ducting ME = 19 kg/m²
 - Plafon = 5 kg/m²
 - Penggantung Plafon = 10 kg/m² +
 - Total = 90 kg/m²**

- 3). Beban mati total
- DL + SDL = 312 + 90 = 402 kg/m²
- 4). Beban hidup (LL)
- Beban Hidup (Appartemen) = 143 kg/m²
 - Beban Hidup (Koridor) = 192 kg/m²

Menurut SNI 1727-2013 pasal 4.7.2 dan 4.7.3 beban hidup lantai diatas 2 lantai harus direduksi sebesar 20 %, Sehingga :

- Beban Hidup (Appartemen) = 114,4 kg/m²
- Beban Hidup (Koridor) = 153,6 kg/m²

Maka, Digunakan beban hidup terbesar yakni 153,6 kg/m²

C. Kombinasi Pembebanan pelat

$$\begin{aligned} W_u &= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \\ &= 1,2 \cdot 402 + 1,6 \cdot 153,6 \\ &= 728 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

D. Perhitungan Moment

$$L_y / L_x = 7,12 / 1,76 = 4,045, \text{ digunakan pelat 1 arah.}$$

$$\begin{aligned} M_{lx} &= 0,094 \cdot W_u \cdot L_x^2 \\ &= 0,094 \cdot 728 \cdot 1,70^2 \\ &= 0,20 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ly} &= 0,094 \cdot W_u \cdot L_y^2 \\ &= 0,094 \cdot 728 \cdot 7,05^2 \\ &= 3,40 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{tx} &= 0,117 \cdot W_u \cdot L_x^2 \\ &= 0,117 \cdot 728 \cdot 1,70^2 \\ &= 0,25 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ty} &= 0,117 \cdot W_u \cdot L_y^2 \\ &= 0,117 \cdot 728 \cdot 7,05^2 \\ &= 4,23 \text{ kNm} \end{aligned}$$

E. Perhitungan perencanaan tulangan

$$D_x = 130 - 20 - 5 = 105 \text{ mm}$$

$$D_y = 130 - 20 - 10 - 5 = 95 \text{ mm}$$

1). **Penulangan arah X**

- **Tulangan tumpuan**

Peninjauan pelat selebar 1,7 m

$$As = \frac{0,25 \cdot \sqrt{f'c}}{f_y} bw \cdot dx = 601,3 \text{ mm}^2$$

As tidak boleh lebih kecil dari :

$$As = \frac{1,4}{f_y} bw \cdot dx = 624,8 \text{ mm}^2$$

Maka, dipakai As terbesar.

Diameter tulangan rencana = 10 mm

$$\text{Luas tulangan (} A_v \text{)} = 0,25 \cdot [\text{]} \cdot D^2 = 78,5 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan (} n \text{)} = \frac{As}{A_v} = 8 \text{ buah}$$

Digunakan 10 buah tulangan

$$\text{Jarak tulangan (} S \text{)} = Lx / n = 170 \text{ mm}$$

$$\text{As pakai} = n \cdot A_v = 785 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Syarat, As pakai} &> As \\ 785 &> 601,3, \text{ Oke} \end{aligned}$$

Maka, dipakai Tulangan **D10-150**

Kontrol rasio tulangan

$$\rho = \frac{As \text{ Pakai}}{lx \cdot dx} = 0,004$$

$$\rho \text{ min} = \frac{1,4}{f_y} = 0,0035$$

$$\beta_1 = 0,843$$

$$m = \frac{f_y}{\beta_1 \cdot f'c} = 16,3$$

$$\rho \text{ max} = 0,75 \frac{\beta_1}{m} \times \frac{600}{600+f_y} = 0,023$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ min} &< \rho < \rho \text{ max} \\ 0,0035 &< 0,004 < 0,023, \text{ Oke} \end{aligned}$$

Kontrol kekuatan

$$a = \frac{As \text{ pakai} \cdot f_y}{0,85 \cdot f'c \cdot lx} = 7,48 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Moment nominal (Mn)} &= A_s \text{ pakai} \cdot f_y \left(dx - \frac{a}{2} \right) \\ &= 3179,6 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Menghitung Moment yang timbul

$$\phi M_n = 0,8 \cdot 3493,6 = 2543,6 \text{ kgm}$$

$$\begin{aligned} \text{Syarat, } \phi M_n &> M_{tx} \\ 2543,6 &> 246, \text{ Oke} \end{aligned}$$

- **Tulangan lapangan**

Tulangan pokok

Peninjauan pelat selebar 1,7 m

Luas tulangan yang digunakan (A_s) : 601,3 mm²

As tidak boleh lebih kecil dari :

$$A_s = \frac{1,4}{f_y} b_w \cdot dx = 624,8 \text{ mm}^2$$

Maka, dipakai As terbesar.

Diameter tulangan rencana = 10 mm

$$\text{Luas tulangan (} A_v \text{)} = 0,25 \cdot \pi \cdot D^2 = 78,5 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan (} n \text{)} = \frac{A_s}{A_v} = 8 \text{ buah}$$

Digunakan 10 buah tulangan

$$\text{Jarak tulangan (} S \text{)} = L_x / n = 170 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ pakai} = n \cdot A_v = 785 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Syarat, } A_s \text{ pakai} &> A_s \\ 785 &> 624,8, \text{ Oke} \end{aligned}$$

Maka, dipakai Tulangan **D10-150**

Kontrol rasio tulangan

$$\rho = \frac{A_s \text{ Pakai}}{l_x \cdot dx} = 0,004$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = 0,0035$$

$$\beta_1 = 0,843$$

$$m = \frac{f_y}{\beta_1 \cdot f_c} = 16,3$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \frac{\beta_1}{m} \times \frac{600}{600 + f_y} = 0,023$$

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

$$0,0035 < 0,004 < 0,023 \text{ , Oke}$$

Kontrol kekuatan

$$a = \frac{As \text{ pakai} \cdot fy}{0,85 \cdot fc' \cdot lx} = 7,48 \text{ mm}$$

$$\text{Moment nominal (Mn)} = As \text{ pakai} \cdot fy \left(dx - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 3179,6 \text{ kgm}$$

Menghitung Moment yang timbul

$$\Phi Mn = 0,8 \cdot 3179,6 = 2543,6 \text{ kgm}$$

$$\text{Syarat, } \phi Mn > Mlx$$

$$2543,6 > 198 \text{ , Oke}$$

- Tulangan susut

$$\text{Luas Tulangan Susut (As)} = 0,0018 \cdot Lx \cdot h$$

$$= 0,0018 \cdot 1700 \cdot 130$$

$$= 397,8 \text{ mm}^2$$

$$\text{Diameter tulangan rencana (D)} = 8 \text{ mm}$$

$$\text{Luas tulangan (Av)} = 0,25 \cdot \left[\frac{\pi}{4} \right] \cdot D^2 = 50,2 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan (n)} = \frac{As}{Av} = 8 \text{ buah}$$

Digunakan 8 buah tulangan

$$\text{Jarak tulangan (S)} = Lx / n = 213 \text{ mm}$$

$$\text{As pakai} = n \cdot Av = 402 \text{ mm}^2$$

$$\text{Syarat, } As \text{ pakai} > As$$

$$402 > 397,8 \text{ , Oke}$$

Maka, dipakai Tulangan **D8 - 200**

2). Penulangan arah Y

- Tulangan tumpuan

Peninjauan pelat selebar 7,050 m

$$As = \frac{0,25 \cdot \sqrt{f'c}}{fy} Ly \cdot dy = 2256,1 \text{ mm}^2$$

As tidak boleh lebih kecil dari :

$$As = \frac{1,4}{fy} Ly \cdot dy = 2344 \text{ mm}^2$$

Maka, dipakai As terbesar.

Diameter tulangan rencana = 10 mm

$$\text{Luas tulangan (} A_v \text{)} = 0,25 \cdot \lceil \rceil \cdot D^2 = 78,5 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan (} n \text{)} = A_s / A_v = 30 \text{ buah}$$

Digunakan 35 buah tulangan

$$\text{Jarak tulangan (} S \text{)} = L_x / n = 201 \text{ mm}$$

$$\text{As pakai} = n \cdot A_v = 2748 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Syarat, } A_s \text{ pakai} &> A_s \\ 2748 &> 2344, \text{ Oke} \end{aligned}$$

Maka, dipakai Tulangan **D10-150**

- **Kontrol rasio tulangan**

$$\rho = \frac{A_s \text{ Pakai}}{l_x \cdot d_y} = 0,0041$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = 0,0035$$

$$\beta_1 = 0,843$$

$$m = \frac{f_y}{\beta_1 \cdot f_{rc}} = 16,3$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \frac{\beta_1}{m} \times \frac{600}{600 + f_y} = 0,023$$

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &< \rho < \rho_{\max} \\ 0,0035 &< 0,0041 < 0,023, \text{ Oke} \end{aligned}$$

- **Kontrol kekuatan**

$$a = \frac{A_s \text{ pakai} \cdot f_y}{0,85 \cdot f_{c'} \cdot l_y} = 6,3 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Moment nominal (} M_n \text{)} &= A_s \text{ pakai} \cdot f_y \left(d_x - \frac{a}{2} \right) \\ &= 10093,6 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- **Menghitung Moment yang timbul**

$$\Phi M_n = 0,8 \cdot 11192,6 = 8074,9 \text{ kgm}$$

$$\begin{aligned} \text{Syarat, } \phi M_n &> M_{ty} \\ 8074,9 &> 246, \text{ Oke} \end{aligned}$$

- **Tulangan lapangan**

Tulangan pokok

Peninjauan pelat selebar 7,050 m

$$A_s = 2256,1 \text{ mm}^2$$

As tidak boleh lebih kecil dari :

$$A_s = \frac{1,4}{f_y} l_y \cdot d_y = 2344 \text{ mm}^2$$

Maka, dipakai As terbesar.

Diameter tulangan rencana = 10 mm

$$\text{Luas tulangan (} A_v \text{)} = 0,25 \cdot \square \cdot D^2 = 78,5 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan (} n \text{)} = \frac{A_s}{A_v} = 30 \text{ buah}$$

Digunakan 35 buah tulangan

$$\text{Jarak tulangan (} S \text{)} = L_y / n = 201 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ pakai} = n \cdot A_v = 2748 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Syarat, } A_s \text{ pakai} &> A_s \\ 2748 &> 2344, \text{ Oke} \end{aligned}$$

Maka, dipakai Tulangan **D10-150**

-

Kontrol rasio tulangan

$$\rho = \frac{A_s \text{ Pakai}}{l_y \cdot d_y} = 0,0041$$

$$\rho \text{ min} = \frac{1,4}{f_y} = 0,0035$$

$$\beta_1 = 0,843$$

$$m = \frac{f_y}{\beta_1 \cdot f_c} = 16,3$$

$$\rho \text{ max} = 0,75 \frac{\beta_1}{m} \times \frac{600}{600 + f_y} = 0,023$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ min} &< \rho < \rho \text{ max} \\ 0,0035 &< 0,0041 < 0,023, \text{ Oke} \end{aligned}$$

- Kontrol kekuatan

$$a = \frac{A_s \text{ pakai} \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot l_y} = 6,3 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Moment nominal (} M_n \text{)} &= A_s \text{ pakai} \cdot f_y \left(dx - \frac{a}{2} \right) \\ &= 10093,6 \text{ kgm} \end{aligned}$$

-

Menghitung Moment yang timbul

$$\Phi M_n = 0,8 \cdot 11192,6 = 8075 \text{ kgm}$$

$$\begin{aligned} \text{Syarat, } \phi Mn &> Mly \\ 8075 &> 3.402, \text{ Oke} \end{aligned}$$

- **Tulangan susut**

$$\text{Luas Tulangan Susut (} A_s \text{) } = 0,0018 \cdot L_y \cdot h = 1650 \text{ mm}^2$$

$$\text{Diameter tulangan rencana (} D \text{) } = 8 \text{ mm}$$

$$\text{Luas tulangan (} A_v \text{) } = 0,25 \cdot \lceil \rceil \cdot D^2 = 50,24 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jumlah tulangan (} n \text{) } = A_s / A_v = 33 \text{ buah}$$

Digunakan 35 buah tulangan

$$\text{Jarak tulangan (} S \text{) } = L_x / n = 201 \text{ mm}$$

$$\text{As pakai } = n \cdot A_v = 1758 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Syarat, } A_s \text{ pakai} &> A_s \\ 1758 &> 1650, \text{ Oke} \end{aligned}$$

Maka, dipakai Tulangan **D8 - 200**

F. Rekapitulasi penulangan pelat konvensional

Tabel 4.1 Rekap Penulangan Pelat Konvensional

No.	Jenis Tulangan	Detil Penulangan
1.	Tulangan Tumpuan Arah X	Φ 10 - 150
2.	Tulangan Lapangan Arah X	Φ 10 - 150
3.	Tulangan Susut Arah X	Φ 8 - 200
4.	Tulangan Tumpuan Arah Y	Φ 10 - 150
5.	Tulangan Lapangan Arah Y	Φ 10 - 150
6.	Tulangan Susut Arah Y	Φ 8 - 200

Sumber : Hasil Analisis

G. Kontrol lendutan pelat

- Modulus elastisitas beton (E_c)

$$f_c' = 29,05 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$E_c = 4700 \sqrt{f_c'} = 25332 \text{ Mpa}$$

- Modulus elastisitas Besi tulangan (E_s) = 210000 Mpa

- Beban merata pada pelat

$$Q = W_u = 728,16 \text{ kg/m}^2$$

$$L_y = 7,050 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} h &= 130 \text{ mm} \\ d_y &= 95 \text{ mm} \\ A_s &= 2747,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Lentutan Maksimum (SNI 2847:2013 pasal 9.5.3.1 tabel 9.5)

$$\Delta \text{ ijin} = L_y / 240 = 29,4 \text{ mm}$$

$$I_g = 0,083 \cdot L_y \cdot h^3 = 1290737500 \text{ mm}^4$$

- Modulus Keruntuhan Lentur (SNI 2847:2013 Pasal 9.5.2.3 persamaan 9-10)

$$\lambda \text{ untuk beton normal} = 1 \quad (\text{SNI 2847:2013 Pasal 8.6})$$

$$f_r = 0,62 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c'} = 3,34 \text{ Mpa}$$

- Nilai perbandingan modulus elastisitas

$$n = E_s / E_c = 8,3$$

- Jarak garis netral terhadap sisi atas beton

$$c = a / \beta_1 = 8,87 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_{cr} &= \frac{E_s}{E_c} \left(A_s + \frac{Q}{f_y} \cdot x \cdot \frac{h}{2d} \right) \cdot (d - c)^2 + \frac{L_y C^3}{3} \\ &= 168953530 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$y_t = 0,5 \cdot h = 65 \text{ mm}$$

- Moment retak (SNI 2847:2013 Pasal 9.5.2.3 persamaan 9-9)

$$M_{cr} = \frac{f_r \cdot I_g}{y_t} = 66357395 \text{ Nmm}$$

- Inersia efektif (SNI 2847:2013 Pasal 9.5.2.3 persamaan 9-8)

$$\begin{aligned} I_e &= \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 \cdot I_g + \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 \cdot I_{cr} \\ &= 1240676391040 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

- Lentutan elastis seketika akibat beban mati dan beban hidup

$$\Delta_e = \frac{5 \cdot Q \cdot l^4}{384 \cdot E_c \cdot I_e} = 0,075 \text{ mm}$$

- Rasio tulangan = 0,004

- Menurut SNI 2847:2013 Pasal 9.5.2.5 : faktor tergantung waktu (ξ) untuk beban dengan waktu >5 tahun, $\xi = 2$

$$\lambda\Delta = \frac{\xi}{1+50\rho} = 1,64$$

- Lendutan jangka panjang akibat rangkai dan susut

$$\Delta_g = \frac{\lambda\Delta^5 \cdot Q \cdot l^4}{384 \cdot Ec \cdot Ie} = 0,012 \text{ mm}$$

- Lendutan total

$$\Delta_{total} = \Delta_e + \Delta_g = 0,09 \text{ mm}$$

- Kontrol lendutan

$$\Delta_{total} < \Delta \text{ ijin}$$

$$0,09 \text{ mm} < 29,4 \text{ mm, Oke}$$

1.2.2 Hollow Core Slab

Analisa desain struktur pelat Hollow core slab direncanakan tanpa mengganti struktur rangka utama bangunan (balok dianggap kaku). Karena pelat lantai mempunyai fungsi menerima dan menyalurkan beban ke struktur balok. Beban yang bekerja pada pelat HCS direncanakan sama dengan beban yang bekerja pada pelat konvensional. Perencanaan pelat hollow core slab ini nantinya digunakan pada pekerjaan lantai mulai lantai 2 sampai dengan lantai 10. Perhitungan pelat HCS diambil contoh pada pelat type CS – 4.

1. Rencana analisa

Pada perencanaan ini akan dianalisa pelat dengan dimensi terpanjang yakni pelat tipe CS-4 Dengan dimensi 7,05 x 1,70 meter.

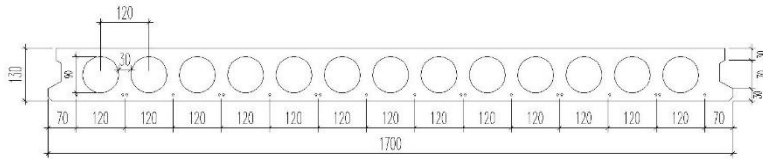
2. Kriteria bahan :

- A. Kuat tekan beton : K 450
- B. Kuat leleh besi ulir (fy) : 400 Mpa
- C. Berat jenis beton bertulang : 2400 kg/m³
- D. Berat jenis besi / baja : 7800 kg/m³

3. Data perencanaan :

- A. Modul pelat : S – 4
- B. Mutu beton (f'c) : 37,3 Mpa (K 450)
- C. Mutu baja (fy) : 400 Mpa
- D. Diameter Tendon Rencana (D) : 6 mm
- E. Panjang (Lx) : 7,05 m
- F. Lebar (Ly) : 1,70 m
- G. Tebal Pelat : 130 mm

4. Perencanaan Hollow Core Slab



Gambar 4.1 Penampang Hollow Core Slab Rencana

- A. Lebar (Bw) : 1,70 m
- B. Panjang (Lsl) : 7,05 m
- C. Tebal Hcs (h) : 130 mm
- D. Jarak antar tendon (b1) : 120 mm
- E. Tebal flens atas (t1) : 20 mm
- F. Tebal flens bawah (t2) : 20 mm
- G. Tebal badan (t3) : 30 mm
- H. Tebal badan ke tepi (t4) : 85 mm

$$a = \frac{t3}{b1} (h - t1 - t2) = 22,5 \text{ mm}$$

$$Ax = t1 + t2 + a = 62,5 \text{ mm (per satuan panjang arah sumbu Y)}$$

$$Acx = Ax \cdot Bw = 0,094 \cdot 1,20 = 0,106 \text{ m}^2 \text{ (untuk panjang 1,7 m)}$$

$$Sx = \frac{1}{2} t1^2 + a \frac{1}{2} (h + t1 - t2) + t2 (h - \frac{1}{2} t2) = 0,004 \text{ m}^2$$

$$Zx = Sx / Ax = 65 \text{ mm}$$

$$Ix = \frac{1}{12} t1^3 + t1 \left(Zx - \frac{1}{12} t1 \right)^2 + \frac{1}{12} t2^3 + t2 \left(h - Zx - \frac{1}{2} t2 \right)^2 + \frac{1}{12} a (h - t1 - t2)^2 + a \left[\frac{1}{2} (h - t1 - t2) \right]^2$$

$$= 0,0001 \text{ m}^3 \text{ (per satuan panjang arah sumbu Y)}$$

$$Icx = Ix \cdot Bw = 2,34 \times 10^8 \text{ mm}^4 \text{ (untuk panjang 1,7 m)}$$

$$Ay = t1 + t2 = 0,04 \text{ m (per satuan panjang arah sumbu X)}$$

$$Acy = Ay \cdot Lsl = 0,04 \cdot 7,05 = 0,28 \text{ m (untuk panjang 7,05 m)}$$

$$\begin{aligned} S_y &= \frac{1}{2} t1^2 + t2 \left(h - \frac{1}{2} t2 \right) \\ &= \frac{1}{2} 0,03^2 + 0,03^2 \left(0,15 - \frac{1}{2} 0,15 \right) \\ &= 2600 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$Z_y = S_y / A_y = 2600 / 40 = 65 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} I_y &= \frac{1}{12} t1^3 + t1 \left(Z_y - \frac{1}{2} t1 \right)^2 + \frac{1}{12} t2^3 + t2 \left(h - Z_y - \frac{1}{2} t2 \right)^2 \\ &= 0,0001 \text{ m}^3 \text{ (per satuan panjang arah sumbu X)} \end{aligned}$$

$$I_{cy} = I_y \cdot L_{sl} = 0,0086 \text{ m}^4 \text{ (untuk panjang 7,05 m)}$$

Tegangan akibat pengangkatan sewaktu pemasangan hollow core slab.

- Mutu Beton K 450
- f kub = 450 kg/cm²
- f c = 0,83 . f kub = 374 kg/cm²
- w = h . 2400 kg/m³ = 312 kg/m³
- ap = Lsl = 7,05 m
- bp = Bw = 1,70 m

$$\text{Moment Tahanan (Sx)} = \frac{0,5 \cdot f_{cx} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{0,5 \cdot 329,27}{150/2}}{h/2} = 1,79 \times 10^6 \text{ mm}^3$$

$$ft \text{ ijin} = 0,5 \sqrt{f_c} = 0,5 \sqrt{332} = 9,66 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} M_x &= 0,0107 \cdot w \cdot ap \cdot bp^2 \\ &= 0,0107 \cdot 312 \cdot 7,05 \cdot 1,7^2 \\ &= 68 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_y &= 0,0107 \cdot w \cdot ap^2 \cdot bp \\ &= 0,0107 \cdot 312 \cdot 7,05^2 \cdot 1,7 \\ &= 282,1 \text{ kgm} \end{aligned}$$

$$ft = M_y / S_x = 1,57 \text{ kg/cm}^2$$

Syarat Tegangan Tarik : ft	<	ft ijin
1,57	<	9,66 , Oke

5. Perencanaan Hollow Core Slab

A. Data Perencanaan :

1) Penampang Hcs per satu meter lebar

Tinggi Penampang (h)	= 130 mm
Tinggi Topping (h top)	= 30 mm
Lebar Penampang (bw)	= 1700 mm
Luas Penampang (Ac)	= Acx = 0,106 m ²
Momen Inersia (Ic)	= Icx = 2,34 x 10 ⁸ mm ⁴
Garis Berat Bawah (Cb)	= h / 2 = 65 mm
Garis Berat Atas (Ct)	= h – Cb = 65 mm
Sec. Modulus Atas (St)	= Ic/Ct = 3596698,7 mm ³
Sec. Modulus Bawah (Sb)	= Ic/Cb = 3596698,7 mm ³

2) Material

Mutu Beton	= K 450
f kub	= 450 kgf . cm ⁻²
fc = 0,83 . f kub	= 37,4 Mpa
fci = 0,65 . fc	= 24,3 Mpa
Fci = -0,60 . fci	= -14,6 Mpa
Fti = 0,25 √ fci	= 1,123 Mpa
Fc = - 0,45 . fc	= -16,8 Mpa (akibat prategang+ beban mati)
Fct = - 0,6 . fc	= -3,67 Mpa (akibat prategang + beban mati)
Ft = 0,5 √ fc	= 3,06 Mpa
Ec = 4700 √ fc	= 28723,9 Mpa
Eci = 4700 √ fci	= 23157,9 Mpa

3) Kabel Prategang

Fpu	= 1625 Mpa
Fpy	= 0,9 . fpu = 1462,5 Mpa
fpi	= 0,6 . fpu = 975 Mpa
fp eff	= 0,6 . fpi = 780 Mpa
Diameter Tendon (d)	= 6 mm
Jumlah Tendon (n)	= 20 buah
Luas per Tendon Efektif (A1)	= 0,25 . π . d ² = 28,26 mm ²
Eksentrisitas (e)	= 0,5 h – 20 mm = 45 mm

4) Mutu Baja (fy) = 400 Mpa

5) Pembebanan pelat

Beban Mati (DL)

$$\text{Berat Sendiri HCS (Qslb)} : \text{Ac} \cdot 2400 = 255 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Berat Topping (Qslb)} : \text{h top} \cdot 2400 = 72 \text{ kg/m}^2 +$$

$$\text{Total} = 327 \text{ kg/m}^2$$

Beban Mati Tambahan (SDL)

$$\text{Keramik} = 18 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Speci Keramik} = 38 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Ducting ME} = 19 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Plafon} = 5 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Pengantung Plafon} = 10 \text{ kg/m}^2 +$$

$$\text{Total} = 90 \text{ kg/m}^2$$

Beban Mati Total

$$\text{Beban Mati (DL)} = 327 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Beban Mati Tambahan (SDL)} = 90 \text{ kg/m}^2 +$$

$$\text{Total} = 417 \text{ kg/m}^2$$

Beban Hidup (LL)

$$\text{Beban Hidup Apartement} = 143 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Beban Hidup Koridor} = 192 \text{ kg/m}^2$$

Menurut SNI 1727-2013 pasal 4.7.2 dan 4.7.3 beban hidup lantai di atas 2 lantai harus direduksi sebesar 20 %, Sehingga :

$$\text{Beban Hidup Apartement} = 114,4 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Beban Hidup Koridor} = 153,6 \text{ kg/m}^2$$

Digunakan Beban Hidup Terbesar yakni : 153,6 kg/m²

$$Q = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}$$

$$= 746,2 \text{ kgm}$$

$$Mlx = 0,094 \cdot Q \cdot Lx^2$$

$$= 0,094 \cdot 746,2 \cdot 1,70^2$$

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

$$Mly = 0,094 \cdot Q \cdot Ly^2$$

$$= 0,094 \cdot 746,2 \cdot 7,05^2$$

$$= 3,49 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned}
 M_{tx} &= 0,117 \cdot Q \cdot Lx^2 \\
 &= 0,117 \cdot 746,2 \cdot 1,70^2 \\
 &= 0,25 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{ty} &= 0,117 \cdot Q \cdot Ly^2 \\
 &= 0,117 \cdot 746,2 \cdot 7,05^2 \\
 &= 4,34 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

B. Perhitungan gaya dalam

1) Perpendekan Elastis

$$E_{ci} = 21833,51$$

$$E_s = 210000$$

$$K_{es} = 1 \text{ (Untuk Batang Pratarik)}$$

$$K_{cir} = 0,9 \text{ (Untuk Batang Pratarik)}$$

$$\begin{aligned}
 P_{\text{ijin Kabel}} &= 0,7 \cdot n \cdot A_l \cdot f_{pu} \\
 &= 0,7 \cdot 20 \cdot 28,26 \cdot 1625 \\
 &= 643 \text{ Knm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_g &= -\frac{1}{8} DL \cdot Ls l^2 \\
 &= -\frac{1}{8} 417 \cdot 7,05^2 \\
 &= -2,59 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 f_{cir} &= K_{cir} \left(\frac{P_{i. \text{Kabel}}}{A_c} + \frac{P_{i. \text{Kabel}}}{I_c} \right) - \frac{M_g \cdot e}{I_c} \\
 &= 5,95 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_s &= K_{es} \frac{E_s}{E_{ci}} f_{cir} \\
 &= 1 \frac{210000}{21833,5} 7,31 \\
 &= 57,2 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

2) Rangkak Beton

$$K_{cr} = 2 \text{ (Untuk batang pratarik untuk beton normal)}$$

$$M_{sd} = 0,125 \times Q_{ll} \times Ls l^2 = 954 \text{ kgm}$$

$$f_{cfs} = \frac{M_{sd} \times e}{I_c} = 1,84 \text{ Mpa}$$

$$f_{cir} - f_{cfs} = 5,95 - 1,84 = 4,11 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} CR &= Kcr \frac{E_s}{E_{ci}} (f_{c1r} - f_{cd}) \\ &= 79,11 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

3) Susut Beton

$$\begin{aligned} \text{Luas (Ac)} &= 106250 \text{ mm}^2 \\ \text{Keliling (Sc)} &= 2(B_w + H) = 3660 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Ac / Sc &= 29,03 \\ K_{ss} &= 1 \\ R_h &= 0,7 \\ K_{sh} &= 1 \\ \epsilon_s &= f_y / E_s = 0,002 \\ SH &= \epsilon_s \cdot K_{sh} \cdot E_s \cdot K_{ss} (1 - R_h) \\ &= 0,002 \cdot 1 \cdot 210000 \cdot 1 \cdot (1 - 0,7) \\ &= 120 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

4) Relaksasi Baja

Untuk G270 low relaxation

$$K_{re} = 5000 \text{ Psi} = 34,47 \text{ Mpa}$$

$$J = 0,04$$

$$\text{Untuk, } f_{si} / f_{pu} = 0,7$$

$$C = 0,7$$

$$\begin{aligned} RE &= [K_{re} - J (SH + CR + ES)] C \\ &= [34,47 - 0,04 (120 + 79,1 + 57,2)] 0,7 \\ &= 17 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

% Losses / Total Kehilangan

$$\begin{aligned} \text{Loss} &= \frac{(SH+CR+ES+RE)}{f_{pu}} 100 \\ &= 16,8 \% \end{aligned}$$

Diambil losses sebesar 20 %

C. Perhitungan tegangan dan kapasitas pelat pracetak HCS

1) Dimensi Pelat Komposit

$$\begin{aligned} \text{Tinggi Pelat (h)} &= 130 \text{ mm} \\ \text{Panjang HCS Total (Lsl)} &= 7050 \text{ mm} \\ \text{Tinggi Topig (htop)} &= 30 \text{ mm} \\ \text{Tinggi Pelat komposit (hsl)} &= 160 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Beton Topping : $f_{kub\ top} = K\ 350$
 $f_{c' \ top} = 29,05\ Mpa$
 $E_{c\ top} = 25332$
 $n_{c\ top} = E_{c\ top} / E_c = 0,9$
- Lebar Pelat Transformasi (be) = $n_c \cdot B_w = 1499\ mm$
- Luas Penampang (A_{ck}) = $A_c + be \cdot h_{top} = 151227,8\ mm^2$
- Garis Berat Bawah

$$C_{bk} = \frac{be \cdot h_{top} \cdot (h + (h_{top} / 2)) + A_c \cdot C_b}{A_{ck}}$$

$$= \frac{1499 \cdot 30 \cdot (130 + (30 / 2)) + 106250 \cdot 65}{151227,8}$$

$$= 88,8\ mm$$

- Garis Berat Atas (C_{tk}) = $h_{sl} - C_{bk} = 71,2\ mm$
- Momen Inersia (I_{ck})

$$= I_c + A_c(C_{bk} - C_b)^2 + \frac{be \cdot h_{top}^2}{12} + be \cdot h_{top}(C_{tk} - \frac{h_{top}}{2})^2$$

$$= 439402588\ mm^4$$

- Sec. Modulus Atas (S_{tk}) = $I_{ck} / C_{tk} = 6170812\ mm^3$
- Sec. Modulus Bawah (S_{bk}) = $I_{ck} / C_{bk} = 4948595,5\ mm^3$

2) Perhitungan Gaya Dalam

Berat volume beton normal (γ_c) = $24\ kNm^{-3}$

Faktor reduksi lentur (ϕ) = $0,9$

Beban Mati (DL) : $Q_{slab} = A_c \cdot \gamma_c = 2,55\ kNm^{-1}$

$M_{slab} = 0,125 \cdot Q_{slab} \cdot L_{sl}^2 = 15,8\ kNm$

$Q_{top} = h_{top} \cdot b_w \cdot \gamma_c = 0,72\ kNm^{-1}$

$Q_{sdl} = 0,9\ kNm^{-1}$

Beban Hidup (LL) $Q_{ll} = 1,54\ kNm^{-1}$

- Momen tumpuan sementara ditengah bentang

Pada saat pengecoran topping HCS diberi tumpuan sementara

$Q_{d2} = Q_{top} + Q_{tamb} = 1,62\ kNm^{-1}$

$X = 0,5 \cdot L_{sl} = 3,525\ m$

$M_{dx}(X) = \frac{3}{16} Q_{d2} \cdot L_{sl} \cdot X - \frac{1}{2} Q_{d2} \cdot X^2$

$$= \frac{3}{16} 1,62 \cdot 7,05 \cdot 3,53 - \frac{1}{2} 1,7 \cdot 3,53^2$$

$$= -2,52 \text{ kNm}$$

$$M_{\text{corpek}} = -M_{\text{dx}}(X) = 2,52 \text{ kNm}$$

Pada saat tumpuan sementara dilepas

$$P = 0,6 \cdot Q_{\text{top}} \cdot L_{\text{sl}}$$

$$= 0,6 \cdot 0,72 \cdot 7,05$$

$$= 3,17 \text{ kNm}$$

$$M_{\text{prop}} = 0,35 \cdot P \cdot L_{\text{sl}}$$

$$= 0,35 \cdot 3,17 \cdot 7,05$$

$$= 5,59 \text{ kNm}$$

$$M_{\text{ll}} = 0,07 \cdot Q_{\text{ll}} \cdot L_{\text{sl}}^2$$

$$= 0,07 \cdot 1,54 \cdot 7,05^2$$

$$= 5,45 \text{ kNm}$$

$$M_{\text{sdl}} = 0,07 \cdot Q_{\text{sdl}} \cdot L_{\text{sl}}^2$$

$$= 0,07 \cdot 0,09 \cdot 7,05^2$$

$$= 3,2 \text{ kNm}$$

$$M_{\text{ts}} = M_{\text{slab}} - M_{\text{corpek}} + M_{\text{prop}} + M_{\text{ll}} + M_{\text{sdl}}$$

$$= 15,8 - 2,52 + 5,59 + 5,45 + 3,2$$

$$= 27,57 \text{ kNm}$$

$$M_{\text{u}} = 1,2 M_{\text{slab}} - 1,2 M_{\text{corpek}} + 1,2 M_{\text{prop}} + 1,2 M_{\text{ll}} + 1,6 M_{\text{sdl}}$$

$$= 1,2 \cdot 15,8 - 1,2 \cdot 2,52 + 1,2 \cdot 5,59 + 1,2 \cdot 5,45 + 1,2 \cdot 3,2$$

$$= 34,4 \text{ kNm}$$

$$\text{Banyaknya Tendon (n)} = 20$$

$$\text{Luas Tot. Prestress (Aps)} = n \cdot A_1 = 565 \text{ mm}^2$$

$$(P_i) = A_i \cdot A_{\text{ps}} = 551,1 \text{ kN}$$

3) Cek Kapasitas Tegangan

$$f_{\text{p eff}} = 780 \text{ Mpa}$$

$$f_{\text{p i}} = 975 \text{ Mpa}$$

$$P_{\text{eff}} = f_{\text{p eff}} \cdot A_{\text{ps}} = 441 \text{ kN}$$

$$P_i = f_{\text{p i}} \cdot A_{\text{ps}} = 551 \text{ Kn}$$

a). Pada Saat Transfer (HCS Saja)

$$\begin{aligned}\sigma_{a11} &= \frac{-P_i}{A_c} + \frac{P_i \cdot e}{S_t} \\ &= \frac{-551070}{106250} + \frac{551070 \cdot 45}{3596699} \\ &= 1,71 \text{ Mpa} \leq F_t = 1,23 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{b11} &= \frac{-P_i}{A_c} - \frac{P_i \cdot e}{S_b} \\ &= -12,1 \text{ Mpa} \leq F_{ci} = -15 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

b). Pada Saat Setelah Losses

$$\begin{aligned}\sigma_{a11} &= \frac{-P_{eff}}{A_c} + \frac{P_{eff} \cdot e}{S_t} - \frac{M_{slb}}{S_t} \\ &= \frac{-440856}{106250} + \frac{440856 \cdot 45}{3596699} - \frac{15842672}{3596699} \\ &= -5,26 \text{ Mpa} \leq F_c = 16,8 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{b11} &= \frac{-P_{eff}}{A_c} - \frac{P_{eff} \cdot e}{S_b} + \frac{M_{slb}}{S_b} \\ &= \frac{-440856}{106250} + \frac{440856 \cdot 45}{3596699} - \frac{15842672}{3596699} \\ &= -5,26 \text{ Mpa} \leq F_t = 3,06 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

c). Tegangan Setelah Topping Terpasang

$$\begin{aligned}\sigma_{a21} &= \sigma_{a11} + \frac{M_{corpek}}{S_t} \\ &= -3,04 + \frac{2,516189}{3596699} \\ &= -2,34 \text{ Mpa} \leq F_t = 3,06 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{b21} &= \sigma_{b11} + \frac{M_{corpek}}{S_b} \\ &= -5,26 + \frac{2,516189}{3596699} \\ &= -5,96 \text{ Mpa} \leq F_c = -16,8 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

d). Tegangan Setelah Komposit

$$\begin{aligned}\sigma_{a31} &= \sigma_{a21} - \frac{M_{prop}(h \cdot C_{bk})}{I_{ck}} \\ &= -2,49 \leq F_c = -16,8 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{b31} &= \sigma_{b21} - \frac{M_{prop}}{S_{bk}} \\ &= -5,96 \text{ Mpa} \leq F_t = 3,06 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

e). Pada Saat Beban Layan Bekerja (Sebagai Pelat Komposit)

$$\begin{aligned}\sigma_{a4l} &= \sigma_{a3l} - (M_{ll} + M_{sdl}) \frac{h - C_{bk}}{I_{ck}} \\ &= -3,3 \text{ Mpa} \leq F_c = -16,8 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{b4l} &= \sigma_{b3l} + \frac{M_{ll}}{S_{bk}} + \frac{M_{sdl}}{S_{bk}} \\ &= -4,2 \text{ Mpa} \leq F_t = 3,06 \text{ Mpa, OK}\end{aligned}$$

4) Cek Kapasitas Momen

Diameter tulangan pratekan (D_w) = 6 mm

Diameter tulangan (D_s) = 6 mm

Luas tulangan (A_{s1}) = 28,26 mm²

Banyaknya tulangan tekan (n_c) = 0

Luas total tul. Tekan (A_{sc}) = 0

Banyaknya tul. Tarik (n_p) = 0

Luas total tul. Tarik (A_{st}) = 0

Selimit beton (d_c) = 30 mm

Lengan tul. Pratekan (d_p) = $C_t + e = 110$ mm

Lengan tul. Non pratekan (d) = $h_{sl} - d_c - D_w - 0,5 \cdot D_s = 121$ mm

Tegangan tul. Pratekan efektif (f_{pe}) = $P_{eff} / A_{ps} = 780$ Mpa

$f_{pe} \geq 0,5 \cdot f_{pu}$

$780 \geq 812,5$ **TIDAK OK**

Maka,

$P = f_{py} / f_{pu} = 0,9$

$\gamma_P = 0,28$

$\beta_1 = 0,79$

$\rho_p = \frac{A_{ps}}{B_w \cdot d_p} = \frac{565,2}{1700 \cdot 110} = 0,003$ mm

$\rho_c = \frac{A_{sc}}{B_w \cdot d} = 0$

$\rho_t = \frac{A_{st}}{B_w \cdot d} = 0$

$\omega_c = 0$

$\omega_t = 0$

$f_{ps} = f_{pu} \left[1 - \frac{\gamma_P}{\beta_1} \left[\rho_p \frac{f_{pu}}{f_c} + \frac{d}{d_p} (\omega_t - \omega_c) \right] \right]$

$= 1625 \left[1 - \frac{0,28}{0,79} \left[0,003 \frac{1625}{33,2} + \frac{121}{110} (0 - 0) \right] \right] = 1539,9$ Mpa

$$\omega_p = \rho_p \frac{f_{ps}}{f_c} = 0,003 \frac{1539,9}{33,2} = 0,14$$

$$T_{ps} = f_{ps} \cdot A_{ps} = 1539,9 \cdot 565,2 = 870,4 \text{ kN}$$

$$a = \frac{T_{ps}}{0,85 \cdot f_c' \cdot top \cdot B_w} = \frac{870,4}{0,85 \cdot 29,05 \cdot 1700} = 20,7 \text{ mm}$$

$$M_n = T_{ps} [(d_p + h_{top}) - 0,5 a] + A_{st} \cdot f_y (d - 0,5 a) + A_{sc} \cdot f_y (d_c - 0,5 a) = 112,9 \text{ kN}$$

$$\Phi M_n \geq M_u$$

$$101,5 \geq 34,36 \dots\dots\dots \text{OK}$$

5) Cek Kapasitas Retak

$$\text{Tegangan tarik retak } (f_r) = 0,7 \sqrt{f_c} = 3,8 \text{ Mpa}$$

Kondisi tegangan pada tepi bawah HCS akibat beban layan total :

$$f_{akt} = \frac{-P_{eff}}{A_c} - \frac{P_{eff} \cdot e}{S_b} + \frac{M_{slab}}{S_b} - \frac{M_{corpek}}{S_b} + \frac{M_{prop}}{S_{bk}} + \frac{M_{ll}}{S_{bk}} + \frac{M_{sdl}}{S_{bk}}$$

$$= -4,21 \text{ Mpa}$$

$$M_{cr} = (f_r - f_{akt}) S_{bk} + M_{ts}$$

$$= (3,8 - (-4,21)) 4,95 + 27,6$$

$$= 67,1 \text{ kNm}$$

$$\Phi M_n / M_u = 101,5 / 34,4 = 2,96 \dots\dots\dots \text{OK}$$

6) Pemeriksaan Geser

$$\text{Lebar badan } (B_w) = 1700 \text{ mm}$$

$$\text{Faktor reduksi } (\phi) = 0,85$$

$$\text{Kuat tekan beton } (f_c) = 37,4 \text{ Mpa}$$

$$\text{Teg. Leleh tulangan } (f_y) = 400 \text{ Mpa}$$

- Gaya-Gaya Geser

Saat beban layan belum bekerja (geser hanya ditahan oleh HCS saja)

$$V_u \text{ dl} = 1,2 [0,5 (Q_{slab} + Q_{top}) L_{sl}]$$

$$= 1,2 [0,5 (2,55 + 0,72) 7,05]$$

$$= 13,8 \text{ kN}$$

Saat beban layan bekerja (geser ditahan oleh pelat komposit)

$$Q_d = Q_{slab} + Q_{top} + Q_{sdl} = 2,55 + 0,72 + 0,9 = 4,17 \text{ kN}$$

$$V_{II} = 0,5 \cdot Q_{II} \cdot L_{sl} = 0,5 \cdot 1,5 \cdot 7,05 = 5,4 \text{ kN}$$

$$V_d = 0,5 \cdot Q_d \cdot L_{sl} = 0,5 \cdot 18,8 \cdot 7,05 = 48,8 \text{ kN}$$

$$V_u = 1,2 (V_d - Q_d \cdot X) + 1,6 (V_{II} - Q_{II} \cdot X)$$

$$M_u = 1,2 (V_d \cdot X - 0,5 \cdot Q_d \cdot X^2) + 1,6 (V_{II} \cdot X - 0,5 Q_{II} \cdot X^2)$$

$$X_1 = 0,1 \text{ m}$$

$$X_2 = 0,5 \cdot h_{sl} = 0,08 \text{ m}$$

$$X_3 = 0,5 \cdot D_w = 0,3 \text{ m}$$

$$V_u (X_1) = 1,2 (V_d - Q_d \cdot X) + 1,6 (V_{II} - Q_{II} \cdot X)$$

$$= 1,2 (48,8 - 13,8 \cdot 0,1) + 1,6 (5,41 - 1,5 \cdot 0,1)$$

$$= 65,3 \text{ kNm}$$

$$V_u (X_2) = 65,7 \text{ kNm}$$

$$V_u (X_3) = 61,5 \text{ kNm}$$

$$M_u (X_1) = 1,2 (V_d \cdot X - 0,5 \cdot Q_d \cdot X^2) + 1,6 (V_{II} \cdot X - 0,5 Q_{II} \cdot X^2)$$

$$= 1,2(48,8 \cdot 0,1 - 0,5 \cdot 13,8 \cdot 0,01) + 1,6(5,41 \cdot 0,1 - 0,5 \cdot 1,5 \cdot 0,01)$$

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

$$M_u (X_2) = 5,3 \text{ kNm}$$

$$M_u (X_3) = 19,3 \text{ kNm}$$

Persyaratan geser menurut ACI :

$$0,4 \cdot f_{pu} < f_{pe}$$

$$650 < 780 \dots\dots\dots \text{OK}$$

Atau dapat menggunakan metode sebagai berikut :

$$V_{c1} = \frac{1}{8} \sqrt{f_c} + 4,8 \frac{V_{u1} \cdot d_p}{M_{u1}} = \frac{1}{8} \sqrt{35} + 4,8 \frac{65,3 \cdot 110}{6,62} = 5,2 \text{ Mpa}$$

$\lambda = 1$ (Untuk Beton Normal)

$$0,4 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c} = 2,3 \text{ Mpa}$$

$V_{c1} > 0,4 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_c} \dots\dots\dots$ Maka $v_c = 2,3 \text{ Mpa}$

- Saat beban layan belum bekerja (geser hanya ditahan HCS)

$$V_c = v_c (B_w \cdot d_p) = 2,19 (1,7 \cdot 110) = 431 \text{ kN}$$

$$V_u \text{ dl} < \phi \cdot V_c$$

$$13,8 < 366,3$$

- Saat beban layan bekerja (geser ditahan pelat oleh plat komposit)

$$\begin{aligned} V_c &= [v_c (h_{top} + d_p) h_{top} \cdot Be] \\ &= [2,3 (30 + 110) 30 \cdot 1499,3] \\ &= 1451,3 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u \text{ dl} &< \phi \cdot V_c \\ 13,9 &< 366 \end{aligned}$$

Maka, Tidak perlu dipasang tulangan geser

7) Cek Terhadap Defleksi

- Pada kondisi awal (Pelat prategang saja)

$$\Delta_{pi} = \frac{-pi \cdot e \cdot L_{sl}^2}{8 \cdot E_{ci} \cdot I_c} = -30,18 \text{ mm}$$

Defleksi akibat beban sendiri

$$\Delta_{bs} = \frac{5}{384} \cdot \frac{Q_{slab} \cdot L_{sl}^4}{E_{ci} \cdot I_c} = 16,07 \text{ mm}$$

Faktor jangka panjang untuk defleksi bersih pada waktu erection :

$$\Delta I = 1,85 \cdot \Delta_{bs} + 1,8 \cdot \Delta_{pi} = 1,85 \cdot 16,7 + 1,8 \cdot 30,2 = -24,6 \text{ mm}$$

- Pada kondisi akhir (Pelat Komposit)

Defleksi akibat topping

$$\Delta_{top} = \frac{1}{48} \cdot \frac{P \cdot L_{sl}^3}{E_{c} \cdot I_{ck}} = 0,002 \text{ mm}$$

Defleksi akibat SDL

$$\Delta_{sdl} = \frac{5}{384} \cdot \frac{Q_{sdl} \cdot L_{sl}^4}{E_{c} \cdot I_{ck}} = 2,3 \text{ mm}$$

Defleksi akibat beban hidup (LL)

$$\Delta_{ll} = \frac{5}{384} \cdot \frac{Q_{ll} \cdot L_{sl}^4}{E_{c} \cdot I_{ck}} = 3,9 \text{ mm}$$

Syarat Defleksi akibat beban hidup :

$$\Delta_{ll} < L_{sl} / 360$$

$$3,9 < 19,75 \text{ mm} \dots\dots\dots \mathbf{OK}$$

Total defleksi jangka panjang yang terjadi :

$$\begin{aligned}\Delta_2 &= 2,2 \cdot \Delta_{pi} + 2,4 \cdot \Delta_{bs} + 2,3 \cdot \Delta_{top} + 3 \cdot \Delta_{sdl} + 3 (30\% \cdot \Delta L) \\ &= 2,2 \cdot -30,2 + 2,4 \cdot 16,1 + 2,3 \cdot 0,002 + 3 \cdot 2,3 + 3 (30\% \cdot 3,9) \\ &= -17,4 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta \text{ Total} &= \Delta I - \Delta_2 + 70\% \cdot \Delta II \\ &= 0,26 - 17,7 + 0,7 \cdot 3,9 \\ &= 9,9 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Syarat, } \Delta \text{ Total} &< L_{sl}/240 \\ 9,9 &< 29,4 \dots\dots\dots \mathbf{OK}\end{aligned}$$

8) Pengecekan Geser Horizontal

$$\text{Lebar Bidang Kontak (bv)} = B_w = 1700 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi Efektif (d)} = d_p + h_{top} = 140 \text{ mm}$$

$$\rho_v = 0 \%$$

$$A_{v1} = 0 \text{ mm}^2$$

$$s = 0$$

$$V_u < V_{nh}$$

$$\text{Akibat Gempa, } V_g = 10,54 \text{ kN}$$

$$v_{u1} = V_{u1} + V_g = 75,8 \text{ kNm}$$

$$\phi \cdot 0,6 \cdot B_v \cdot d = 128,5 \text{ kN}$$

$$V_{u1} < \phi \cdot 0,6 \cdot B_v \cdot d$$

$$75,8 < 128,5 \dots\dots\dots \mathbf{OK}$$

Maka, Tidak perlu dipasang tulangan geser.

9) Tulangan Lentur Didaerah Tumpuan

$$\begin{aligned}M_{top} &= 0,09 \cdot Q_{top} \cdot L_{sl} \\ &= 0,09 \cdot 0,72 \cdot 7,05 \\ &= 0,46 \text{ kNm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_{lle} &= 0,09 \cdot Q_{ll} \cdot L_{sl} \\ &= 0,09 \cdot 1,5 \cdot 7,05 \\ &= 1,0 \text{ kNm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_{sdle} &= 0,09 \cdot Q_{sdl} \cdot L_{sl} \\ &= 0,09 \cdot 0,9 \cdot 7,05 \\ &= 0,57 \text{ kNm}\end{aligned}$$

$$f_c' \text{ top} = 29,05 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} M_{ue} &= 1,2 (M_{sdle} + M_{top}) + 1,6 \cdot M_{lle} \\ &= 1,2 (0,57 + 0,46) + 1,6 \cdot 1,0 \\ &= 2,79 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Akibat gempa,

$$M_g = 17,7 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned} M_{ue} &= 1,2 (M_{sdle} + M_{top}) + 1,0 \cdot M_{lle} + 1,0 \cdot M_g \\ &= 1,2 (0,57 + 0,46) + 1,0 \cdot 1,02 + 1,0 \cdot 17,7 \\ &= 19,9 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$M_u = M_{ue} = 19,9 \text{ kNm}$$

$$D_{tump} = 8 \text{ mm}$$

$$f_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} d_{top} &= h_{sl} - d_c - 0,5 \cdot D_{tump} \\ &= 160 - 30 - 0,5 \cdot 8 \\ &= 126 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s1} &= 0,25 \cdot \mu \cdot D_{tump}^2 \\ &= 0,25 \cdot 3,14 \cdot 8^2 \\ &= 50,2 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Jarak tulangan lentur (S)} = 150 \text{ mm}$$

$$A_s = \frac{b_w}{S} A_{s1} = \frac{1200}{150} \cdot 50,2 = 569 \text{ mm}^2$$

$$\text{Faktor reduksi lentur } (\phi) = 0,9$$

$$\beta_1 = 0,85$$

$$\begin{aligned} \rho_{Max} &= 0,75 \left(\beta_1 \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \cdot \frac{87000}{8700 + f_y} \right) \\ &= 0,75 \left(0,85 \cdot \frac{0,85 \cdot 29,05}{400} \cdot \frac{87000}{8700 + 400} \right) \\ &= 0,45 \end{aligned}$$

$$\rho_{Min} = 20 \%$$

$$\rho = \frac{A_s}{b_w \cdot d_{top}} = \frac{628}{1200 \cdot 155} = 0,003 \%$$

$$a = \frac{f_y \cdot A_s}{0,85 \cdot f_c' \text{ top} \cdot b_w} = \frac{400 \cdot 569}{0,85 \cdot 29,05 \cdot 1700} = 5,43 \text{ mm}$$

$$M_n = A_s \cdot f_y \cdot (d_{top} - 0,5 \cdot a) = 28 \text{ kNm}$$

$$M_n > M_u / \phi$$

$$28 > 22,1 \dots\dots\dots \text{OK}$$

10) Perhitungan Tulangan Transversal/Lateral

$$\begin{aligned} M_{top} &= 0,07 \cdot Q_{top} \cdot L_{sl} \\ &= 0,07 \cdot 0,86 \cdot 7,05^2 \\ &= 0,36 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$M_{sdl} = 0,45 \text{ kNm}$$

$$M_{ll} = 5,4 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned} M_u &= 1,2 M_{sdl} + 1,6 \cdot M_{ll} \\ &= 23,5 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Akibat gempa,

$$M_g = 17,52 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned} M_u &= 1,2 M_{sdl} + 1,0 \cdot M_{ll} + 1,0 \cdot M_g \\ &= 23,5 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\text{Faktor reduksi lentur } (\phi) = 0,9$$

$$\text{Rasio tul. minimum } (\rho_{min}) = 0,2 \%$$

$$\text{Luas tul. Min. Terpasang } (D_{str}) = 10 \text{ mm}$$

$$\text{Kuat leleh tulangan } (f_y) = 400 \text{ Mpa}$$

$$\text{Spasi tulangan } (S) = 150 \text{ mm}$$

$$\text{Luas Tul. Terpasang } (A_s) = \frac{1}{4} \mu \cdot D_{str}^2 \left(\frac{b_w}{S} \right) = 889,6 \text{ mm}^2$$

$$\text{Lebar Stress Beton } (a) = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot top \cdot B_w} = 8,48 \text{ mm}$$

$$\text{Legan Momen } (jd) = h_{sl} - 18,5 - 0,5 \cdot D_s - 0,5 \cdot a = 134 \text{ mm}$$

$$\text{Momen nominal terpasang } (M_n) = \phi \cdot A_s \cdot f_y \cdot jd = 43 \text{ mm}$$

$$M_n > M_u$$

$$43 > 23,5 \dots\dots\dots \text{OK}$$

“Tulangan Mampu Menahan Beban Layan”

11) Tulangan Stek (Sambungan Antar HCS)

Momen ultimit (M_u) = 23,5 kNm

Faktor Reduksi Lentur (ϕ) = 0,9

Diameter Tul. Terpasang (D_{stek}) = 13 mm

Kuat Leleh Tul. (f_y) = 400 Mpa

Spasi Tulangan (S) = 125 mm

Luas Tul. Total (A_s) = $\frac{1}{4} \mu \cdot D_{stek}^2 \left(\frac{bw}{S} \right) 1.6 = 2887 \text{ mm}^2$

Lebar Stress Beton (a) = $\frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c \cdot top \cdot B_w} = 50,6 \text{ mm}$

Legan Momen (jd) = $h_{top} - 0,5 \cdot D_s = 27 \text{ mm}$

Momen nominal terpasang (M_n) = $\phi \cdot A_s \cdot f_y \cdot jd = 28,06 \text{ mm}$

$M_n > M_u$

28,06 > 23,5 OK

“Tulangan Mampu Menahan Beban Layan”

1.2.3 Pelat Bondek

Analisa desain struktur pelat bondek direncanakan tanpa mengganti struktur rangka utama bangunan (balok dianggap kaku). Karena pelat lantai mempunyai fungsi menerima dan menyalurkan beban ke struktur balok. Momen dan beban yang bekerja pada pelat bondek direncanakan sama dengan momen yang bekerja pada pelat konvensional. Perencanaan pelat bondek ini nantinya digunakan pada pekerjaan lantai mulai lantai 2 sampai dengan lantai 10. Perhitungan pelat bondek diambil contoh pada pelat tipe B - 4.

1. Kriteria bahan :

- A. Kuat tekan beton : K350 / $f'c$ 29,05 Mpa
- B. Kuat leleh besi ulir (f_y) : 400 Mpa
- C. Berat jenis beton bertulang : 2400 kg/m³
- D. Berat jenis besi / baja : 7800 kg/m³

2. Rencana analisa

Pada perencanaan ini akan dianalisa pelat dengan dimensi terpanjang yakni pelat tipe S-4 Dengan dimensi 7,050 x 1,700 meter.

Data perencanaan :

- A. Modul pelat : B – 4
- B. Mutu beton (f'c) : fc` 30
- C. Mutu baja (fy) : 400 Mpa
- D. Diameter Tulangan Rencana (D) : 10 mm
- E. Panjang (Lx) : 7,05 m
- F. Lebar (Ly) : 1,70 m
- G. Tebal Pelat : 130 mm
- H. Tebal decking : 20 mm

3. Kombinasi pembebanan pelat bondek

Beban yang bekerja pada pelat bondek direncanakan sama dengan
Beban yang bekerja pada pelat konvensional.

$$Q = WU = 592,4 \text{ kN}$$

4. Perhitungan Momen

Momen yang bekerja pada pelat bondek direncanakan sama
dengan Momen yang bekerja pada pelat konvensional.

$$M_{lx} = 0,198 \text{ kNm}$$

$$M_{ly} = 3,402 \text{ kNm}$$

$$M_{tx} = 0,246 \text{ kNm}$$

$$M_{ty} = 4,23 \text{ kNm}$$

5. Kontrol kapasitas momen pelat bondek

Momen positif pelat bondek BMT 1.0

$$\phi M > M_{lx}$$

$$9,73 > 0,2 \dots\dots\dots \text{OK (Tidak perlu tulangan lap. Arah X)}$$

Momen negatif pelat bondek BMT 1.0

$$\phi M > M_{ly}$$

$$7,2 > 2,46 \dots\dots\dots \text{OK (Tidak perlu tulangan lap. Arah Y)}$$

6. Perhitungan tulangan rencana

Tulangan efektif

$$D_y = 130 - 20 - (0,5 \cdot 10) = 105 \text{ mm}$$

$$D_x = 130 - 20 - 10 - (0,5 \cdot 10) = 95 \text{ mm}$$

Menentukan batasan harga tulangan sesuai SNI 03-2847-2013 :

$$\beta_1 = 0,85 - \left(0,05 \cdot \frac{f'c-28}{7} \right) = 0,85 - \left(0,05 \cdot \frac{30-28}{7} \right) = 0,843$$

$$m = \frac{f_y}{\beta_1 \cdot f_c'} = \frac{400}{0,843 \cdot 30} = 16,3$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600+400} \right) = \frac{0,85 \cdot 0,843 \cdot 30}{400} \left(\frac{600}{600+400} \right) = 0,03$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b = 0,75 \cdot 0,03 = 0,023$$

Cek desain pelat :

$$L_y = 7,05 \text{ m}$$

$$L_x = 1,70$$

$$\beta = \frac{L_y}{L_x} = 4,1 > 2 \dots\dots\dots \text{OK}$$

Pelat bondek didesain sebagai pelat 1 arah

7. Perhitungan desain penulangan untuk pelat bondek

A. Tulangan lapangan arah Y

$$M_u L_y = M_l y = 3,4 \text{ kNm}$$

$$M_n = M_u / \phi = 3,4 / 0,9 = 3,78 \text{ kNm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d_y^2} = \frac{37799878}{1000 \cdot 105^2} = 0,343$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{16,3} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,3 \cdot 343}{400}} \right) \\ &= 0,0009 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &> \rho_{\min} \\ 0,0009 &< 0,0035, \text{ Sehingga dipakai } \rho_{\min} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \rho \cdot b \cdot d_y \\ &= 0,0035 \cdot 1000 \cdot 105 \\ &= 367,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan Yang Digunakan (\emptyset) = 10 mm

$$A_S \text{ Tulangan} = 0,25 \cdot 3,14 \cdot 10^2 = 78,5 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jarak Tulangan (S)} = \frac{1000}{A_s \text{ perlu} \cdot A_S \text{ Tulangan}} = 213,6 \text{ mm} \sim 150 \text{ mm}$$

Cek Jarak Antar Tulangan :

$$\begin{aligned} \text{As Pasang} &= \frac{\text{As Tulangan} \cdot 1000}{s} \\ &= \frac{78,5 \cdot 1000}{150} \\ &= 523,3 \text{ mm} \end{aligned}$$

As Pasang > As perlu

523,3 > 367,5 **OK**

Maka, Digunakan tulangan lapangan arah Y sebesar **D10 - 150**

B. Tulangan tumpuan arah Y

$$\text{Mu Ty} = \text{Mty} = 4,23 \text{ kNm}$$

$$\text{Mn} = \text{Mu} / \phi = 4,32 / 0,9 = 4,7 \text{ kNm}$$

$$\text{Rn} = \frac{\text{Mn}}{b \cdot \text{dy}^2} = \frac{47048784}{1000 \cdot 105^2} = 4,27$$

$$\begin{aligned} \rho \text{ perlu} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot \text{Rn}}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{16,3} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 16,3 \cdot 4,27}{400}} \right) \\ &= 0,0012 \end{aligned}$$

ρ perlu > ρ min

0,0012 < 0,0035 ; Sehingga dipakai ρ min

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \cdot b \cdot \text{dy} \\ &= 0,0035 \cdot 1000 \cdot 105 \\ &= 367,5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan Yang Digunakan (\emptyset) = 10 mm

$$\text{AS Tulangan} = 0,25 \cdot 3,14 \cdot 10^2 = 78,5 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak Tulangan (S)} &= \frac{1000}{\text{As perlu} \cdot \text{As Tulangan}} \\ &= \frac{1000}{367,5 \cdot 78,5} \\ &= 213,6 \text{ mm} \sim 150 \text{ mm} \end{aligned}$$

Cek Jarak Antar Tulangan :

$$\text{As Pasang} = \frac{\text{As Tulangan} \cdot 1000}{s} = 523,3 \text{ mm}$$

As Pasang > As perlu

523,3 > 367,5 **OK**

Maka, Digunakan tulangan tumpuan arah Y sebesar **D10 - 150**

C. Tulangan susut (Tulangan topping arah X)

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \frac{0,0018 \cdot 420 \cdot b \cdot h}{f_y} \\ &= \frac{0,0018 \cdot 420 \cdot 1000 \cdot 130}{400} \\ &= 245,7 \text{ mm} \end{aligned}$$

Tulangan Yang Digunakan (\emptyset) = 10 mm

$$\text{AS Tulangan} = 0,25 \cdot 3,14 \cdot 10^2 = 78,5 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak Tulangan (S)} &= \frac{1000}{\text{As perlu} \cdot \text{As Tulangan}} \\ &= \frac{1000}{245,7 \cdot 78,5} \\ &= 319 \text{ mm} \sim 250 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka, Digunakan tulangan susut sebesar **D10 – 250**

D. Panjang penyaluran pada pelat

$$\text{Ldh} > 8 \cdot db = 8 \cdot 10 = 80 \text{ mm}$$

$$\text{Ldh} > 150 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Ldh} &= \frac{100 \cdot db}{\sqrt{f_c}} \left(\frac{f_y}{400} \right) \\ &= \frac{100 \cdot 10}{\sqrt{30}} \left(\frac{400}{400} \right) \\ &= 185,5 \text{ mm} > 150 \text{ mm} \dots\dots\dots \text{OK} \end{aligned}$$

E. Rekapitulasi tulangan bondek

Tabel 4.2 Rekapitulasi perencanaan tulangan bondek dan topping

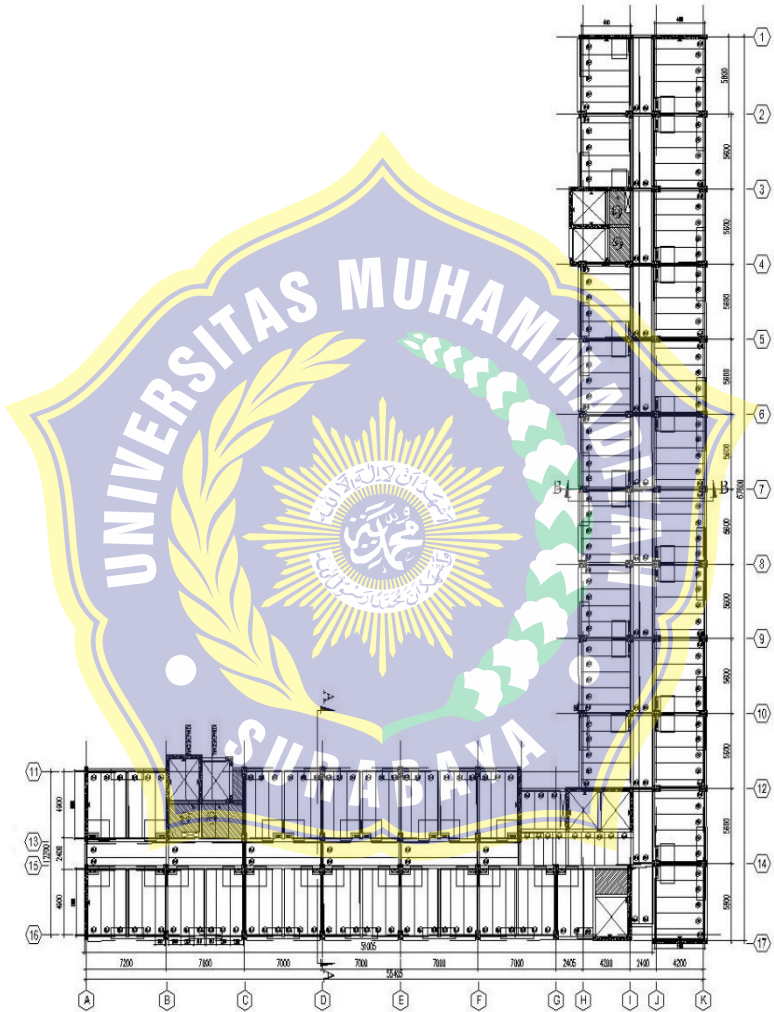
No	Type Pelat	Mly	Mty	Ldh	Tul. Susut
				mm	
1	S-4	D10 - 150	D10 - 150	20	-
2	S-4	-	-	20	D10 – 250

Sumber : Hasil Analisis

1.2.4 Pemodelan HCS dan Pelat Bondek

1. Pemodelan Hollow Core Slab (HCS)

Pemodelan Hollow Core Slab sesuai gambar dibawah ini :

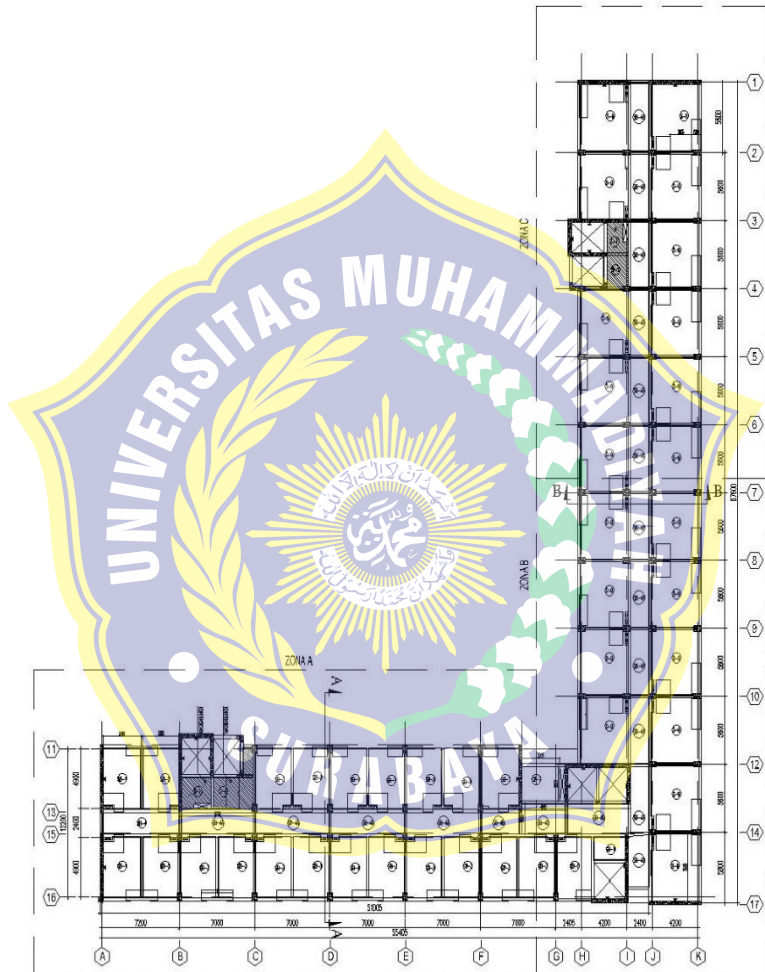


Gambar 4.2 Denah Pelat HCS lantai 2 – 10 (Typical)

Sumber : Lampran

2. Pemodelan Pelat Bondek

Pemodelan pelat bondek sesuai gambar dibawah ini :



Gambar 4.3 Denah pelat bondek lantai 2 – 10 (Typical)

Sumber : Lampiran

1.3 Metode Pelaksanaan Pekerjaan

Metode pelaksanaan direncanakan setelah desain selesai, kemudian dilakukan perencanaan metode pelaksanaan terhadap metode alternatif.

1.3.1 Pemilihan Tipe dan Penempatan Tower Crane

Kondisi area dan ruang gerak terbatas sehingga dipilih tipe Static Tower Crane. Penempatan tower crane mempengaruhi waktu untuk pekerjaan langsiran dan kapasitas lengan tower crane untuk mengangkat beban maksimum. Maka dari itu penempatan tower crane sebisa mungkin harus dekat dengan bangunan dan menjangkau seluruh area pekerjaan. Pada tugas akhir ini penempatan tower crane untuk metode paracetak dan metode pelat bondek diasumsikan sama dengan posisi penempatan tower crane kondisi eksisting.

Diketahui jarak terjauh area kerja yang dilayani tower crane pada proyek rusunami jakabaring adalah 55 m. Berdasarkan brosur tower crane (terlampir) didapatkan kapasitas maksimum yang bisa diangkat tower crane adalah 4,7 Ton. Faktor reduksi beban maksimum 0,85 sehingga didapatkan beban maksimum yang diijinkan adalah 3,99 Ton.

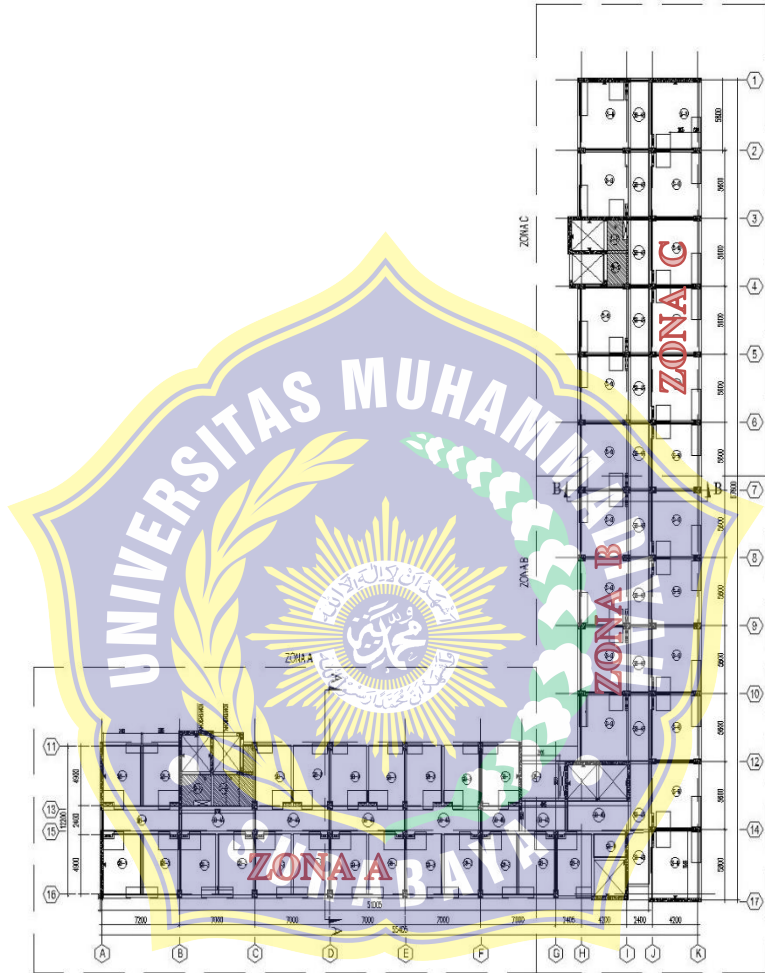
- Kontrol beban mati pelat hollow core slab (HCS)

Tipe	= CS-4
Panjang	= 7,05 m
Lebar	= 1,7 m
Tinggi Efektif	= 12,2 cm
Berat beton	= 2,4 Ton/m ³
W pelat	= $7,05 \cdot 1,2 \cdot 0,122 \cdot 2,4$
	= 2,5 Ton

Jadi, tower crane dengan panjang lengan 60 meter dapat digunakan.

1.3.2 Pembagian Zona Pekerjaan

Pembagian zona pekerjaan ini selain berfungsi sebagai zoning area pekerjaan juga berfungsi sebagai sequence dan pembagian grup kerja, pembagian zona pekerjaan alternatif metode 1 dan 2 dianggap sama dengan metode konvensional.



Gambar 4.4 Zona Area Kerja
 Sumber : Data Proyek

Dari gambar diatas dapat diketahui area dibagi dalam 3 zona. Dasar pembagian zona yaitu luasan area kerja yang terlalu besar sehingga harus dibagi menjadi luasan yang lebih kecil untuk memudahkan pembagian grub kerja, selain itu pembagian zona juga disesuaikan dengan

letak dinding geser. Urutan pekerjaan dimulai berurutan dari zona A ke zona B selanjutnya ke zona C.

1.3.3 Menentukan Koordinat Center of Gravity (COG)

A. Koordinat COG Hollow Core Slab

Menentukan koordinat center of gravity (COG) unruk Mengetahui jarak dari tower crane ke titik pusat lokasi pelat HCS pada saat pekerjaan erection. Perhitungan koordinat COG dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 4.3 Perhitungan COG Pelat Hollow Core Slab (HCS) Zona A

No.	LOKASI / AS	PANJANG (m)	LEBAR (m)	Ai (m)	Xi (m)	Yi (m)	Ai Xi (m ³)	Ai Yi (m ³)
i	j	3	3	6 - 4 x 5	7	8	6 - 6 x 7	10 - 6 x 8
1	AB 11; AB 13	1,200	5,060	6,072	-39,835	-23,600	-241,878	-143,299
2		1,200	5,060	6,072	-38,638	-23,600	-234,592	-143,299
3		1,200	5,060	6,072	-36,160	-23,600	-219,564	-143,299
4		1,200	5,060	6,072	-34,960	-23,600	-212,277	-143,299
5		1,085	5,060	5,490	-37,493	-23,600	-205,840	-129,566
6		0,985	5,060	4,984	-33,868	-23,600	-168,801	-117,625
7	AB 13; AB 15	7,110	1,200	8,532	-36,930	-26,970	-313,087	-230,108
8		7,110	0,560	3,982	-36,930	-27,850	-147,040	-110,888
9	AB 15; AB 16	1,200	5,060	6,072	-39,835	-30,900	-241,878	-187,625
10		1,200	5,060	6,072	-38,635	-30,900	-234,592	-187,625
11		1,200	5,060	6,072	-36,160	-30,900	-219,564	-187,625
12		1,200	5,060	6,072	-34,960	-30,900	-212,277	-187,625
13		1,085	5,060	5,490	-37,493	-30,900	-205,840	-169,644
14		0,910	5,060	4,605	-33,904	-30,900	-156,114	-142,282
15	BC 15; BC 16	1,200	5,060	6,072	-32,660	-23,600	-108,312	-143,299
16		1,200	5,060	6,072	-31,460	-23,600	-191,025	-143,299
17		1,200	5,060	6,072	-28,250	-23,600	-171,534	-143,299
18		1,200	5,060	6,072	-27,050	-23,600	-164,248	-143,299
19		0,910	5,060	4,605	-30,404	-30,900	-139,998	-142,282
20		6,735	1,200	4,605	-29,305	-30,900	-134,938	-142,282
21	BC 15; BC 16	6,735	1,200	8,082	-29,818	-26,970	-240,989	-217,972
22		6,735	0,560	3,772	-29,818	-27,850	-112,462	-105,039
23	CD 11; CD 13	1,200	5,060	6,072	-24,750	-23,600	-150,282	-143,299
24		1,200	5,060	6,072	-23,550	-23,600	-142,996	-143,299
25		1,200	5,060	6,072	-22,160	-23,600	-134,556	-143,299
26		1,200	5,060	6,072	-20,960	-23,600	-127,269	-143,299
27		0,910	5,060	4,605	-35,805	-23,600	-118,822	-108,669
28		0,910	5,060	4,605	-19,905	-23,600	-91,655	-108,669
29		6,735	1,200	8,082	-22,855	-26,970	-184,714	-217,972
30		6,735	0,560	3,772	-22,855	-27,850	-86,200	-105,039
31	CD 15; CD 16	1,200	5,060	6,072	-25,668	-30,900	-155,856	-187,625
32		1,200	5,060	6,072	-24,469	-30,900	-148,576	-187,625
33		1,200	5,060	6,072	-20,050	-30,900	-121,744	-187,625
34		1,200	5,060	6,072	-21,250	-30,900	-129,030	-187,625
35		0,910	5,060	4,605	-23,406	-30,900	-107,775	-142,282
36		0,910	5,060	4,605	-22,305	-30,900	-102,706	-142,282
37	DE 11; DE 13	0,910	5,060	4,605	-18,805	-23,600	-86,590	-108,669
38		0,910	5,060	4,605	-12,905	-23,600	-59,422	-108,669
39		1,200	5,060	6,072	-17,750	-23,600	-107,778	-143,299
40		1,200	5,060	6,072	-16,550	-23,600	-100,492	-143,299
41		1,200	5,060	6,072	-15,160	-23,600	-92,052	-143,299
42		1,200	5,060	6,072	-13,960	-23,600	-84,765	-143,299
43	DE 13; DE 15	6,735	1,200	8,082	-15,856	-26,970	-128,148	-217,972
44		6,735	0,560	3,772	-15,856	-27,850	-59,802	-105,039
45	DE 15; DE 16	1,200	5,060	6,072	-18,660	-30,900	-113,304	-187,625
46		1,200	5,060	6,072	-17,460	-30,900	-106,017	-187,625
47		1,200	5,060	6,072	-14,250	-30,900	-86,526	-187,625

Lanjutan

No.	LOKASI / AS	PANJANG (m)	LEBAR (m)	Ai (m)	Xi (m)	Yi (m)	Ai Xi (m ²)	Ai Yi (m ³)	
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6 = 4 x 5</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9 = 6 x 7</i>	<i>10 = 6 x 8</i>
48		1,200	5,060	6,072	-13,050	-30,900	-79,240	-187,625	
49		0,910	5,060	4,605	-16,405	-30,900	-75,538	-142,282	
50		0,910	5,060	4,605	-15,305	-30,900	-70,473	-142,282	
51	EF 11 ; EF 13	1,200	5,060	6,072	-10,750	-23,600	-65,274	-143,299	
52		1,200	5,060	6,072	-9,550	-23,600	-57,988	-143,299	
53		1,200	5,060	6,072	-8,160	-23,600	-49,548	-143,299	
54		1,200	5,060	6,072	-6,960	-23,600	-42,261	-143,299	
55	EF 13 ; EF 15	6,735	1,200	8,082	-8,855	-26,970	-71,566	-217,972	
56		6,735	0,560	3,772	-8,855	-27,850	-33,398	-105,039	
57		0,910	5,060	4,605	-11,805	-23,600	-54,357	-108,669	
58		0,910	5,060	4,605	-5,905	-23,600	-27,190	-108,669	
59	EF 15 ; EF 16	1,200	5,060	6,072	-11,660	-30,900	-70,800	-187,625	
60		1,200	5,060	6,072	-10,460	-30,900	-63,513	-187,625	
61		1,200	5,060	6,072	-7,250	-30,900	-44,022	-187,625	
62		1,200	5,060	6,072	-6,050	-30,900	-36,736	-187,625	
63		0,910	5,060	4,605	-9,405	-30,900	-43,306	-142,282	
64		0,910	5,060	4,605	-8,301	-30,900	-38,223	-142,282	
65	FG 11 ; FG 13	1,200	5,060	6,072	-3,575	-23,600	-21,707	-143,299	
66		1,200	5,060	6,072	-2,375	-23,600	-14,421	-143,299	
67		1,085	5,060	5,490	-4,718	-23,600	-25,902	-129,566	
68	FG 13 ; FG 15	6,810	1,200	8,172	-3,493	-26,970	-28,545	-220,399	
69		6,810	0,560	3,814	-3,493	-27,850	-13,321	-106,209	
70		0,910	5,060	4,605	-2,375	-23,600	-10,936	-108,669	
71	FG 15 ; FG 16	1,200	5,060	6,072	-4,660	-30,900	-28,296	-187,625	
72		1,200	5,060	6,072	-3,460	-30,900	-21,009	-187,625	
					409,922		-8283,493	-11077,095	
							$\Sigma Ai Xi / \Sigma Ai$	-20,208	
							$\Sigma Ai Yi / \Sigma Ai$	-27,022	

Sumber : Hasil Analisis

Tabel 4.4 Perhitungan COG Pelat Hollow Core Slab (HCS) Zona B

No.	LOKASI / AS	PANJANG (m)	LEBAR (m)	Ai (m)	Xi (m)	Yi (m)	Ai Xi (m ³)	Ai Yi (m ³)
1	3	4	5	6 = 4 x 5	7	8	9 = 6 x 7	10 = 6 x 8
1	FG 12 ; FG 13	1,200	2,860	3,432	-0,905	-24,000	-82,368	-3,106
2		1,200	2,860	3,432	0,295	-24,000	-82,368	1,012
3		1,100	2,860	3,146	1,447	-24,000	-75,504	4,552
4	FG 13 ; FG 14	1,200	2,510	3,012	-0,935	-26,880	-80,963	-2,816
5		1,200	2,510	3,012	1,930	-26,880	-80,963	5,813
6		0,833	2,510	2,091	0,918	-26,880	-56,202	1,919
7		0,833	2,510	2,091	0,080	-26,880	-56,202	0,167
8	FG 15 ; FG 16	0,910	5,060	4,605	-1,301	-30,900	-142,282	-5,991
9		1,200	5,060	6,072	-0,250	-30,900	-187,625	-1,518
10		1,200	5,060	6,072	0,950	-30,900	-187,625	5,768
11	GI 13 ; GI 14	1,200	2,510	3,012	26,875	-3,320	-10,000	80,948
12		1,200	2,510	3,012	26,875	-4,520	-13,614	80,948
13		1,200	2,510	3,012	26,875	-6,580	-19,819	80,948
14		1,200	2,510	3,012	26,875	-7,780	-23,433	80,948
15		0,860	2,510	2,159	26,875	-5,550	-11,980	58,012
16	GI 15 ; GI 16	0,835	5,110	4,267	30,925	-4,520	-19,286	131,952
17		1,200	5,110	6,132	30,925	-3,500	-21,462	189,632
18		1,200	5,110	6,132	30,925	-2,300	-14,104	189,632
19	HI 10 ; HI 12	1,200	4,460	5,352	-6,150	21,095	112,900	-32,915
20		1,200	4,460	5,352	-6,150	19,895	106,478	-32,915
21		1,200	4,460	5,352	-6,150	18,695	100,056	-32,915
22		1,200	4,460	5,352	-6,150	17,484	93,874	-32,915
23		0,780	4,460	3,479	-6,150	22,085	76,829	-21,395
24	HI 9 ; HI 10	1,200	4,460	5,352	-6,150	15,495	82,929	-32,915
25		1,200	4,460	5,352	-6,150	14,295	76,507	-32,915
26		1,200	4,460	5,352	-6,150	13,095	70,084	-32,915
27		1,200	4,460	5,352	-6,150	11,884	63,603	-32,915
28		0,600	4,460	2,676	-6,150	16,395	43,873	-16,457
29	HI 8 ; HI 9	1,200	4,460	5,352	-6,150	10,505	56,223	-32,915
30		1,200	4,460	5,352	-6,150	9,305	49,800	-32,915
31		1,200	4,460	5,352	-6,150	8,105	43,378	-32,915
32		1,200	4,460	5,352	-6,150	6,905	36,956	-32,915
33		0,600	4,460	2,676	-6,150	6,005	16,069	-16,457
34	HI 7 ; HI 8	1,200	4,460	5,352	-6,150	4,295	22,987	-32,915
35		1,200	4,460	5,352	-6,150	3,095	16,564	-32,915
36		1,200	4,460	5,352	-6,150	1,895	10,142	-32,915
37		1,200	4,460	5,352	-6,150	0,685	3,666	-32,915
38		0,600	4,460	2,676	-6,150	5,195	13,902	-16,457
39	IJ 14 ; IJ 17	5,585	1,200	6,702	-9,723	30,915	207,192	-65,164
40		5,585	0,735	4,105	-8,776	30,890	126,803	-36,025
41	IJ 12 ; IJ 14	5,410	1,200	6,492	-9,730	25,200	163,598	-63,167
42		5,410	0,560	3,030	-8,850	25,200	76,346	-26,812
43	IJ 10 ; IJ 12	5,410	1,200	6,492	-9,730	19,600	127,243	-63,167
44		5,410	0,735	3,976	-8,850	19,600	77,936	-35,191
45	IJ 9 ; IJ 10	5,410	1,200	6,492	-9,730	14,000	90,888	-63,167
46		5,410	0,735	3,976	-8,850	14,000	55,669	-35,191
47	IJ 8 ; IJ 9	5,410	1,200	6,492	-9,730	8,400	54,533	-63,167

Lanjutan

No.	LOKASI / AS	PANJANG (m)	LEBAR (m)	Ai (m)	Xi (m)	Yi (m)	Ai Xi (m ³)	Ai Yi (m ³)
1	3	4	5	$6 = 4 \times 5$	7	8	$9 = 6 \times 7$	$10 = 6 \times 8$
48		5,410	0,735	3,976	-8,850	8,400	33,401	-35,191
49	IJ 7 ; IJ 8	5,410	1,200	6,492	-9,730	2,800	18,178	-63,167
50		5,410	0,735	3,976	-8,850	2,800	11,134	-35,191
51	JK 14 ; JK 17	0,780	4,460	3,479	-12,750	33,285	115,792	-44,355
52		1,200	4,460	5,352	-12,750	32,295	172,843	-68,238
53		1,200	4,460	5,352	-12,750	31,095	166,420	-68,238
54		1,200	4,460	5,352	-12,750	29,895	159,998	-68,238
55		1,200	4,460	5,352	-12,750	28,695	153,576	-68,238
56	JK 12 ; JK 14	0,600	4,460	2,676	-12,750	22,800	61,013	-34,119
57		1,200	4,460	5,352	-12,750	27,316	146,195	-68,238
58		1,200	4,460	5,352	-12,750	26,105	139,714	-68,238
59		1,200	4,460	5,352	-12,750	24,905	133,292	-68,238
60		1,200	4,460	5,352	-12,750	23,705	126,869	-68,238
61	JK 10 ; JK 12	0,600	4,460	2,676	-12,750	21,150	56,597	-34,119
62		1,200	4,460	5,352	-12,750	21,095	112,900	-68,238
63		1,200	4,460	5,352	-12,750	19,895	106,478	-68,238
64		1,200	4,460	5,352	-12,750	18,695	100,056	-68,238
65		1,200	4,460	5,352	-12,750	17,495	93,633	-68,238
66	JK 9 ; JK 10	0,600	4,460	2,676	-12,750	11,600	31,042	-34,119
67		1,200	4,460	5,352	-12,750	16,116	86,253	-68,238
68		1,200	4,460	5,352	-12,750	14,905	79,772	-68,238
69		1,200	4,460	5,352	-12,750	13,705	73,349	-68,238
70		1,200	4,460	5,352	-12,750	12,505	66,927	-68,238
71	JK 8 ; JK 9	0,600	4,460	2,676	-12,750	10,795	28,887	-34,119
72		1,200	4,460	5,352	-12,750	9,895	52,958	-68,238
73		1,200	4,460	5,352	-12,750	8,694	46,530	-68,238
74		1,200	4,460	5,352	-12,750	7,494	40,108	-68,238
75		1,200	4,460	5,352	-12,750	6,295	33,691	-68,238
76	JK 7 ; JK 8	0,600	4,460	2,676	-12,750	0,405	1,084	-34,119
77		1,200	4,460	5,352	-12,750	4,916	26,310	-68,238
78		1,200	4,460	5,352	-12,750	3,705	19,829	-68,238
79		1,200	4,460	5,352	-12,750	2,505	13,407	-68,238
80		1,200	4,460	5,352	-12,750	1,305	6,984	-68,238
				372,349			3426,152	-2135,844
							Σ Ai Xi / Σ Ai	9,201
							Σ Ai Yi / Σ Ai	-5,736

Sumber : Hasil Analisis

Tabel 4.5 Perhitungan COG Pelat Hollow Core Slab (HCS) Zona C

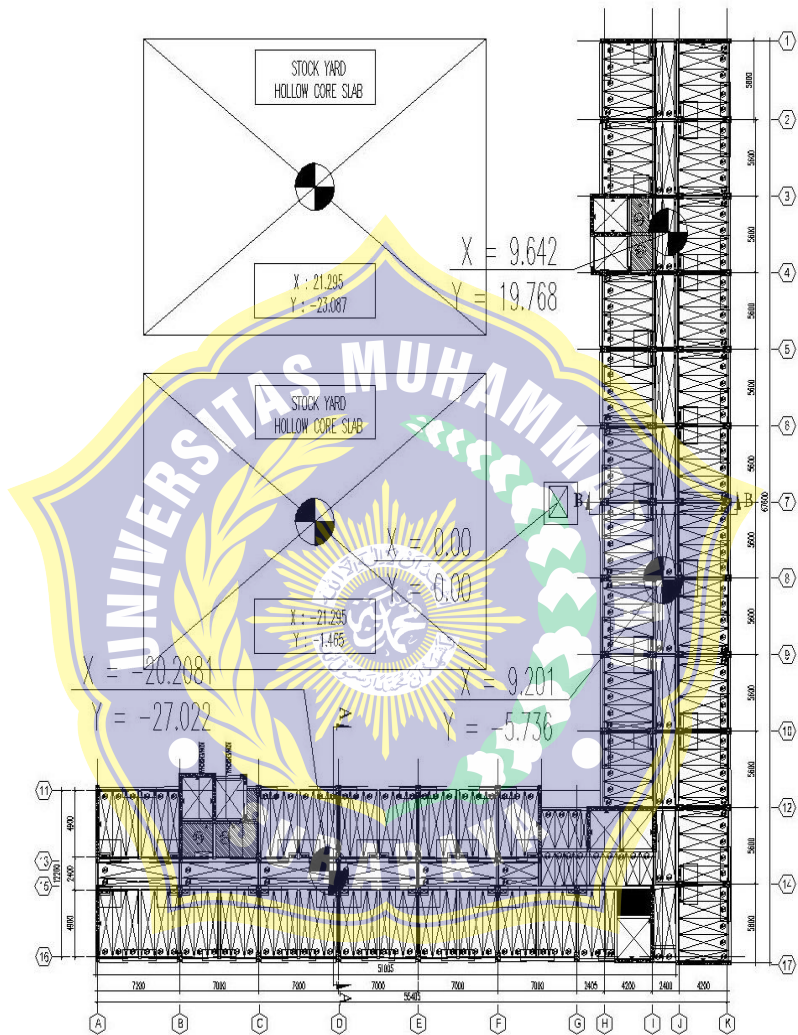
No.	LOKASI / AS	PANJANG (m)	LEBAR (m)	Ai (m)	Xi (m)	Yi (m)	Ai Xi (m ³)	Ai Yi (m ³)
1	3	4	5	6 = 4 x 5	7	8	9 = 6 x 7	10 = 6 x 8
1	JK 1 - JK 2	1,200	4,460	5,352	12,750	32,295	68,238	172,843
2	JK 1 - JK 2	1,200	4,460	5,352	12,750	31,095	68,238	166,420
3	JK 1 - JK 2	1,200	4,460	5,352	12,750	29,895	68,238	159,998
4	JK 1 - JK 2	1,200	4,460	5,352	12,750	28,685	68,238	153,522
5	JK 2 - JK 3	1,200	4,460	5,352	12,750	27,305	68,238	146,136
6	JK 2 - JK 3	1,200	4,460	5,352	12,750	26,105	68,238	139,714
7	JK 2 - JK 3	1,200	4,460	5,352	12,750	24,905	68,238	133,292
8	JK 2 - JK 3	1,200	4,460	5,352	12,750	23,705	68,238	126,869
9	JK 3 - JK 4	1,200	4,460	5,352	12,750	21,095	68,238	112,900
10	JK 3 - JK 4	1,200	4,460	5,352	12,750	19,895	68,238	106,478
11	JK 3 - JK 4	1,200	4,460	5,352	12,750	18,695	68,238	100,056
12	JK 3 - JK 4	1,200	4,460	5,352	12,750	17,484	68,238	93,574
13	JK 4 - JK 5	1,200	4,460	5,352	12,750	16,105	68,238	86,194
14	JK 4 - JK 5	1,200	4,460	5,352	12,750	14,905	68,238	79,772
15	JK 4 - JK 5	1,200	4,460	5,352	12,750	13,705	68,238	73,349
16	JK 4 - JK 5	1,200	4,460	5,352	12,750	12,505	68,238	66,927
17	JK 5 - JK 6	1,200	4,460	5,352	12,750	9,895	68,238	52,958
18	JK 5 - JK 6	1,200	4,460	5,352	12,750	8,695	68,238	46,536
19	JK 5 - JK 6	1,200	4,460	5,352	12,750	7,495	68,238	40,113
20	JK 5 - JK 6	1,200	4,460	5,352	12,750	6,285	68,238	33,637
21	JK 6 - JK 7	1,200	4,460	5,352	12,750	4,905	68,238	26,252
22	JK 6 - JK 7	1,200	4,460	5,352	12,750	3,705	68,238	19,829
23	JK 6 - JK 7	1,200	4,460	5,352	12,750	2,505	68,238	13,407
24	JK 6 - JK 7	1,200	4,460	5,352	12,750	1,305	68,238	6,984
25	HI 1 - HI 2	1,200	4,460	5,352	6,150	33,080	32,915	177,044
26	HI 1 - HI 2	1,200	4,460	5,352	6,150	31,880	32,915	170,622
27	HI 1 - HI 2	1,200	4,460	5,352	6,150	30,680	32,915	164,199
28	HI 1 - HI 2	1,200	4,460	5,352	6,150	29,480	32,915	157,777
29	HI 2 - HI 3	1,200	4,460	5,352	6,150	26,745	32,915	143,139
30	HI 2 - HI 3	1,200	4,460	5,352	6,150	25,545	32,915	136,717
31	HI 2 - HI 3	1,200	4,460	5,352	6,150	24,345	32,915	130,294
32	HI 2 - HI 3	1,200	4,460	5,352	6,150	23,145	32,915	123,872
33	HI 4 - HI 5	1,200	4,460	5,352	6,150	15,495	32,915	82,929
34	HI 4 - HI 5	1,200	4,460	5,352	6,150	14,295	32,915	76,507
35	HI 4 - HI 5	1,200	4,460	5,352	6,150	13,095	32,915	70,084
36	HI 4 - HI 5	1,200	4,460	5,352	6,150	11,895	32,915	63,662
37	HI 5 - HI 6	1,200	4,460	5,352	6,150	10,520	32,915	56,303
38	HI 5 - HI 6	1,200	4,460	5,352	6,150	9,310	32,915	49,827
39	HI 5 - HI 6	1,200	4,460	5,352	6,150	8,110	32,915	43,405
40	HI 5 - HI 6	1,200	4,460	5,352	6,150	6,910	32,915	36,982
41	HI 6 - HI 7	1,200	4,460	5,352	6,150	4,295	32,915	22,987
42	HI 6 - HI 7	1,200	4,460	5,352	6,150	3,095	32,915	16,564
43	HI 6 - HI 7	1,200	4,460	5,352	6,150	1,895	32,915	10,142
44	HI 6 - HI 7	1,200	4,460	5,352	6,150	0,695	32,915	3,720
45	JK 2 - JK 3	0,600	4,460	2,676	12,750	22,805	34,119	61,026
46	JK 3 - JK 4	0,600	4,460	2,676	12,750	21,995	34,119	58,859
47	JK 4 - JK 5	0,600	4,460	2,676	12,750	11,605	34,119	31,055

Lanjutan

No.	LOKASI / AS	PANJANG (m)	LEBAR (m)	Ai (m)	Xi (m)	Yi (m)	Ai Xi (m ³)	Ai Yi (m ³)
1	3	4	5	6 = 4 x 5	7	8	9 = 6 x 7	10 = 6 x 8
48	JK 5 - JK 6	0,600	4,460	2,676	12,750	10,795	34,119	28,887
49	JK 6 - JK 7	0,600	4,460	2,676	12,750	0,405	34,119	1,084
50	HI 2 - HI 3	0,600	4,460	2,676	6,150	27,620	16,457	73,911
51	HI 4 - HI 5	0,600	4,460	2,676	6,150	16,395	16,457	43,873
52	HI 5 - HI 6	0,600	4,460	2,676	6,150	6,010	16,457	16,083
53	HI 6 - HI 7	0,600	4,460	2,676	6,150	5,195	16,457	13,902
54	JK 1 - JK 2	0,780	4,460	3,479	12,750	33,285	44,355	115,792
55	HI 1 - HI 2	0,780	4,460	3,479	6,150	28,490	21,395	99,111
56	IJ 1 - IJ 2	56,350	1,200	67,620	9,730	30,911	657,943	2090,202
57	IJ 2 - IJ 3	5,410	1,200	6,492	9,730	25,200	63,167	163,598
58	IJ 3 - IJ 4	5,410	1,200	6,492	9,730	19,600	63,167	127,243
59	IJ 4 - IJ 5	5,410	1,200	6,492	9,730	14,000	63,167	90,888
60	IJ 5 - IJ 6	5,410	1,200	6,492	9,730	8,400	63,167	54,533
61	IJ 6 - IJ 7	5,410	1,200	6,492	9,730	2,800	63,167	18,178
62	IJ 1 - IJ 2	56,350	0,560	31,556	8,850	30,911	279,271	975,428
63	IJ 2 - IJ 3	5,410	0,560	3,030	8,850	25,200	26,812	76,346
64	IJ 3 - IJ 4	5,410	0,560	3,030	8,850	19,600	26,812	59,380
65	IJ 4 - IJ 5	5,410	0,560	3,030	8,850	14,000	26,812	42,414
66	IJ 5 - IJ 6	5,410	0,560	3,030	8,850	8,400	26,812	25,449
67	IJ 6 - IJ 7	5,410	0,560	3,030	8,850	2,800	26,812	8,483
				413,314			3985,291	8170,262
							Σ Ai Xi / Σ Ai	9,642
							Σ Ai Yi / Σ Ai	19,768

Sumber : Hasil Analisis

Dari tabel diatas didapatkan koordinat COG Zona A ($X = -20.208$ $Y = -27.022$), Koordinat Zona B ($X = 14.746$ $Y = -11.281$), Koordinat Zona C ($X = 9.642$ $Y = 19.768$). Koordinat tersebut selanjutnya diploting ke Autocad sehingga didapatkan koordinat XY terhadap tower crane.



Gambar 4.5 Koordinat COG Hollow Core Slab
 Sumber : Hasil Analisis

B. Koordinat COG Pelat Bondek

Menentukan koordinat center of gravity (COG) unruk

Mengetahui jarak dari tower crane ke titik pusat lokasi pelat HCS pada saat pekerjaan erection. Perhitungan koordinat COG dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.6 Perhitungan COG Pelat Bondek Zona A

No.	LOKASI / AS	PANJANG (m)	LEBAR (m)	Ai (m)	Xi (m)	Yi (m)	Ai Xi (m ³)	Ai Yi (m ³)
1	3	4	5	6 = 4 x 5	7	8	9 = 6 x 7	10 = 6 x 8
1	AB 11 ; AB 13	3,845	5,060	19,456	-38,535	-23,611	-749,725	-459,369
2	AB 11 ; AB 13	3,385	5,060	17,128	-34,925	-23,611	-598,199	-404,412
3	AB 13 ; AB 15	7,110	1,760	12,514	-36,780	-27,250	-460,250	-340,996
4	AB 15 ; AB 16	3,845	5,060	19,456	-38,535	-30,889	-749,725	-600,967
5	AB 15 ; AB 16	3,385	5,060	17,128	-34,925	-30,889	-598,199	-529,070
6	BC 11 ; BC 13	6,655	2,66	17,702	-29,628	-22,150	-524,484	-392,106
7	BC 11 ; BC 13	2,48	0,985	2,443	-26,793	-24,800	-65,450	-60,581
8	BC 13 ; BC 15	6,735	1,760	11,854	-29,668	-27,250	-351,673	-323,011
9	BC 15 ; BC 16	3,310	5,060	16,749	-28,020	-30,889	-469,296	-517,348
10	BC 15 ; BC 16	3,310	5,060	16,749	-31,390	-30,889	-525,739	-517,348
11	CD 11 ; CD 13	3,310	5,060	16,749	-24,390	-23,611	-408,498	-395,451
12	CD 11 ; CD 13	3,310	5,060	16,749	-20,989	-23,611	-351,536	-395,451
13	CD 13 ; CD 15	6,810	1,760	11,986	-22,705	-27,250	-272,133	-326,608
14	CD 15 ; CD 16	3,310	5,060	16,749	-24,390	-30,889	-408,498	-517,348
15	CD 15 ; CD 16	3,310	5,060	16,749	-20,989	-30,889	-351,536	-517,348
16	DE 11 ; DE 13	3,310	5,060	16,749	-17,384	-23,611	-291,158	-395,451
17	DE 11 ; DE 13	3,310	5,060	16,749	-13,989	-23,611	-234,296	-395,451
18	DE 13 ; DE 15	6,810	1,760	11,986	-15,705	-27,250	-188,234	-326,608
19	DE 15 ; DE 16	3,310	5,060	16,749	-17,384	-30,889	-291,158	-517,348
20	DE 15 ; DE 16	3,310	5,060	16,749	-13,989	-30,889	-234,296	-517,348
21	EF 11 ; EF 13	3,310	5,060	16,749	-10,390	-23,611	-174,018	-395,451
22	EF 11 ; EF 13	3,310	5,060	16,749	-6,989	-23,611	-117,056	-395,451
23	EF 13 ; EF 15	6,810	1,760	11,986	-8,705	-27,250	-104,335	-326,608
24	EF 15 ; EF 16	3,310	5,060	16,749	-10,390	-30,889	-174,018	-517,348
25	EF 15 ; EF 16	3,310	5,060	16,749	-6,989	-30,889	-117,056	-517,348
26	FG 11 ; FG 13	3,845	5,060	19,456	-3,383	-23,611	-65,819	-459,369
27	FG 13 ; FG 15	6,810	1,760	11,986	-3,350	-27,250	-40,152	-326,608
28	FG 15 ; FG 16	3,310	5,060	16,749	-3,390	-30,889	-56,778	-517,348
				436,307			-8973,314	-11905,144
							Σ Ai Xi / Σ Ai	-20,567
							Σ Ai Yi / Σ Ai	-27,286

Sumber : Hasil Analisis

Tabel 4.7 Perhitungan COG Pelat Bondek Zona B

No.	LOKASI/AS	PANJANG (m)	LEBAR (m)	Ai (m)	Xi (m)	Yi (m)	Ai Xi (m3)	Ai Yi (m3)
<i>l</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	$6 = 4 \times 5$	<i>7</i>	<i>8</i>	$9 = 6 \times 7$	$10 = 6 \times 8$
1	FG 12 ; FG 13	2,860	3,505	10,024	0,397	-24,000	3,980	-240,583
2	FG 13 ; FG 14	4,065	2,523	10,256	-0,653	-26,878	-6,697	-275,661
3	FG 15 ; FG 16	3,310	5,060	16,749	-0,020	-30,889	-0,335	-517,348
4	GI 12 ; GI 14	5,660	2,510	14,207	5,700	-26,878	80,978	-381,845
5	GI 15 ; GI 16	5,110	3,235	16,531	3,572	-30,889	59,048	-510,621
6	GI 15 ; GI 16	2,930	1,910	5,596	6,780	-29,325	37,943	-164,111
7	HI 10 ; HI 12	5,545	4,180	23,178	6,300	-19,600	146,022	-454,291
8	HI 9 ; HI 10	5,410	4,180	22,614	6,300	-14,000	142,467	-316,593
9	HI 8 ; HI 9	5,410	4,180	22,614	6,300	-8,400	142,467	-189,956
10	HI 7 ; HI 8	5,410	4,180	22,614	6,300	-2,800	142,467	-63,319
11	IJ 14 - IJ 17	4,248	1,935	8,220	9,433	-30,382	77,538	-249,736
12	IJ 12 - IJ 14	5,492	1,760	9,666	9,559	-25,315	92,397	-244,693
13	IJ 12 - IJ 10	5,505	1,760	9,689	9,559	-19,647	92,615	-190,356
14	IJ 10 - IJ 9	5,410	1,760	9,522	9,559	-14,000	91,017	-133,302
15	IJ 9 - IJ 8	5,410	1,760	9,522	9,559	-8,400	91,017	-79,981
16	IJ 8 - IJ 7	5,410	1,760	9,522	9,559	-2,800	91,017	-26,660
17	JK 14 - JK 17	5,555	4,180	23,220	12,900	30,872	299,537	716,845
18	JK 12 - JK 14	5,410	4,180	22,614	12,900	25,200	291,718	569,868
19	JK 12 - JK 10	5,410	4,180	22,614	12,900	-19,600	291,718	-443,230
20	JK 10 - JK 9	5,410	4,180	22,614	12,900	-14,000	291,718	-316,593
21	JK 9 - JK 8	5,410	4,180	22,614	12,900	-8,400	291,718	-189,956
22	JK 8 - JK 7	5,410	4,180	22,614	12,900	-2,800	291,718	-63,319
				356,810			3042,067	-3765,443
							Σ Ai Xi / Σ Ai	8,526
							Σ Ai Yi / Σ Ai	-10,553

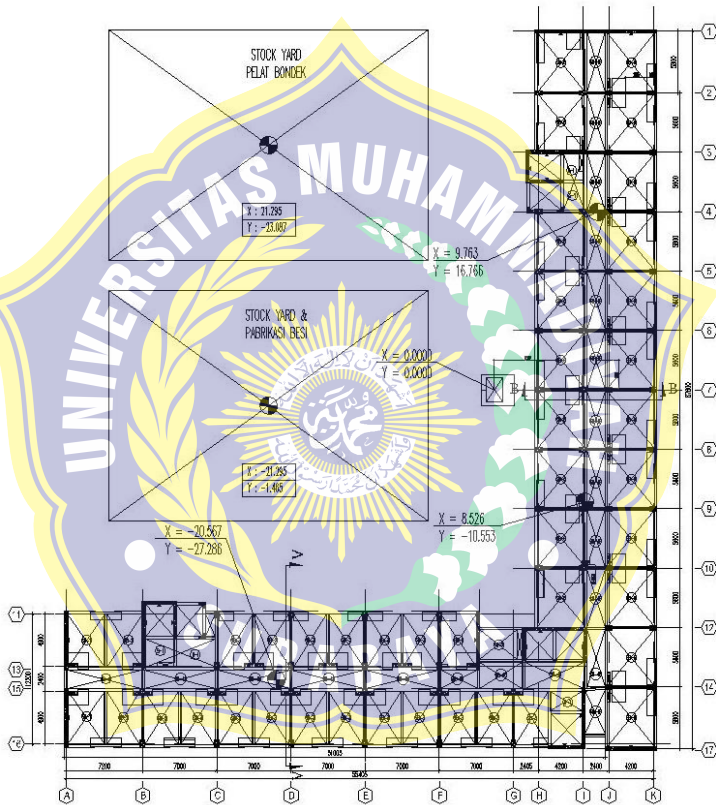
Sumber : Hasil Analisis

Tabel 4.8 Perhitungan COG Pelat Bondek Zona C

No.	LOKASI/AS	PANJANG (m)	LEBAR (m)	Ai (m)	Xi (m)	Yi (m)	Ai Xi (m3)	Ai Yi (m3)
<i>l</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	$6 = 4 \times 5$	<i>7</i>	<i>8</i>	$9 = 6 \times 7$	$10 = 6 \times 8$
1	HI 1 - HI 2	4,460	5,555	24,775	6,300	30,873	156,084	764,888
2	HI 2 - HI 3	4,460	5,410	24,129	6,300	25,200	152,010	608,041
3	HI 3 - HI 4	1,950	5,530	10,784	7,525	19,600	81,146	211,357
4	HI 4 - HI 5	4,460	5,410	24,129	6,300	14,000	152,010	337,800
5	HI 5 - HI 6	4,460	5,410	24,129	6,300	8,400	152,010	202,680
6	HI 6 - HI 7	4,460	5,410	24,129	6,300	2,800	152,010	67,560
7	IJ 1 - IJ 2	1,760	5,635	9,918	9,559	30,912	94,802	306,573
8	IJ 2 - IJ 3	1,760	5,505	9,689	9,559	25,200	92,615	244,158
9	IJ 3 - IJ 4	1,760	5,505	9,689	9,559	19,600	92,615	189,900
10	IJ 4 - IJ 5	1,760	5,505	9,689	9,559	14,000	92,615	135,643
11	IJ 5 - IJ 6	1,760	5,505	9,689	9,559	8,400	92,615	81,386
12	IJ 6 - IJ 7	1,760	5,505	9,689	9,559	2,800	92,615	27,129
13	JK 1 - JK 2	4,460	5,555	24,775	12,900	30,873	319,601	764,888
14	JK 2 - JK 3	4,460	5,410	24,129	12,900	25,200	311,259	608,041
15	JK 3 - JK 4	4,460	5,410	24,129	12,900	19,600	311,259	472,921
16	JK 4 - JK 5	4,460	5,410	24,129	12,900	14,000	311,259	337,800
17	JK 5 - JK 6	4,460	5,410	24,129	12,900	8,400	311,259	202,680
18	JK 6 - JK 7	4,460	5,410	24,129	12,900	2,800	311,259	67,560
				335,853			3279,046	5631,005
							Σ Ai Xi / Σ Ai	9,763
							Σ Ai Yi / Σ Ai	16,766

Sumber : Hasil Analisis

Dari tabel diatas didapatkan koordinat COG Zona A ($X = -20.567$ $Y = -27.286$), Koordinat Zona B ($X = 8.526$ $Y = -10.553$), Koordinat Zona C ($X = 9.763$ $Y = 16.766$). Koordinat tersebut selanjutnya diploting ke Autocad sehingga didapatkan koordinat XY terhadap tower crane.

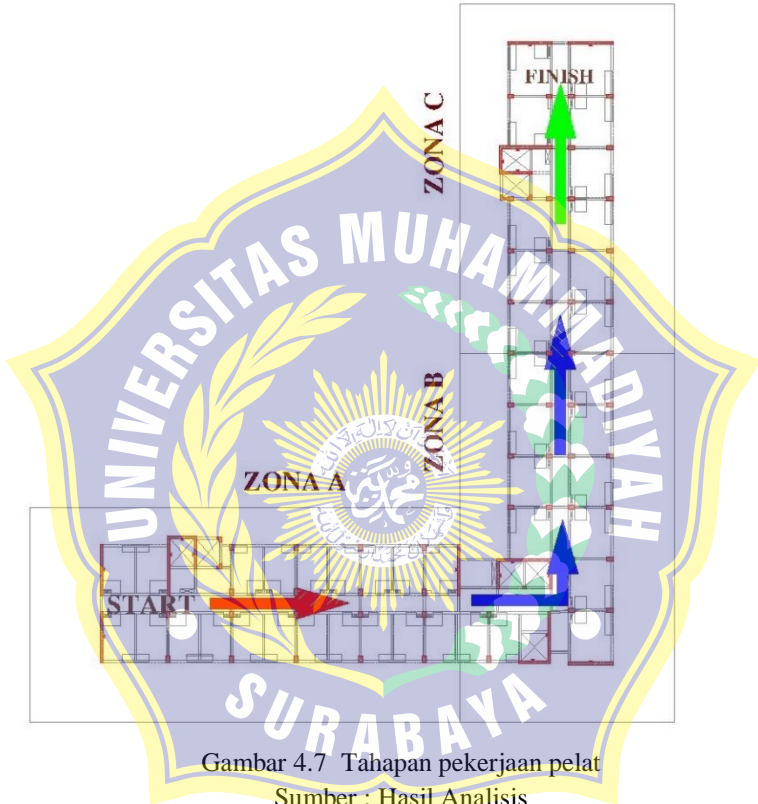


Gambar 4.6 Koordinat COG Pelat Bondek

Sumber : Hasil Analisis

1.3.4 Garis Besar Tahapan Pelaksanaan

Garis besar tahapan pelaksanaan masing-masing metode dimulai dari zona 1 ke zona 2 dan berakhir di zona 3. Alur pekerjaan dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.7 Tahapan pekerjaan pelat

Sumber : Hasil Analisis

A. Urutan Pelaksanaan Alternatif 1 Hollow Core Slab

Urutan pelaksanaan alternatif 1 metode hollow core slab adalah sebagai berikut :

1. Pemasangan perancah/scaffolding balok zona A
2. Pemasangan dan penyetelan balok zona A
3. Pembesian balok zona A
4. Erection pelat HCS zona A

5. Pemasangan stek besi pada rongga HCS
6. Pembersihan area cor zona A
7. Pengecoran pelat HCS zona A

Setelah pekerjaan pelat zona A selesai, dilanjutkan ke zona B dan C dengan tahapan pelaksanaan yang sama dengan tahap pelaksanaan pekerjaan pelat lantai zona A.

B. Urutan Pelaksanaan Alternatif 2 Pelat Bondek

Urutan pelaksanaan alternatif 2 metode bondek adalah sebagai berikut :

1. Pemasangan perancah/scaffolding balok zona A
2. Pemasangan dan penyetelan balok zona A
3. Pembesian balok zona A
4. Erection pelat bondek zona A
5. Pembesian pelat bondek zona A
6. Pemasangan sheer connector bondek zona A
7. Pembersihan area cor zona A
8. Pengecoran pelat bondek zona A

Setelah pekerjaan pelat zona A selesai, dilanjutkan ke zona B dan C dengan tahapan pelaksanaan yang sama dengan tahap pelaksanaan pekerjaan pelat lantai zona A.

1.4 Analisa Waktu

Analisa waktu pelaksanaan hanya sebatas elemen struktur pelat lantai saja, Untuk pekerjaan struktur lainnya seperti kolom, Balok, dan shear wall mengikuti durasi waktu dari kontraktor pelaksana yakni PT. PP (Persero).

1.4.1 Durasi Pekerjaan Alternatif 1 Hollow Core Slab (HCS)

Durasi pekerjaan erection pelat Hollow Core Slab (HCS) Zona A

1. Data :

- | | |
|---------------------------------|-----------------------------|
| A. Tinggi Gedung (d) | = 11,85 meter (Tinggi Lt 5) |
| B. Jumlah Modul HCS (n) | = 48 Buah |
| C. Koordinat TC (x1;y1) | = 0.00 ; 0.00 |
| D. Koordinat Stock Yard (x2;y2) | = -21.295 ; 23.087 |
| E. Koordinat Pelat HCS (x3;x3) | = - 20.208 ; -27.022 |

- F. Jarak Hook (Δ) = 1,5 m
 G. Waktu Muat = 3 Menit
 H. Waktu Bongkar = 6 Menit
2. Faktor Koreksi (Fk)
- A. Kondisi Kerja = 0,84 (Baik)
 B. Keadaan Cuaca = 1,00 (Cerah)
 C. Ketrampilan Operator = 0,75
 D. Faktor Koreksi Total = $0,84 \cdot 1,00 \cdot 0,75 = 0,63$
3. Waktu Pergi Setelah Koreksi
- A. Kecepatan Hoisting = $80 \cdot 0,63 = 50,4$ m/menit
 B. Kecepatan Trolleying = $100 \cdot 0,63 = 63,0$ m/menit
 C. Kecepatan Slewing = $252 \cdot 0,63 = 158,7$ °/menit
 D. Kecepatan Landing = $80 \cdot 0,63 = 50,4$ m/menit
4. Waktu Kembali Setelah Koreksi
- A. Kecepatan Hoisting = $80 \cdot 0,63 = 50,4$ m/menit
 B. Kecepatan Trolleying = $100 \cdot 0,63 = 63,0$ m/menit
 C. Kecepatan Slewing = $252 \cdot 0,63 = 158,7$ °/menit
 D. Kecepatan Landing = $80 \cdot 0,63 = 50,4$ m/menit
 E. Jumlah Siklus (n) = 48 kali

Perhitungan Waktu Siklus (Cycle Time)

1. Perhitungan Waktu Pergi

- A. Waktu Muat = **3 Menit**
- B. Waktu Hoisting
 Tinggi Hoisting (d) = $h - \Delta = 11,85 - 1,5 = 10,35$ m
 Kecepatan Hoisting (v) = 50,4 m/menit
 Waktu Hoisting (t) = $d / v = 10,35 / 50,4 = \mathbf{0,21}$ menit
- C. Waktu Trolleying
 Jarak TC dengan Stock Yard, Z1
 $Z1 = ((x1 - x2)^2 + (y1 - y2)^2)^{0,5} = 31,41$ m
 Jarak TC Lokasi Tujuan, Z2
 $Z2 = ((x1 - x3)^2 + (y1 - y3)^2)^{0,5} = 33,74$ m
 Jarak Tempuh Horizontal (d) = $Z2 - Z1 = 2,33$ m
 Kecepatan Trolleying = 63 m/menit
 Waktu Trolleying (t) = $d / v = 2,33 / 63 = \mathbf{0,04}$ menit

- D. Waktu Slewing
 Sudut Slewing (α) = 100°
 Kecepatan Slewing (v) = $158,7^\circ/\text{menit}$
 Waktu Slewing (t) = $\alpha / v = 100 / 158,7 = \mathbf{0,63 \text{ menit}}$
- E. Waktu Landing
 Tinggi Landing (d) = $h - \Delta = 11,85 - 1,5 = 10,35 \text{ m}$
 Kecepatan Traveling (v) = $50,4 \text{ m/menit}$
 Waktu Landing (t) = $d / v = 10,35 / 50,4 = \mathbf{0,21 \text{ menit}}$
- F. Waktu Bongkar = $\mathbf{6 \text{ Menit}}$
- G. Jumlah Waktu Pergi
 $\Sigma t_p = \text{Waktu Muat} + \text{Waktu Hoisting} + \text{Waktu Trolleying} + \text{Waktu Slewing} + \text{Waktu Landing} + \text{Waktu Bongkar}$
 $= 3 + 0,21 + 0,04 + 0,63 + 0,21 + 6$
 $= \mathbf{10,08 \text{ Menit}}$

2. Perhitungan Waktu Kembali

- A. Waktu Hoisting
 Tinggi Hoisting (d) = $h - \Delta = 11,85 - 1,5 = 10,35 \text{ m}$
 Kecepatan Hoisting (v) = $50,4 \text{ m/menit}$
 Waktu Hoisting (t) = $d / v = 10,35 / 50,4 = \mathbf{0,21 \text{ menit}}$
- B. Waktu Trolleying
 Jarak TC dengan Stock Yard, Z1
 $Z1 = ((x1 - x2)^2 + (y1 - y2)^2)^{0,5} = 31,41 \text{ m}$
 Jarak TC Lokasi Tujuan, Z2
 $Z2 = ((x1 - x2)^2 + (y1 - y2)^2)^{0,5} = 33,74 \text{ m}$
 Jarak Tempuh Horizontal (d) = $Z2 - Z1 = 2,33 \text{ m}$
 Kecepatan Trolleying = 63 m/menit
 Waktu Trolleying (t) = $d / v = 2,33 / 63 = \mathbf{0,04 \text{ menit}}$
- C. Waktu Slewing
 Sudut Slewing (α) = 100°
 Kecepatan Slewing (v) = $158,7^\circ/\text{menit}$
 Waktu Slewing (t) = $\alpha / v = 53 / 158,7 = \mathbf{0,63 \text{ menit}}$
- D. Waktu Landing
 Tinggi Landing (d) = $h - \Delta = 11,85 - 1,5 = 10,35 \text{ m}$
 Kecepatan Traveling (v) = $50,4 \text{ m/menit}$

Waktu Landing (t) = d / v = 10,35 / 50,4 = **0,21 menit**

E. Jumlah Waktu Kembali

$$\begin{aligned} \Sigma t_b &= \text{Waktu Hoisting} + \text{Waktu Trolleying} + \text{Waktu Slewing} + \\ &\quad \text{Waktu Landing} \\ &= 0,21 + 0,04 + 0,63 + 0,21 \\ &= \mathbf{1,08 \text{ Menit}} \end{aligned}$$

F. Cycle Time (1x Siklus)

$$\begin{aligned} \text{CT} &= \text{Waktu pergi} + \text{Waktu Kembali} \\ &= 9,78 + 0,78 \\ &= \mathbf{10,56 \text{ menit/bh}} \end{aligned}$$

G. Durasi

$$\begin{aligned} T_{\text{tot}} &= \text{CT} \times n = 10,56 \times 48 \\ &= \mathbf{8,9 \text{ Jam} = 1,5 \sim 2 \text{ hari}} \end{aligned}$$

Durasi Pekerjaan Pembesian Topping Zona A

1. Volume Besi Zona A = 3.943,2 kg
2. Diameter Tulangan
 - A. Tulangan Utama = D 10
 - B. Tulangan Susust = D 10

Tabel 4.9 Tulangan HCS Zona A

TYPE TULANGAN	PANJANG TULANGAN	BANYAKNYA TULANGAN	TOTAL
	(m)	(bh)	(m)
Type 1	6,07	420	2549,40
Type 2	7,56	358	2706,48
Type 3	2,21	233	514,93
Type 4	7,50	60	450,00
Type 5	3,72	47	174,84

Sumber : Hasil Analisa

3. Jam pemasangan tiap 100 batang tulangan

Panjang Besi < 3 m = 4,75 Jam

Panjang Besi 3 - 6 m = 6 Jam

Panjang Besi > 6 m = 7 Jam

4. Kebutuhan tenaga kerja

- A. Jam Kerja = 8 jam
B. Jumlah Pekerja = 2 + 10 Grup (1 grup = 3 orang tukang besi)
Pabrikasi = 2 x 3 = 6 Orang
Pasang = 10 x 3 = 30 Orang
Mandor = 1 / 36 = 0,03 Mandor (1 mandor membawahi 30 orang tukang)

5. Kebutuhan jam kerja

- A. Tipe 1 = 420 / 100 x 6 jam = 25,2 Jam
B. Tipe 2 = 358 / 100 x 7 jam = 25,1 Jam
C. Tipe 3 = 233 / 100 x 4,75 jam = 11,1 Jam
D. Tipe 4 = 60 / 100 x 7 jam = 4,2 Jam
E. Tipe 5 = 47 / 100 x 6 jam = 3,8 Jam

TOTAL = 68,3 Jam

6. Durasi pekerjaan pembesian

- Pemasangan = 68,3 / (8 x 10)
= 0,85 hari ~ 1 hari

Jadi, durasi pekerjaan pembesian zona A adalah **1 hari**.

Durasi Pekerjaan Pengecoran Topping Zona A

1. Data

- A. Volume topping HCS = 14,76 m³
B. Volume Balok = 38,13 m³
TOTAL = 52,88 m³

Kapasitas produksi concrete pump sebelum koreksi 90 m³/jam

2. Efisiensi Kerja

- A. Faktor kondisi pekerjaan = 0,75 (Baik)
B. Faktor operator dan mekanik = 0,70 (Cukup)
C. Faktor cuaca = 0,83 (Terang)
D. Faktor koreksi = 0,75 x 0,70 x 0,83 = 0,44
E. Efisiensi kerja = 0,84

3. Kapasitas produksi concrete pump setelah koreksi

- = Delivery Capacity (m³/jam) x Efisiensi kerja
= 90 m³/jam x 0,44
= 39,2 m³/jam

4. Kebutuhan truck mixer
 = Volume Beton / Kapasitas Truck Mixer
 = $52,88 \text{ m}^3 / 7 \text{ m}^3$
 = 7,5 ~ 8 Truck Mixer
5. Kebutuhan tenaga kerja
 A. Jam Kerja = 8 Jam
 B. Jumlah pekerja = 1 grup (1 Mandor dan 15 pekerja)
6. Kebutuhan jam kerja dalam pelaksanaan
- A. Persiapan Pengecoran
- | | |
|--|---------------------|
| Pengaturan posisi TM dan CP | = 10 Menit |
| Setting Pompa | = 25 menit |
| <u>Waktu Tunggu Pompa (idle Time)</u> | <u>= 15 Menit +</u> |
| TOTAL | = 50 Menit |
- B. Persiapan Tambahan
- | | |
|------------------------------|-----------------------------|
| Pergantian Antar Truck Mixer | = 8 x 10 = 80 Menit |
| <u>Test Slump</u> | <u>= 8 x 5 = 40 Menit +</u> |
| TOTAL | = 120 Menit |
- C. Waktu Operasional Pengecoran
- | |
|--|
| = (Volume Beton / Kapasitas Produksi Alat) x Efisiensi Kerja |
| = $(52,8 / 39,22) \times 0,84$ |
| = 1,13 Jam |
| = 68 menit |
- D. Pasca pengecoran
- | | |
|---------------------------|---------------------|
| Pembersihan Pompa | = 15 Menit |
| <u>Pembongkaran Pompa</u> | <u>= 30 Menit +</u> |
| TOTAL | = 45 Menit |
7. Total waktu
- | | |
|---------------------------------|--------------------|
| A. Persiapan Pengecoran | = 50 Menit |
| B. Persiapan Tambahan | = 120 Menit |
| C. Waktu Operasional Pengecoran | = 68 Menit |
| D. <u>Pasca pengecoran</u> | <u>= 45 Menit</u> |
| TOTAL | = 283 Menit |

Total Waktu = 4,72 Jam ~ 1 Hari

Jadi, pengecoran Pelat lantai zona A membutuhkan waktu **1 hari**.

Durasi pekerjaan erection pelat Hollow Core Slab (HCS) Zona B

1. Data :

- A. Tinggi Gedung (d) = 11,85 meter (Tinggi Lt 5)
- B. Jumlah Modul HCS (n) = 58 Buah
- C. Koordinat TC (x1;y1) = 0.00 ; 0.00
- D. Koordinat Stock Yard (x2;y2) = -21.295 ; 23.087
- E. Koordinat Pelat HCS (x3;x3) = 8.526 ; -10.553
- F. Jarak Hook (Δ) = 1,5 m
- G. Waktu Muat = 3 Menit
- H. Waktu Bongkar = 6 Menit

2. Faktor Koreksi (Fk)

- A. Kondisi Kerja = 0,84 (Baik)
- B. Keadaan Cuaca = 1,00 (Cerah)
- C. Ketrampilan Operator = 0,75
- D. Faktor Koreksi Total = $0,84 \cdot 1,00 \cdot 0,75 = 0,63$

3. Waktu Pergi Setelah Koreksi

- A. Kecepatan Hoisting = $80 \cdot 0,63 = 50,4$ m/menit
- B. Kecepatan Trolleying = $100 \cdot 0,63 = 63,0$ m/menit
- C. Kecepatan Slewling = $252 \cdot 0,63 = 158,7$ °/menit
- D. Kecepatan Landing = $80 \cdot 0,63 = 50,4$ m/menit

4. Waktu Kembali Setelah Koreksi

- A. Kecepatan Hoisting = $80 \cdot 0,63 = 50,4$ m/menit
- B. Kecepatan Trolleying = $100 \cdot 0,63 = 63,0$ m/menit
- C. Kecepatan Slewling = $252 \cdot 0,63 = 158,7$ °/menit
- D. Kecepatan Landing = $80 \cdot 0,63 = 50,4$ m/menit
- E. Jumlah Siklus (n) = 58 kali

Perhitungan Waktu Siklus (Cycle Time)

1. Perhitungan Waktu Pergi

- A. Waktu Muat = **3 Menit**
- B. Waktu Hoisting
 - Tinggi Hoisting (d) = $h - \Delta = 11,85 - 1,5 = 10,35$ m
 - Kecepatan Hoisting (v) = 50,4 m/menit
 - Waktu Hoisting (t) = $d / v = 10,35 / 50,4 = \mathbf{0,21}$ menit

C. Waktu Trolleying

Jarak TC dengan Stock Yard, Z1

$$Z1 = ((x1 - x2)^2 + (y1 - y2)^2)^{0,5} = 31,41 \text{ m}$$

Jarak TC Lokasi Tujuan, Z2

$$Z2 = ((x1 - x3)^2 + (y1 - y3)^2)^{0,5} = 13,57 \text{ m}$$

Jarak Tempuh Horizontal (d) = Z2 - Z1 = 17,84 m

Kecepatan Trolleying = 63 m/menit

$$\text{Waktu Trolleying (t)} = d / v = 17,84 / 63 = \mathbf{0,28 \text{ menit}}$$

D. Waktu Slewing

Sudut Slewing (α) = 165°

Kecepatan Slewing (v) = 158,7 °/menit

$$\text{Waktu Slewing (t)} = \alpha / v = 165 / 158,7 = \mathbf{1,04 \text{ menit}}$$

E. Waktu Landing

Tinggi Landing (d) = h - Δ = 11,85 - 1,5 = 10,35 m

Kecepatan Traveling (\bar{v}) = 50,4 m/menit

$$\text{Waktu Landing (t)} = d / \bar{v} = 10,35 / 50,4 = \mathbf{0,21 \text{ menit}}$$

F. Waktu Bongkar = **6 Menit**

G. Jumlah Waktu Pergi

$$\begin{aligned} \Sigma t_p &= \text{Waktu Muat} + \text{Waktu Hoisting} + \text{Waktu Trolleying} + \text{Waktu} \\ &\quad \text{Slewing} + \text{Waktu Landing} + \text{Waktu Bongkar} \\ &= 3 + 0,21 + 0,28 + 1,04 + 0,21 + 6 \\ &= \mathbf{10,73 \text{ Menit}} \end{aligned}$$

2. Perhitungan Waktu Kembali

A. Waktu Hoisting

Tinggi Hoisting (d) = h - Δ = 11,85 - 1,5 = 10,35 m

Kecepatan Hoisting (v) = 50,4 m/menit

$$\text{Waktu Hoisting (t)} = d / v = 10,35 / 50,4 = \mathbf{0,21 \text{ menit}}$$

B. Waktu Trolleying

Jarak TC dengan Stock Yard, Z1

$$Z1 = ((x1 - x2)^2 + (y1 - y2)^2)^{0,5} = 31,41 \text{ m}$$

Jarak TC Lokasi Tujuan, Z2

$$Z2 = ((x1 - x2)^2 + (y1 - y2)^2)^{0,5} = 13,57 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak Tempuh Horizontal (d)} &= Z2 - Z1 = 33,74 - 31,41 \\ &= 17,84 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Kecepatan Trolleying} = 63 \text{ m/menit}$$

$$\text{Waktu Trolleying (t)} = d / v = 17,84 / 63 = \mathbf{0,28 \text{ menit}}$$

C. Waktu Slewing

$$\text{Sudut Slewing } (\alpha) = 165^\circ$$

$$\text{Kecepatan Slewing (v)} = 158,7 \text{ }^\circ/\text{menit}$$

$$\text{Waktu Slewing (t)} = \alpha / v = 165 / 158,7 = \mathbf{1,04 \text{ menit}}$$

D. Waktu Landing

$$\text{Tinggi Landing (d)} = h - \Delta = 11,85 - 1,5 = 10,35 \text{ m}$$

$$\text{Kecepatan Traveling (v)} = 50,4 \text{ m/menit}$$

$$\text{Waktu Landing (t)} = d / v = 10,35 / 50,4 = \mathbf{0,21 \text{ menit}}$$

E. Jumlah Waktu Kembali

$$\begin{aligned} \Sigma t_p &= \text{Waktu Hoisting} + \text{Waktu Trolleying} + \text{Waktu Slewing} + \\ &\quad \text{Waktu Landing} \\ &= 0,21 + 0,28 + 1,04 + 0,21 \\ &= \mathbf{1,73 \text{ Menit}} \end{aligned}$$

F. Cycle Time (1x Siklus)

$$\begin{aligned} \text{CT} &= \text{Waktu pergi} + \text{Waktu Kembali} \\ &= 10,73 + 1,73 \\ &= \mathbf{12,47 \text{ menit/bh}} \end{aligned}$$

G. Durasi

$$\begin{aligned} \text{T tot} &= \text{CT} \times n = 12,47 \times 58 \\ &= \mathbf{12,05 \text{ Jam} = 1,5 \sim 2 \text{ hari}} \end{aligned}$$

Durasi Pekerjaan Pembesian Topping Zona B

1. Volume Besi Zona B = 2.168,5 kg

2. Diameter Tulangan

A. Tulangan Utama = D 10

B. Tulangan Susut = D 10

Tabel 4.10 Tulangan HCS Zona B

TYPE TULANGAN	PANJANG TULANGAN	BANYAKNYA TULANGAN	TOTAL
	(m1)	(bh)	(m1)
Type 1	6,07	191	1159,37
Type 2	7,56	75	567
Type 6	5,03	12	60,36
Type 7	2,3	105	241,5
Type 8	6,42	33	211,86
Type 9	5,46	152	829,92
Type 10	2,27	71	161,17
Type 11	8,81	12	105,72
Type 12	3,01	12	36,12
Type 13	6,01	24	144,24

Sumber : Hasil Analisa

3. Jam pemasangan tiap 100 batang tulangan
 - Panjang Besi < 3 m = 4,75 Jam
 - Panjang Besi 3 - 6 m = 6 Jam
 - Panjang Besi > 6 m = 7 Jam
4. Kebutuhan tenaga kerja
 - A. Jam Kerja = 8 jam
 - B. Jumlah Pekerja = 2 + 10 Grup (1 grup = 3 orang tukang besi)
 - Pabrikasi = 2 x 3 = 6 Orang
 - Pasang = 10 x 3 = 30 Orang
 - Mandor = 1 / 36 = 0,03 Mandor (1 mandor memebawahi 30 orang tukang)
5. Kebutuhan jam kerja
 - Type 1 = 191 / 100 x 6 jam = 11,5 Jam
 - Type 2 = 75 / 100 x 7 jam = 5,3 Jam
 - Type 6 = 12 / 100 x 6 jam = 0,72 Jam
 - Type 7 = 105 / 100 x 4,75 jam = 4,99 Jam
 - Type 8 = 33 / 100 x 7 jam = 2,31 Jam
 - Type 9 = 152 / 100 x 6 jam = 9,12 Jam

Tipe 10	= 71 / 100 x 4,75 jam	= 3,37 Jam
Tipe 11	= 12 / 100 x 7 jam	= 0,8 Jam
Tipe 12	= 12 / 100 x 4,75 jam	= 0,6 Jam
Tipe 13	= 24 / 100 x 6 jam	= 1,4 Jam
TOTAL		= 40,07 Jam

6. Durasi pekerjaan pembesian

$$\begin{aligned} \text{Pemasangan} &= 40,07 / (8 \times 10) \\ &= 0,5 \text{ hari} \sim 1 \text{ hari} \end{aligned}$$

Jadi, durasi pekerjaan pembesian zona B adalah **1 hari**.

Durasi Pekerjaan Pengecoran Topping Zona B

1. Data

A. Volume topping HCS	= 11,7 m ³
B. <u>Volume Balok</u>	<u>= 23,6 m³</u>
TOTAL	= 35,3 m³

Kapasitas produksi concrete pump sebelum koreksi 90 m³/jam

2. Efisiensi Kerja

A. Faktor kondisi pekerjaan	= 0,75 (Baik)
B. Faktor operator dan mekanik	= 0,70 (Cukup)
C. Faktor cuaca	= 0,83 (Terang)
D. Faktor koreksi	= 0,75 x 0,70 x 0,83 = 0,44
E. Efisiensi kerja	= 0,84

3. Kapasitas produksi concrete pump setelah koreksi

$$\begin{aligned} &= \text{Delivery Capacity (m}^3/\text{jam)} \times \text{Efisiensi kerja} \\ &= 90 \text{ m}^3/\text{jam} \times 0,44 \\ &= 39,2 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

4. Kebutuhan truck mixer

$$\begin{aligned} &= \text{Volume Beton} / \text{Kapasitas Truck Mixer} \\ &= 35,3 \text{ m}^3 / 7 \text{ m}^3 \\ &= 5,04 \sim 5 \text{ Truck Mixer} \end{aligned}$$

5. Kebutuhan tenaga kerja

A. Jam Kerja	= 8 Jam
B. Jumlah pekerja	= 1 grup (1 Mandor dan 15 pekerja)

6. Kebutuhan jam kerja dalam pelaksanaan

A. Persiapan Pengecoran

Pengaturan posisi TM dan CP	= 10 Menit
Setting Pompa	= 25 menit
<u>Waktu Tunggu Pompa (idle Time)</u>	<u>= 15 Menit +</u>

TOTAL = 50 Menit

B. Persiapan Tambahan

Pergantian Antar Truck Mixer	= 5 x 10 = 50 Menit
<u>Test Slump</u>	<u>= 5 x 5 = 25 Menit +</u>

TOTAL = 75 Menit

C. Waktu Operasional Pengecoran

$$\begin{aligned} &= (\text{Volume Beton} / \text{Kapasitas Produksi Alat}) \times \text{Efisiensi Kerja} \\ &= (35,3 / 39,22) \times 0,84 \\ &= 0,76 \text{ Jam} \\ &= 45,4 \text{ menit} \end{aligned}$$

D. Pasca pengecoran

Pembersihan Pompa	= 15 Menit
<u>Pembongkaran Pompa</u>	<u>= 30 Menit +</u>

TOTAL = 45 Menit

7. Total waktu

Persiapan Pengecoran	= 50 Menit
Persiapan Tambahan	= 75 Menit
Waktu Operasional Pengecoran	= 45,4 Menit
<u>Pasca pengecoran</u>	<u>= 45 Menit</u>

TOTAL = 230,6 Menit

Total Waktu = 3,6 Jam ~ 1 Hari

Jadi, pengecoran Pelat lantai zona B membutuhkan waktu **1 hari**.

Durasi pekerjaan erection pelat Hollow Core Slab (HCS) Zona C

1. Data :

A. Tinggi Gedung (d)	= 11,85 meter (Tinggi Lt 5)
B. Jumlah Modul HCS (n)	= 54 Buah
C. Koordinat TC (x1;y1)	= 0.00 ; 0.00
D. Koordinat Stock Yard (x2;y2)	= -21.295 ; 23.087
E. Koordinat Pelat HCS (x3;x3)	= 9,763 ; 16,766

- F. Jarak Hook (Δ) = 1,5 m
 G. Waktu Muat = 3 Menit
 H. Waktu Bongkar = 6 Menit

2. Faktor Koreksi (Fk)

- A. Kondisi Kerja = 0,84 (Baik)
 B. Keadaan Cuaca = 1,00 (Cerah)
 C. Ketrampilan Operator = 0,75
 D. Faktor Koreksi Total = $0,84 \cdot 1,00 \cdot 0,75 = 0,63$

3. Waktu Pergi Setelah Koreksi

- A. Kecepatan Hoisting = $80 \cdot 0,63 = 50,4$ m/menit
 B. Kecepatan Trolleying = $100 \cdot 0,63 = 63,0$ m/menit
 C. Kecepatan Slewing = $252 \cdot 0,63 = 158,7$ °/menit
 D. Kecepatan Landing = $80 \cdot 0,63 = 50,4$ m/menit

4. Waktu Kembali Setelah Koreksi

- A. Kecepatan Hoisting = $80 \cdot 0,63 = 50,4$ m/menit
 B. Kecepatan Trolleying = $100 \cdot 0,63 = 63,0$ m/menit
 C. Kecepatan Slewing = $252 \cdot 0,63 = 158,7$ °/menit
 D. Kecepatan Landing = $80 \cdot 0,63 = 50,4$ m/menit
 E. Jumlah Siklus (n) = 54 kali

Perhitungan Waktu Siklus (Cycle Time)

1. Perhitungan Waktu Pergi

- A. Waktu Muat = **3 Menit**
 B. Waktu Hoisting
 Tinggi Hoisting (d) = $h - \Delta = 11,85 - 1,5 = 10,35$ m
 Kecepatan Hoisting (v) = 50,4 m/menit
 Waktu Hoisting (t) = $d / v = 10,35 / 50,4 = \mathbf{0,21}$ menit

C. Waktu Trolleying

Jarak TC dengan Stock Yard, Z1

$$Z1 = ((x1 - x2)^2 + (y1 - y2)^2)^{0,5} = 31,41 \text{ m}$$

Jarak TC Lokasi Tujuan, Z2

$$Z2 = ((x1 - x3)^2 + (y1 - y3)^2)^{0,5} = 19,4 \text{ m}$$

$$\text{Jarak Tempuh Horizontal (d)} = Z2 - Z1 = 12 \text{ m}$$

$$\text{Kecepatan Trolleying} = 63 \text{ m/menit}$$

$$\text{Waktu Trolleying (t)} = d / v = 12 / 63 = \mathbf{0,19 \text{ menit}}$$

D. Waktu Slewing

$$\text{Sudut Slewing } (\alpha) = 69^\circ$$

$$\text{Kecepatan Slewing (v)} = 158,7 \text{ }^\circ/\text{menit}$$

$$\text{Waktu Slewing (t)} = \alpha / v = 69 / 158,7 = \mathbf{0,43 \text{ menit}}$$

E. Waktu Landing

$$\text{Tinggi Landing (d)} = h - \Delta = 11,85 - 1,5 = 10,35 \text{ m}$$

$$\text{Kecepatan Traveling (v)} = 50,4 \text{ m/menit}$$

$$\text{Waktu Landing (t)} = d / v = 10,35 / 50,4 = \mathbf{0,21 \text{ menit}}$$

F. Waktu Bongkar = **6 Menit**

G. Jumlah Waktu Pergi

$$\begin{aligned} \Sigma t_p &= \text{Waktu Muat} + \text{Waktu Hoisting} + \text{Waktu Trolleying} + \text{Waktu} \\ &\quad \text{Slewing} + \text{Waktu Landing} + \text{Waktu Bongkar} \\ &= 3 + 0,21 + 0,19 + 0,43 + 0,21 + 6 \\ &= \mathbf{9,65 \text{ Menit}} \end{aligned}$$

2. Perhitungan Waktu Kembali

A. Waktu Hoisting

$$\text{Tinggi Hoisting (d)} = h - \Delta = 11,85 - 1,5 = 10,35 \text{ m}$$

$$\text{Kecepatan Hoisting (v)} = 50,4 \text{ m/menit}$$

$$\text{Waktu Hoisting (t)} = d / v = 10,35 / 50,4 = \mathbf{0,21 \text{ menit}}$$

B. Waktu Trolleying

Jarak TC dengan Stock Yard, Z1

$$Z1 = ((x1 - x2)^2 + (y1 - y2)^2)^{0,5} = 31,41 \text{ m}$$

Jarak TC Lokasi Tujuan, Z2

$$Z2 = ((x1 - x3)^2 + (y1 - y3)^2)^{0,5} = 19,4 \text{ m}$$

$$\text{Jarak Tempuh Horizontal (d)} = Z2 - Z1 = 12 \text{ m}$$

$$\text{Kecepatan Trolleying} = 63 \text{ m/menit}$$

$$\text{Waktu Trolleying (t)} = d / v = 12 / 63 = \mathbf{0,19 \text{ menit}}$$

C. Waktu Slewing

$$\text{Sudut Slewing } (\alpha) = 69^\circ$$

$$\text{Kecepatan Slewing (v)} = 158,7 \text{ }^\circ/\text{menit}$$

$$\text{Waktu Slewing (t)} = \alpha / v = 69 / 158,7 = \mathbf{0,43 \text{ menit}}$$

D. Waktu Landing

$$\text{Tinggi Landing (d)} = h - \Delta = 11,85 - 1,5 = 10,35 \text{ m}$$

$$\text{Kecepatan Traveling (v)} = 50,4 \text{ m/menit}$$

$$\text{Waktu Landing (t)} = d / v = 10,35 / 50,4 = \mathbf{0,21 \text{ menit}}$$

E. Jumlah Waktu Kembali

$$\Sigma t_b = \text{Waktu Hoisting} + \text{Waktu Trolleying} + \text{Waktu Slewing} + \text{Waktu Landing}$$

$$= 0,21 + 0,19 + 0,43 + 0,21$$

$$= \mathbf{1,04 \text{ Menit}}$$

3. Cycle Time (1x Siklus)

$$\text{CT} = \text{Waktu pergi} + \text{Waktu Kembali}$$

$$= 9,65 + 1,04$$

$$= \mathbf{10,7 \text{ menit/bh}}$$

4. Durasi

$$\text{T tot} = \text{CT} \times n = 10,7 \times 54$$

$$= \mathbf{9,62 \text{ Jam} = 1,5 \sim 2 \text{ hari}}$$

Durasi Pekerjaan Pembesian Topping Zona C

1. Volume Besi Zona C = 5.199,3 kg

2. Diameter Tulangan

A. Tulangan Utama = D 10

B. Tulangan Susut = D 10

Tabel 4.11 Tulangan HCS Zona C

TYPE TULANGAN	PANJANG TULANGAN	BANYAKNYA TULANGAN	TOTAL
	(m)	(bh)	(m)
Type 1	6,07	523	3174,61
Type 7	2,3	357	821,1
Type 8	6,42	65	417,3
Type 9	5,46	667	3641,82
Type 10	2,27	96	217,92
Type 11	8,81	12	105,72

Sumber : Hasil Analisis

3. Jam pemasangan tiap 100 batang tulangan
 Panjang Besi < 3 m = 4,75 Jam
 Panjang Besi 3 - 6 m = 6 Jam
 Panjang Besi > 6 m = 7 Jam
4. Kebutuhan tenaga kerja
 A. Jam Kerja = 8 Jam
 B. Jumlah Pekerja = 2 + 10 Grup (1 grup = 3 orang tukang besi)
 Pabrikasi = 2 x 3 = 6 Orang
 Pasang = 10 x 3 = 30 Orang
 Mandor = 1 / 36 = 0,03 Mandor (1 mandor memebawahi 30 orang tukang)
5. Kebutuhan jam kerja
- | | | |
|--------------|------------------------|-----------------|
| Tipe 1 | = 523 / 100 x 6 jam | = 31,4 Jam |
| Tipe 7 | = 357 / 100 x 4,75 jam | = 16,9 Jam |
| Tipe 8 | = 65 / 100 x 7 jam | = 4,6 Jam |
| Tipe 9 | = 667 / 100 x 6 jam | = 40 Jam |
| Tipe 10 | = 96 / 100 x 4,75 jam | = 4,6 Jam |
| Tipe 11 | = 12 / 100 x 7 jam | = 0,84 Jam |
| TOTAL | | = 99 Jam |
6. Durasi pekerjaan pembesian
 Pemasangan = 99 / (8 x 10) = 1,2 hari
 Jadi, durasi pekerjaan pembesian zona C adalah **2 hari**.

Durasi Pekerjaan Pengecoran Topping Zona C

1. Data
- | | |
|------------------------|-----------------------------|
| A. Volume topping HCS | = 12,2 m ³ |
| B. <u>Volume Balok</u> | = 19,5 m ³ |
| TOTAL | = 31,7 m³ |
- Kapasitas produksi concrete pump sebelum koreksi 90 m³/jam
2. Efisiensi Kerja
- | | |
|--------------------------------|-----------------------------|
| A. Faktor kondisi pekerjaan | = 0,75 (Baik) |
| B. Faktor operator dan mekanik | = 0,70 (Cukup) |
| C. Faktor cuaca | = 0,83 (Terang) |
| D. Faktor koreksi | = 0,75 x 0,70 x 0,83 = 0,44 |

- E. Efisiensi kerja = 0,84
3. Kapasitas produksi concrete pump setelah koreksi
 = Delivery Capacity (m³/jam) x Efisiensi kerja
 = 90 m³/jam x 0,44
 = 39,2 m³/jam
4. Kebutuhan truck mixer
 = Volume Beton / Kapasitas Truck Mixer
 = 31,7 m³ / 7 m³
 = 4,54 ~ 5 Truck Mixer
5. Kebutuhan tenaga kerja
 C. Jam Kerja = 8 Jam
 D. Jumlah pekerja = 1 grup (1 Mandor dan 15 pekerja)
6. Kebutuhan jam kerja dalam pelaksanaan
- A. Persiapan Pengecoran
 Pengaturan posisi TM dan CP = 10 Menit
 Setting Pompa = 25 menit
 Waktu Tunggu Pompa (idle Time) = 15 Menit +
TOTAL = 50 Menit
- B. Persiapan Tambahan
 Pergantian Antar Truck Mixer = 5 x 10 = 50 Menit
 Test Slump = 5 x 5 = 25 Menit +
TOTAL = 75 Menit
- C. Waktu Operasional Pengecoran
 = (Volume Beton / Kapasitas Produksi Alat) x Efisiensi Kerja
 = (31,7 / 39,22) x 0,84
 = 0,68 Jam = 40,8 menit
- D. Pasca pengecoran
 Pembersihan Pompa = 15 Menit
 Pembongkaran Pompa = 30 Menit +
TOTAL = 45 Menit
- E. Total waktu
 Persiapan Pengecoran = 50, Menit
 Persiapan Tambahan = 75 Menit

Waktu Operasional Pengecoran	= 40,8 Menit
<u>Pasca pengecoran</u>	= 45 Menit
TOTAL	= 209 Menit

Total Waktu = 3,5 Jam ~ 1 Hari

Jadi, pengecoran Pelat lantai zona C membutuhkan waktu **1 hari**.

1.4.2 Durasi Pekerjaan Alternatif 2 Pelat Bondek

Perhitungan durasi pekerjaan metode alternatif 2 ini sama dengan metode alternatif 1, Sehingga tidak perlu dilakukan perhitungan kembali.

Durasi pekerjaan pemasangan pelat bondek Zona A

1. Data

- A. Volume = 436,3 m²
- B. Produktivitas pemasangan = 30 m²/1 grup tenaga kerja

2. Kebutuhan tenaga kerja

- A. Jam kerja = 8 Jam
- B. Jumlah Pekerja = 8 Grup (1 grup = 2 Tukang + 1 Pekerja)
 Jumlah Tukang = 8 x 2 = 16 Orang
 Jumlah Pekerja = 8 x 1 = 8 Orang
 Jumlah Mandor = 1 / 24 = 0,04 Mandor (1 Mandor membawahi 24 orang pekerja)

3. Durasi pekerjaan pemasangan pelat bondek

$$D = 436,3 \text{ x} / (8 \text{ x} 30) = 1,8 \text{ Hari} \sim 2 \text{ Hari}$$

Jadi, Durasi Pekerjaan Pemasangan Bondek Zona A Membutuhkan Waktu **2 Hari**

Pekerjaan pembesian Zona A

1. Volume besi = 3.943 kg
2. Diameter Tulangan
 - A. Tulangan Utama = D 10
 - B. Tulangan Susut = D 10

Tabel 4.12 Tulangan Bondek Zona A

TYPE TULANGAN	PANJANG TULANGAN	BANYAKNYA TULANGAN	TOTAL
	(m1)	(bh)	(m1)
Type 1	6,07	420	2549,40
Type 2	7,56	358	2706,48
Type 3	2,21	233	514,93
Type 4	7,50	60	450,00
Type 5	3,72	47	174,8

Sumber : Hasil Analisis

3. Jam pemasangan tiap 100 batang tulangan
 - Panjang Besi < 3 m = 4,75 Jam
 - Panjang Besi 3 - 6 m = 6 Jam
 - Panjang Besi > 6 m = 7 Jam
4. Kebutuhan tenaga kerja
 - A. Jam Kerja = 8 Jam
 - B. Jumlah Pekerja = 2 + 10 Grup (1 grup = 3 orang tukang besi)
 - Pabrikasi = 2 x 3 = 6 Orang
 - Pasang = 10 x 3 = 30 Orang
 - Mandor = 1 / 36 = 0,03 Mandor (1 mandor memebawahi 36 orang tukang)
5. Kebutuhan jam kerja
 - A. Tipe 1 = 420 / 100 x 6 jam = 25,2 Jam
 - B. Tipe 2 = 358 / 100 x 7 jam = 25,1 Jam
 - C. Tipe 3 = 233 / 100 x 4,75 jam = 11,1 Jam
 - D. Tipe 4 = 60 / 100 x 7 jam = 4,2 Jam
 - E. Tipe 5 = 47 / 100 x 6 jam = 3,8 Jam

TOTAL = 68,3 Jam
6. Durasi pekerjaan pembesian
 - Pemasangan = 68,3 / (8 x 10)
 - = 0,9 hari ~ 1 hari

Jadi, durasi pekerjaan pembesian zona A adalah **1 hari**.

Durasi Pekerjaan Pengecoran Bondek Zona A

1. Data

A. Volume topping	= 45,8 m ³
B. <u>Volume Balok</u>	= 38,1 m ³
TOTAL	= 83,9 m³

Kapasitas produksi concrete pump sebelum koreksi 90 m³/jam

2. Efisiensi Kerja

A. Faktor kondisi pekerjaan	= 0,75 (Baik)
B. Faktor operator dan mekanik	= 0,70 (Cukup)
C. Faktor cuaca	= 0,83 (Terang)
D. Faktor koreksi	= 0,75 x 0,70 x 0,83 = 0,44
E. Efisiensi kerja	= 0,84

3. Kapasitas produksi concrete pump setelah koreksi

= Delivery Capacity (m ³ /jam) x Efisiensi kerja
= 90 m ³ /jam x 0,44
= 39,2 m ³ /jam

4. Kebutuhan truck mixer

= Volume Beton / Kapasitas Truck Mixer
= 83,9 m ³ / 7 m ³
= 12 Truck Mixer

5. Kebutuhan tenaga kerja

A. Jam Kerja	= 8 Jam
B. Jumlah pekerja	= 1 grup (1 Mandor dan 15 pekerja)

6. Kebutuhan jam kerja dalam pelaksanaan

A. Persiapan Pengecoran

Pengaturan posisi TM dan CP	= 10 Menit
Setting Pompa	= 25 menit
<u>Waktu Tunggu Pompa (idle Time)</u>	<u>= 15 Menit +</u>
TOTAL	= 50 Menit

B. Persiapan Tambahan

Pergantian Antar Truck Mixer	= 12 x 10 = 120 Menit
<u>Test Slump</u>	<u>= 12 x 5 = 60 Menit +</u>
TOTAL	= 180 Menit

C. Waktu Operasional Pengecoran
 $= (\text{Volume Beton} / \text{Kapasitas Produksi Alat}) \times \text{Efisiensi Kerja}$
 $= (83,9 / 39,22) \times 0,84$
 $= 1,8 \text{ Jam} = 107,9 \text{ menit}$

D. Pasca pengecoran
 Pembersihan Pompa = 15 Menit
Pembongkaran Pompa = 30 Menit +
TOTAL = 45 Menit

E. Total waktu

Persiapan Pengecoran	= 50	Menit
Persiapan Tambahan	= 180	Menit
Waktu Operasional Pengecoran	= 107,9	Menit
<u>Pasca pengecoran</u>	<u>= 45</u>	<u>Menit</u>
TOTAL	= 382,9	Menit

Total Waktu = 6,38 Jam ~ 1 Hari

Jadi, pengecoran Pelat lantai zona A membutuhkan waktu **1 hari**.

Durasi pekerjaan pemasangan pelat bondek Zona B

1. Data

A. Volume = 356,8 m²

B. Produktivitas pemasangan = 30 m²/1 grup tenaga kerja

2. Kebutuhan tenaga kerja

A. Jam kerja = 8 Jam

B. Jumlah Pekerja = 8 Grup (1 grup = 3 orang tukang besi)

Jumlah Tukang = 8 x 2 = 16 Orang

Jumlah Pekerja = 8 x 1 = 8 Orang

Jumlah Mandor = 1 / 24 = 0,04 Mandor (1 Mandor membawahi 24 orang pekerja)

3. Durasi pekerjaan pemasangan pelat bondek

D = 386,8 / (8 x 30) = 1,5 Hari

Jadi, Durasi Pekerjaan Pemasangan Bondek Zona B Lantai Membutuhkan Waktu **2 Hari**

Durasi Pekerjaan Pembesian Topping Zona B

1. Volume Besi Zona B = 2.168,5 kg
2. Diameter Tulangan
 - A. Tulangan Utama = D 10
 - B. Tulangan Susut = D 10

Tabel 4.13 Tulangan Bondek Zona B

TYPE TULANGAN	PANJANG TULANGAN	BANYAKNYA TULANGAN	TOTAL
	(m)	(bh)	(m)
Type 1	6,07	191	1159,37
Type 2	7,56	75	567
Type 6	5,03	12	60,36
Type 7	2,3	105	241,5
Type 8	6,42	33	211,86
Type 9	5,46	152	829,92
Type 10	2,27	71	161,17
Type 11	8,81	12	105,72
Type 12	3,01	12	36,12
Type 13	6,01	24	144,24

Sumber : Hasil Analisis

3. Jam pemasangan tiap 100 batang tulangan
 - Panjang Besi < 3 m = 4,75 Jam
 - Panjang Besi 3 - 6 m = 6 Jam
 - Panjang Besi > 6 m = 7 Jam
4. Kebutuhan tenaga kerja
 - A. Jam Kerja = 8 Jam
 - B. Jumlah Pekerja = 2 + 10 Grup (1 grup = 3 orang tukang besi)
 - Pabrikasi = $2 \times 3 = 6$ Orang
 - Pasang = $10 \times 3 = 30$ Orang
 - Mandor = $1 / 36 = 0,03$ Mandor (1 mandor membawahi 24 orang tukang)
5. Kebutuhan jam kerja
 - Tipe 1 = $191 / 100 \times 6$ jam = 11,5 Jam
 - Tipe 2 = $75 / 100 \times 7$ jam = 5,3 Jam
 - Tipe 6 = $12 / 100 \times 6$ jam = 0,7 Jam

Tipe 7	= 105 / 100 x 4,75 jam	= 5,0 Jam
Tipe 8	= 33 / 100 x 7 jam	= 2,3 Jam
Tipe 9	= 152 / 100 x 6 jam	= 9,1 Jam
Tipe 10	= 71 / 100 x 4,75 jam	= 3,4 Jam
Tipe 11	= 12 / 100 x 7 jam	= 0,8 Jam
Tipe 12	= 12 / 100 x 4,75 jam	= 0,6 Jam
Tipe 13	= 24 / 100 x 6 jam	= 1,4 Jam
TOTAL		= 40,1 Jam

6. Durasi pekerjaan pembesian

$$\text{Pemasangan} = 40,1 / (8 \times 10) = 0,5 \text{ hari} \sim 1 \text{ hari}$$

Jadi, durasi pekerjaan pembesian zona B adalah **1 hari**.

Durasi Pekerjaan Pengecoran Topping Zona B

1. Data

A. Volume topping	= 37,5 m ³
B. <u>Volume Balok</u>	<u>= 23,6 m³</u>
TOTAL	= 61 m³

Kapasitas produksi concrete pump sebelum koreksi 90 m³/jam

2. Efisiensi Kerja

A. Faktor kondisi pekerjaan	= 0,75 (Baik)
B. Faktor operator dan mekanik	= 0,70 (Cukup)
C. Faktor cuaca	= 0,83 (Terang)
D. Faktor koreksi	= 0,75 x 0,70 x 0,83 = 0,44
E. Efisiensi kerja	= 0,84

3. Kapasitas produksi concrete pump setelah koreksi

$$\begin{aligned} &= \text{Delivery Capacity (m}^3/\text{jam)} \times \text{Efisiensi kerja} \\ &= 90 \text{ m}^3/\text{jam} \times 0,44 \\ &= 39,2 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

4. Kebutuhan truck mixer

$$\begin{aligned} &= \text{Volume Beton} / \text{Kapasitas Truck Mixer} \\ &= 61 \text{ m}^3 / 7 \text{ m}^3 \\ &= 8,7 \text{ Truck Mixer} \sim 9 \text{ Truck Mixer} \end{aligned}$$

5. Kebutuhan tenaga kerja

A. Jam Kerja	= 8 Jam
B. Jumlah pekerja	= 1 grup (1 Mandor dan 15 pekerja)

6. Kebutuhan jam kerja dalam pelaksanaan

A. Persiapan Pengecoran

Pengaturan posisi TM dan CP	= 10 Menit
Setting Pompa	= 25 menit
<u>Waktu Tunggu Pompa (idle Time)</u>	<u>= 15 Menit +</u>

TOTAL = 50 Menit

B. Persiapan Tambahan

Pergantian Antar Truck Mixer	= 9 x 10 = 90 Menit
<u>Test Slump</u>	<u>= 9 x 5 = 45 Menit +</u>

TOTAL = 135 Menit

C. Waktu Operasional Pengecoran

$$\begin{aligned} &= (\text{Volume Beton} / \text{Kapasitas Produksi Alat}) \times \text{Efisiensi Kerja} \\ &= (61 / 39,22) \times 0,84 \\ &= 1,3 \text{ Jam} \\ &= 78,5 \text{ menit} \end{aligned}$$

D. Pasca pengecoran

Pembersihan Pompa	= 15 Menit
<u>Pembongkaran Pompa</u>	<u>= 30 Menit +</u>

TOTAL = 45 Menit

7. Total waktu

Persiapan Pengecoran	= 50 Menit
Persiapan Tambahan	= 135 Menit
Waktu Operasional Pengecoran	= 78,5 Menit
<u>Pasca pengecoran</u>	<u>= 45 Menit</u>

TOTAL = 308,5 Menit

Total Waktu = 5,1 Jam ~ 1 Hari

Jadi, pengecoran Pelat lantai zona B membutuhkan waktu **1 hari**.

Durasi pekerjaan pemasangan pelat bondek Zona C

1. Data

- A. Volume = 335,85 m²
- B. Produktivitas pemasangan = 30 m²/1 grup tenaga kerja

2. Kebutuhan tenaga kerja

- A. Jam kerja = 8 Jam
- B. Jumlah Pekerja = 8 Grup (1 grup = 2 tukang + 1 Pekerja)

Jumlah Tukang = $8 \times 2 = 16$ Orang
 Jumlah Pekerja = $8 \times 1 = 8$ Orang
 Jumlah Mandor = $1 / 24 = 0,04$ Mandor (1 Mandor membawahi 24 orang pekerja)

3. Durasi pekerjaan pemasangan pelat bondek

$$D = 335,8 / (8 \times 30) = 1,4 \text{ Hari}$$

Jadi, Durasi Pekerjaan Pemasangan Bondek Zona C Membutuhkan Waktu **2 Hari**

Durasi Pekerjaan Pembesian Topping Zona C

1. Volume Besi Zona C = 5.199,3 kg
2. Diameter Tulangan
 - A. Tulangan Utama = D 10
 - B. Tulangan Susut = D 10

Tabel 4.14 Tulangan HCS Zona C

TYPE TULANGAN	PANJANG TULANGAN	BANYAKNYA TULANGAN	TOTAL
	(m)	(bh)	(m)
Type 1	6,07	523	3174,61
Type 7	2,3	357	821,1
Type 8	6,42	65	417,3
Type 9	5,46	667	3641,82
Type 10	2,27	96	217,92
Type 11	8,81	12	105,72

Sumber : Hasil Analisis

3. Jam pemasangan tiap 100 batang tulangan

$$\text{Panjang Besi} < 3 \text{ m} = 4,75 \text{ Jam}$$

$$\text{Panjang Besi } 3 - 6 \text{ m} = 6 \text{ Jam}$$

$$\text{Panjang Besi } > 6 \text{ m} = 7 \text{ Jam}$$

4. Kebutuhan tenaga kerja

$$\text{A. Jam Kerja} = 8 \text{ Jam}$$

$$\text{B. Jumlah Pekerja} = 2 + 10 \text{ Grup (1 grup = 3 orang tukang besi)}$$

$$\text{Pabrikasi} = 2 \times 3 = 6 \text{ Orang}$$

$$\text{Pasang} = 10 \times 3 = 30 \text{ Orang}$$

Mandor = $1 / 36 = 0,03$ Mandor (1 mandor membawahi 36 tukang)

5. Kebutuhan jam kerja

Tipe 1	= $523 / 100 \times 6$ jam	= 31,4	Jam
Tipe 7	= $357 / 100 \times 4,75$ jam	= 16,7	Jam
Tipe 8	= $65 / 100 \times 7$ jam	= 4,6	Jam
Tipe 9	= $667 / 100 \times 6$ jam	= 40,6	Jam
Tipe 10	= $96 / 100 \times 4,75$ jam	= 4,6	Jam
Tipe 11	= $12 / 100 \times 7$ jam	= 0,8	Jam
TOTAL		= 98,9	Jam

6. Durasi pekerjaan pembesian

Pemasangan = $99 / (8 \times 10) = 1,2 \sim 2$ hari

Jadi, durasi pekerjaan pembesian zona C adalah **2 hari**.

Durasi Pekerjaan Pengecoran Topping Zona C

1. Data

A. Volume	= $35,3 \text{ m}^3$
B. <u>Volume Balok</u>	= $19,5 \text{ m}^3$
TOTAL	= $54,8 \text{ m}^3$

Kapasitas produksi concrete pump sebelum koreksi $90 \text{ m}^3/\text{jam}$

2. Efisiensi Kerja

A. Faktor kondisi pekerjaan	= 0,75 (Baik)
B. Faktor operator dan mekanik	= 0,70 (Cukup)
C. Faktor cuaca	= 0,83 (Terang)
D. Faktor koreksi	= $0,75 \times 0,70 \times 0,83 = 0,44$
E. Efisiensi kerja	= 0,84

3. Kapasitas produksi concrete pump setelah koreksi

= Delivery Capacity (m^3/jam) x Efisiensi kerja
= $90 \text{ m}^3/\text{jam} \times 0,44$
= $39,2 \text{ m}^3/\text{jam}$

4. Kebutuhan truck mixer

= Volume Beton / Kapasitas Truck Mixer
= $54,8 \text{ m}^3 / 7 \text{ m}^3$
= $7,8 \sim 8$ Truck Mixer

5. Kebutuhan tenaga kerja
- A. Jam Kerja = 8 Jam
- B. Jumlah pekerja = 1 grup (1 Mandor dan 15 pekerja)
6. Kebutuhan jam kerja dalam pelaksanaan
- A. Persiapan Pengecoran
- | | |
|--|-------------------|
| Pengaturan posisi TM dan CP | = 10 Menit |
| Setting Pompa | = 25 menit |
| <u>Waktu Tunggu Pompa (idle Time)</u> | = 15 Menit + |
| TOTAL | = 50 Menit |
- B. Persiapan Tambahan
- | | |
|------------------------------|----------------------|
| Pergantian Antar Truck Mixer | = 8 x 10 = 80 Menit |
| Test Slump | = 8 x 5 = 40 Menit + |
| TOTAL | = 120 Menit |
- C. Waktu Operasional Pengecoran
- = (Volume Beton / Kapasitas Produksi Alat) x Efisiensi Kerja
- = (54,8 / 39,22) x 0,84
- = 1,2 Jam
- = 70,4 menit
- D. Pasca pengecoran
- | | |
|---------------------------|-------------------|
| Pembersihan Pompa | = 15 Menit |
| <u>Pembongkaran Pompa</u> | = 30 Menit + |
| TOTAL | = 45 Menit |
- E. Total waktu
- | | |
|------------------------------|----------------------|
| Persiapan Pengecoran | = 50 Menit |
| Persiapan Tambahan | = 120 Menit |
| Waktu Operasional Pengecoran | = 70,4 Menit |
| <u>Pasca pengecoran</u> | = 45 Menit |
| TOTAL | = 285,4 Menit |

Total Waktu = 4,7 Jam ~ 1 Hari

Jadi, pengecoran Pelat lantai zona C membutuhkan waktu **1 hari**.

1.4.3 Rekap Durasi Pekerjaan Alternatif 1 dan 2

Rekapitulasi durasi pekerjaan dan kebutuhan tenaga kerja (resource) metode alternatif 1 (Hollow core slab) dan alternatif 2 (pelat bondek) dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.15 Rekapitulasi Durasi Pekerjaan Alternatif 1 dan 2

NO	URAIAN	VOLUME	SAT.	DURASI	RESOURCE		
					MANDOR	TUKANG	PEKERJA
1	Metode Alternatif 1 (Hollow Core Slab)						
A. Zona A							
1	Erection + Pasang Modul HCS	48	bh	2 hari	1	6	3
2	Pembesian Topping	3.943,2	kg	1 hari	1	30	6
3	Pengecoran Topping & Balok	52,8	m ³	1 hari	1	6	9
	JUMLAH			4 hari	3	42	18
B. Zona B							
1	Erection + Pasang Modul HCS	58	bh	2 hari	1	6	3
2	Pembesian Topping	2168,5	kg	1 hari	1	30	6
3	Pengecoran Topping & Balok	35,5	m ³	1 hari	1	6	9
	JUMLAH			4 hari	3	42	18
C. Zona C							
1	Erection + Pasang Modul HCS	54	bh	2 hari	1	6	3
2	Pembesian Topping	5199,3	kg	2 hari	1	30	6
3	Pengecoran Topping & Balok	30,6	m ³	1 hari	1	6	9
	JUMLAH			5 hari	3	42	18
1	Metode Alternatif 2 (Pelat Bondek)						
A. Zona A							
1	Erection + Pasang Pelat Bondek	435,8	m ²	2 hari	1	16	8
2	Pembesian Topping	3943,2	kg	1 hari	1	30	6
3	Pengecoran Topping & Balok	83,9	m ³	1 hari	1	6	9
	JUMLAH			4 hari	3	52	23
B. Zona B							
1	Erection + Pasang Pelat Bondek	356,8	m ²	2 hari	1	16	8
2	Pembesian Topping	2168,5	kg	1 hari	1	30	6
3	Pengecoran Topping & Balok	61,1	m ³	1 hari	1	6	9
	JUMLAH			4 hari	3	52	23
C. Zona C							
1	Erection + Pasang Pelat Bondek	335,9	m ²	2 hari	1	16	8
2	Pembesian Topping	5199,3	kg	2 hari	1	30	6
3	Pengecoran Topping & Balok	54,8	m ³	1 hari	1	6	9
	JUMLAH			5 hari	3	52	23

Sumber : Hasil Analisis

Dari tabel diatas didapatkan durasi dan resource metode alternatif 1 dan 2 semua zona pekerjaan.

1.5 Analisa Biaya

1.5.1 Perhitungan Volume Pekerjaan

Perhitungan volume pekerjaan ditabelkan pada halaman lampiran.

1.5.2 Analisa Harga Satuan Pekerjaan

Daftar harga bahan dan upah pekerja diambil dari data kontraktor yakni PT. PP (persero). Rincian biaya tower crane dan daftar upah serta bahan adalah sebagai berikut.

Tabel 4.16 Rincian biaya tower crane

NO	ITEM PEKERJAAN	HARGA (Rp)
1	Biaya pondasi dan angkur	20.000.000,00
2	Sewa Tower Crane	70.000.000,00
3	Biaya erection dan dismatling	150.00.000,00
4	Mobilisasi dan Demobilisasi	10.000.000,00
5	Listrik kerja	45.000.000,00
6	Asuransi alat	2.000.000,00
7	Disnaker	1.500.000,00
Total biaya bulanan		163.500.000,00
Total biaya harian		5.450.000,00

Sumber : Hasil Analisis

Tabel 4.17 Harga satuan upah dan bahan

NO	URAIAN	HARGA (Rp)	SAT.	KETERANGAN
I	BAHAN			
1	Besi Beton Polos U/1r	7.772,00	kg	
2	Kawat Ikat	14.946,00	kg	
3	Plywood 9 mm	126.467,00	lbr	
4	Kayu Kaso 5/7	1.552.095,00	m3	
5	Paku 5 cm - 12 cm	14.946,00	kg	
6	Minyak bekisting	12.302,00	L	
7	Wiremesh	8.864,00	kg	
8	Solar	12.302,00	L	
9	Beton Ready Mix K-250	1.115.209,00	m3	
10	Beton Ready Mix K-300	1.155.449,00	m3	
11	Beton Ready Mix K-350	1.258.922,00	m3	
12	Beton Ready Mix K-400	1.327.904,00	m3	
II	Upah			
1	Pekerja	91.976,00	OH	
2	Tukang	114.970,00	OH	
3	Kepala Tukang	126.467,00	OH	
4	Mandor	137.964,00	OH	

Sumber : Data Proyek (2017)

Setelah didapat harga satuan upah dan bahan yang digunakan untuk pekerjaan pelat lantai kemudian dilakukan analisa harga satuan item pekerjaan erection dengan menggunakan tower crane.

Setelah didapatkan data biaya upah dan dan bahan serta alat yang digunakan untuk pekerjaan pelat Inatai kemudian dilakukan analisa harga satuan item pekerjaan erection dengan menggunakan tower crane sesuai dengan tabel harga diatas.

1. Analisa harga satuan pekerjaan erection pelat HCS

A. Data

Volume modul HCS total = 160 Buah

Durasi pekerjaan = 2 Hari

Jumlah tenaga kerja

- Mandor = 1 Orang
- Tukang = 6 Orang
- Pekerja = 3 Orang

B. Analisa harga satuan pekerjaan erection pelat HCS dengan TC

$= (\text{Durasi} \times \text{Biaya}) / \text{Volume}$

$= (2 \times 5.450.000,00) / 160$

$= \text{Rp } 68.125.000,-$

C. Koefisien tenaga kerja erection pelat HCS dengan TC

Koef = $(\text{Jumlah Tenaga} \times \text{Durasi}) / \text{Volume}$

Mandor = $(1 \times 2) / 160 = 0,013 \text{ OH}$

Tukang = $(6 \times 2) / 160 = 0,075 \text{ OH}$

Pekerja = $(3 \times 2) / 160 = 0,038 \text{ OH}$

2. Analisa harga satuan pekerjaan erection pelat Bondek

A. Data

Volume modul HCS total = 1128,4 m² = 226 buah

Durasi pekerjaan = 2 Hari

Jumlah tenaga kerja

- Mandor = 1 Orang
- Tukang = 16 Orang
- Pekerja = 8 Orang

B. Analisa harga satuan pekerjaan erection pelat bondek dengan TC

$= (\text{Durasi} \times \text{Biaya}) / \text{Volume}$

$= (2 \times 5.450.000,00) / 226$

= Rp 43.840,15

C. Koefisien tenaga kerja erection pelat bondek dengan TC

Koef = (Jumlah Tenaga x Durasi) / Volume

Mandor = (1 x 2) / 226 = 0,008 OH

Tukang = (16 x 2) / 226 = 0,129 OH

Pekerja = (8 x 2) / 226 = 0,064 OH

Analisa harga satuan item pekerjaan erection dengan tower crane dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.18 Analisa Harga Satuan Pekerjaan Erection HCS dan Bondek

NO.	URAIAN			SATUAN HARGA			
				Harga Satuan	Jumlah Harga Alat / Bahan	Jumlah Tenaga	Jumlah Bahan+Tenaga
				(Rp)	(Rp)	(Rp)	(Rp)
1	2	3	4	5	6		
1	1 Bh Erection Plat HCS						
	a. Alat / Bahan						
	1,0000	bh	Tower Crane	68.125,00	68.125,00		
	1,0000	Ls	Alat Bantu lainnya	9.800,00	9.800,00		
	b. Tenaga						
	0,013	OH	Pekerja	91.976,00		1.149,70	
	0,075	OH	Tukang	114.970,00		8.622,75	
	0,013	OH	Mandor	137.964,00		1.724,55	
	Jumlah (a+b)				77.925,00	11.497,00	89.422,00
	Harga Satuan Pekerjaan						89.422,00
2	1 Bh Erection Plat Bondek						
	a. Alat / Bahan						
	1,0000	bh	Tower Crane	43.840,15	43.840,15		
	1,0000	Ls	Alat Bantu lainnya	9.800,00	9.800,00		
	b. Tenaga						
	0,064	OH	Pekerja	91.976,00		5.918,89	
	0,129	OH	Tukang	114.970,00		14.797,22	
	0,008	OH	Mandor	137.964,00		1.109,79	
	Jumlah (a+b)				53.640,15	21.825,89	75.466,04
	Harga Satuan Pekerjaan						75.466,04

Sumber : Hasil Analisa

Analisa harga lainnya diambil dari data Kontraktor pelaksana dan AHSP Kota Palembang semester 1 tahun 2017. Adapun daftar analisa harga satuan pekerjaan lainnya dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.19 Analisa Harga Satuan Pekerjaan

NO.	URAIAN		SATUAN HARGA			
			Harga Satuan (Rp)	Jumlah Alat / Bahan (Rp)	Jumlah Tenaga (Rp)	Jumlah Bahan+Tenaga (Rp)
1	2		3	4	5	6
1	1 M3 Membuat Beton dengan Mutu K 225					
	a. Alat / Bahan					
	371,000	Kg Semen Portland	1.529,00	567.259,00		
	0,499	M3 Pasir Beton	165.109,00	82.318,63		
	0,776	M3 Korat Beton	336.334,00	260.845,70		
	215,000	Liter Air	82,00	17.630,00		
	1,000	M3 Ready Mix		957.000,00		
	b. Tenaga					
	1,650	Oh Pekerja	97.843,00		161.440,95	
	0,275	Oh Tukang Batu	122.303,00		33.633,33	
	0,028	Oh Kepala Tukang	134.534,00		3.766,95	
	0,083	Oh Mandor	146.764,00		12.181,41	
	1,000	M3 Upah	66.000,00		66.000,00	
			Jumlah (a+b)	957.000,00	66.000,00	1.023.000,00
			Harga Satuan Pekerjaan			1.023.000,00
2	1 M3 Membuat Beton dengan Mutu K 250					
	a. Alat / Bahan					
	413,000	Kg Semen Portland	1.529,00	631.477,00		
	0,486	M3 Pasir Beton	165.109,00	80.242,97		
	0,756	M3 Korat Beton	336.334,00	254.268,50		
	215,000	Liter Air	82,00	17.630,00		
	1,000	M3 Ready Mix		1.056.000,00		
	b. Tenaga					
	1,650	Oh Pekerja	97.843,00		161.440,95	
	0,275	Oh Tukang Batu	122.303,00		33.633,33	
	0,028	Oh Kepala Tukang	134.534,00		3.766,95	
	0,165	Oh Mandor	146.764,00		24.216,06	
	1,000	M3 Upah	41.250,00		41.250,00	
			Jumlah (a+b)	1.056.000,00	41.250,00	1.097.250,00
			Harga Satuan Pekerjaan			1.097.250,00
3	1 M3 Membuat Beton dengan Mutu K 350					
	a. Alat / Bahan					
	440,000	Kg Semen Portland	1.529,00	631.477,00		
	0,530	M3 Pasir Beton	165.109,00	80.242,97		
	0,710	M3 Korat Beton	336.334,00	254.268,50		
	215,000	Liter Air	82,00	17.630,00		
	1,000	M3 Ready Mix		1.100.000,00		
	b. Tenaga					
	1,650	Oh Pekerja	97.843,00		161.440,95	
	0,275	Oh Tukang Batu	122.303,00		33.633,33	
	0,028	Oh Kepala Tukang	134.534,00		3.766,95	
	0,165	Oh Mandor	146.764,00		24.216,06	
	1,000	M3 Upah	41.250,00		41.250,00	
			Jumlah (a+b)	1.100.000,00	41.250,00	1.141.250,00
			Harga Satuan Pekerjaan			1.141.250,00
4	1 M3 Membuat Beton dengan Mutu K 400					
	a. Alat / Bahan					
	440,000	Kg Semen Portland	1.529,00	631.477,00		
	0,530	M3 Pasir Beton	165.109,00	80.242,97		
	0,710	M3 Korat Beton	336.334,00	254.268,50		
	215,000	Liter Air	82,00	17.630,00		
	1,000	M3 Ready Mix		1.182.500,00		
	b. Tenaga					
	1,650	Oh Pekerja	97.843,00		161.440,95	
	0,275	Oh Tukang Batu	122.303,00		33.633,33	
	0,028	Oh Kepala Tukang	134.534,00		3.766,95	
	0,165	Oh Mandor	146.764,00		24.216,06	
	1,000	M3 Upah	41.250,00		41.250,00	
			Jumlah (a+b)	1.182.500,00	41.250,00	1.223.750,00
			Harga Satuan Pekerjaan			1.223.750,00

Lanjutan

NO.	URAIAN				SATUAN HARGA			
					Harga Satuan (Rp)	Jumlah Alat / Bahan (Rp)	Jumlah Tenaga (Rp)	Jumlah Bahan+Tenaga (Rp)
7	2				3	4	5	6
7	1 M3 Membuat Beton dengan Ruku K 450							
	a. Alat / Bahan							
	440,000	Kg	Semen Portland	1.529,00	631.477,00			
	0,530	M3	Pasir Beton	165.109,00	80.242,97			
	0,710	M3	Koral Beton	336.534,00	254.268,50			
	215,000	Liter	Air	82,00	17.630,00			
	1,000	M3	Ready Mix		1.282.500,00			
	b. Tenaga							
	1,650	Oh	Pekerja	97.843,00		161.440,95		
	0,275	Oh	Tukang Batu	122.303,00		33.689,39		
	0,028	Oh	Kepala Tukang	134.534,00		3.756,95		
	0,165	Oh	Mandor	146.764,00		24.216,06		
	1,000	M3	Upah	41.250,00		41.250,00		
	Jumlah (a+b)					1.282.500,00		1.323.750,00
	Harga Satuan Pekerjaan					41.250,00		1.323.750,00
8	1 Kg Pembersihan beton polos/ulir							
	a. Alat / Bahan							
	1,020	Kg	Besi beton Polos/ulir	7.354,00	7.501,08			
	0,012	Kg	Kawat ikat	14.300,00	171,60			
	b. Tenaga							
	0,007	Oh	Pekerja	97.843,00		684,90		
	0,007	Oh	Tukang Besi	122.303,00		856,12		
	0,007	Oh	Kepala Tukang	134.534,00		941,74		
	0,004	Oh	Mandor	146.764,00		587,06		
	1,000	Kg	Upah	880,00		880,00		
	Jumlah (a+b)					7.672,68		8.552,68
	Harga Satuan Pekerjaan					880,00		8.552,68
7	1 M2 Membuat bekisting Plat lantai							
	a. Alat / Bahan							
	0,1400	lbr	Plywood 9 mm	134.534,00	18.834,76			
	0,0160	m3	Kayu kelas III	3.669.099,00	58.705,58			
	0,0050	m3	Balok kayu kelas IV	1.651.095,00	9.906,57			
	0,1600	kg	Paku 5 cm - 12 cm	15.599,00	2.543,84			
	0,0600	Liter	Minyak bekisting	33.086,00	1.046,88			
	2,4000	Brg	Doiken kayu Ø (8-10) cm, Panj 4 m	29.353,00	70.447,20			
	b. Tenaga							
	0,3300	Oh	Pekerja	97.843,00		32.288,19		
	0,1650	Oh	Tukang kayu	122.303,00		20.180,00		
	0,0165	Oh	Kepala Tukang	134.534,00		2.219,73		
	0,165	Oh	Mandor	146.764,00		2.421,61		
	Jumlah (a+b)					161.434,83		129.250,00
	Harga Satuan Pekerjaan					129.250,00		129.250,00
8	1 m2 Pelat Bondek							
	a. Alat / Bahan							
	1,00	M2	steel deck BMT 1.0	125.000,00	125.000,00			
	0,08	KG	Paku 5 cm - 12 cm	14.946,00	1.195,68			
	b. Tenaga							
	0,01	Oh	Pekerja	91.976,00		827,78		
	0,06	Oh	Tukang	114.970,00		6.329,35		
	0,10	Oh	Mandor	137.964,00		13.658,44		
	Jumlah (a+b)					126.195,68		147.005,28
	Harga Satuan Pekerjaan					20.809,57		147.005,28
9	1 M2 pembuatan Bekisting HCS							
	a. Alat / Bahan							
	0,3800	Kg	Plat Siku t = 3 mm	48.350,00	16.375,28			
	0,0900	bh	Bois 12 mm	15.200,00	1.216,00			
	0,02	Liter	Minyak bekisting	32.592,00	246,04			
	1,00	LS	ALAT	18.000,00	18.000,00			
	b. Tenaga							
	1,00	m3	Upah	3.500,00		3.500,00		
	Jumlah (a+b)					37.837,32		41.337,32
	Harga Satuan Pekerjaan					37.837,32		41.337,32
10	1 M2 pembuatan hcs							
	a. Alat / Bahan							
	0,095	m3	Beton K-450	1.323.750,00	125.756,25			
	0,011	bh	Tendon 6 mm	6.500.000,00	71.500,00			
	0,010	Liter	Minyak bekisting	12.302,00	123,02			
	1,000	LS	ALAT	13.000,00	13.000,00			
	b. Tenaga/Upah							
	1,00	m2	upah	3.501,00		3.501,00		
	Jumlah (a+b)					210.379,27		213.860,27
	Harga Satuan Pekerjaan					210.379,27		213.860,27

Sumber : Data Proyek dan AHSP Kota Palembang (2017)

1.5.3 Rencana Anggaran Biaya Pekerjaan Alternatif 1 dan 2

1. Rencana anggaran biaya pekerjaan alternatif 1 hollow core slab

Pada tabel dibawah ini ditampilkan rencana anggaran biaya untuk pekerjaan alternatif 1 hollow core slab (HCS).

Tabel 4.20 RAB Hollow Core Slab

NO	URAIAN PEKERJAAN	SAT.	VOLUME	HARGA SATUAN	JUMLAH
1.	Pabrikasi HCS				
A	Pembuatan bed				
B	Pembesian	kg	125,63	8.552,68	1.074.456,08
C	Pengecoran K-225	m ³	10,40	1.023.000,00	10.639.200,00
D	Pembuatan bekisting HCS	m ²	0,18	41.337,32	7.403,51
E	Pabrikasi HCS	m ³	1.175,60	272.380,27	320.210.245,41
				Sub Total	331.931.305,01
2	Pekerjaan Erection, Pembesian dan Pengecoran				
A	Pekerjaan Erection	bh	160,00	75.466,04	12.074.566,17
B	Pekerjaan Pembesian Topping	kg	11.310,99	8.552,68	96.739.241,29
C	Pengecoran K-350 Topping	m ³	37,61	1.207.185,00	45.402.227,85
D	Pengecoran K-350 balok	m ³	76,81	1.207.185,00	92.723.879,85
				Sub Total	246.939.915,16
3	Pengecoran Area Konvensional				
A	Pekerjaan Bekisting Plat	m ²	34,70	129.250,00	4.484.975,00
B	Pekerjaan Pembesian	kg	667,47	8.552,68	5.708.657,32
C	Pengecoran K-350 Plat	m ³	5,20	1.207.185,00	6.277.362,00
				Sub Total	16.470.994,32
				Total Biaya	595.342.214,49

Sumber : Hasil Analisis

Dari tabel diatas didapatkan total biaya pekerjaan alternatif 1 hollow core slab adalah sebesar **Rp 595.342.214,49,-**.

2. Rencana anggaran biaya pekerjaan alternatif 2 pelat bondek

Pada tabel dibawah ini ditampilkan rencana anggaran biaya untuk pekerjaan alternatif 2 plat bondek.

Tabel 4.21 RAB Pelat Bondek

NO	URAIAN PEKERJAAN	SAT.	VOLUME	HARGA SATUAN	JUMLAH
1.	Pekerjaan plat bondek				
A	Erection dan pemasangan plat bondek	bh	226,00	75.466,04	17.055.324,72
B	pembesian topping	kg	11.978,46	8.552,68	102.447.898,61
C	Pengecoran K-350 balok	m ³	76,81	1.207.185,00	92.723.879,85
D	pengecoran K-350 plat bondek	m ³	118,54	1.207.185,00	143.099.709,90
E	Pengadaan plat bondek	m ³	1.129,00	125.000,00	141.125.000,00
				Total Biaya per lantai	496.451.813,08

Sumber : Hasil Analisis

Dari tabel diatas didapatkan total biaya pekerjaan alternatif 2 pelat bondek adalah sebesar **Rp 496.451.813,08,-**.

1.6 Analisa Perbandingan

1. Waktu dan Biaya

Pada tahap ini akan dilakukan perbandingan waktu serta biaya metode pekerjaan alternatif 1 dan 2 terhadap metode eksisting tujuannya adalah untuk mengetahui apakah terjadi penghematan atau sebaliknya, baik dari segi waktu maupun biaya.

Perbandingan waktu dan biaya pekerjaan diambil sampel dari 1 lantai saja yakni pada lantai 5. Rekapitulasi perbandingan waktu dan biaya antara pekerjaan eksisting dan pekerjaan alternatif dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.22 Perbandingan Waktu dan Biaya Eksisting dengan Alternatif 1

NO	URAIAN PEKERJAAN	WAKTU	BIAYA
		Hari	Rp .-
1	Metode Eksisting (konvensional)	11	548.943.023,86
2	Metode Alternatif 1 (Hollow Core Slab)	8	595.342.214,49
TOTAL PENGHEMATAN		3	-46.399.190,63
PROSENTASE PENGHEMATAN (%)		27,3	-8,45

Sumber : Hasil Analisis

Dari Tabel diatas dapat diketahui penghematan waktu pelaksanaan pekerjaan dengan menggunakan metode alternatif 1 adalah **3 hari**, prosentase penghematan yang didapatkan adalah **27,3 %**. Sedangkan, pada aspek biaya metode alternatif 1 lebih besar **Rp 46.339.190,3** , Dengan prosentase - **8,45 %**.

Tabel 4.23 Perbandingan Waktu dan Biaya Eksisting dengan Alternatif 2

NO	URAIAN PEKERJAAN	WAKTU	BIAYA
		Hari	Rp .-
1	Metode Eksisting (konvensional)	11	548.943.023,86
2	Metode Alternatif 2 (Pelat Bondek)	8	496.451.813,08
TOTAL PENGHEMATAN		3	52.491.210,78
PROSENTASE PENGHEMATAN (%)		27,3	9,56

Sumber : Hasil Analisis

Dari Tabel diatas dapat diketahui penghematan waktu pelaksanaan pekerjaan dengan menggunakan metode alternatif 2 adalah **3 hari**, prosentase penghematan yang didapatkan adalah 27,3 %. Sedangkan, penghematan biaya yang didapatkan sebesar **Rp 52.491.210,78,-** Dengan prosentase penghematan biaya sebesar **9,56 %**.

2. Struktur

Pada perencanaan struktur pelat bondek momen dan beban yang bekerja diasumsikan sama dengan moment dan beban yang bekerja pada pelat existing (konvensional), sedangkan pada pelat hollow core slab (HCS) dilakukan analisa desain dengan kombinasi pembebanan yang sama dengan pelat konvensional.

Element struktur balok dianggap kaku atau dapat menerima momen dan beban dari ketiga metode yang dibandingkan.

Tabel 4.24 moment yang terjadi

NO	URAIAN PEKERJAAN	mx	my	mx	my
		kNm	kNm	kNm	kNm
1	KONVENSIONAL	0,198	3,402	0,246	4,234
2	HOLLOW CORE SLAB (HCS)	0,203	3,486	0,252	4,339
	SELISIH MOMENT	-0,005	-0,08	-0,006	-0,10
	PROSENTASE (%)	-2,47	-2,47	-2,47	-2,47

Sumber : Hasil Analisis

Dari Tabel diatas dapat diketahui selisih moment metode hollow core slab terhadap metode konvensional adalah **-2,47 %**, atau momen pada pelat hollow core slab lebih besar dibandingkan dengan pelat konvensional. Sedangkan, pada pelat bondek karena momen yang bekerja diasumsikan sama dengan metode konvensional maka prosentasi momennya adalah **0%**.



Halaman ini sengaja dikosongkan