

KAJIAN METODE STRUKTUR PELAT KONVENSIONAL TERHADAP PELAT PRACETAK SEGMENTAL DAN PELAT BONDEK DITINJAU DARI SEGI WAKTU, BIAYA DAN STRUKTUR

Eko Adityo¹⁾, Darman Katni²⁾, Arifien Nursandah³⁾

¹⁾ Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik,
Universitas Muhammadiyah Surabaya
Jl.Sutorejo No. 59, 60113

Email: eadityo@gmail.com

²⁾ Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik,
Universitas Muhammadiyah Surabaya
Jl.Sutorejo No. 59, 60113

Email: katni.darman@gmail.com

³⁾ Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik,
Universitas Muhammadiyah Surabaya
Jl.Sutorejo No. 59, 60113

Email: arifien.nursandahums@gmail.com

Abstract

Selection of project implementation method is very important, because with correct implementation method it can give maximum results especially in terms of cost and time. One of the ways is replace conventional methods into modern ones. It raises to innovations in construction implementation methods that reduce wood material as formwork. In this study, the comparisons between conventional deck method, precast segment and bond deck in terms of time, cost and structure taken sampling from one floor which is fifth floor. Precast method used Hollow Core Slab (HCS). The required data are working drawings, budget estimate plan, Master Scedule, and AHSP Palembang 2017. Result of analysis in term of cost hollow core slab method is 8.45%, bigger than conventional method. Cost of bond deck method 9.56% is saving than conventional method. Implementation of hollow core slab and bond deck method 27,3% faster than conventional methods, the difference in moment of the hollow core slab method to the conventional method is 2,47%, or moment in the hollow core slab plate is bigger than conventional plate. On bond deck because of working moment is assumed same with conventional method, moment percentage is 0%..

Keywords: Hollow Core Slab (HCS), Conventional, Bond Deck , Time, Cost, and Structure Comparison.

Abstrak

Pemilihan metode pelaksanaan suatu proyek konstruksi sangat penting, karena dengan metode pelaksanaan yang tepat dapat memberikan hasil yang maksimal terutama jika ditinjau dari segi biaya maupun segi waktu. Salah satu cara yang dilakukan adalah dengan mengganti cara-cara *konvensional* menjadi lebih modern. Hal ini memunculkan inovasi metode pelaksanaan konstruksi yang mengurangi penggunaan material kayu sebagai bekisting. Pada penelitian ini akan dilakukan perbandingan antara metode pelat *konvensional*, pelat pracetak segmental dan pelat *bondek* dari segi waktu, biaya dan struktur yang diambil sample dari 1 lantai yakni lantai 5. Metode pracetak yang digunakan adalah *Hollow Core Slab* (HCS). Data-data yang dibutuhkan yakni gambar kerja, RAB, Master Scedule, dan AHSP Palembang 2017. Hasil analisa dari segi biaya metode *hollow core slab* 8,45%, lebih besar dibandingkan dengan metode *konvensional*. Sedangkan, biaya metode plat *bondek* 9,56% lebih hemat dibandingkan dengan metode *konvensional*. Pelaksanaan pekerjaan metode *hollow core slab* dan *bondek* 27,3 % lebih cepat dibandingkan dengan metode *konvensional*, 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 persentasenya adalah 0%.

Kata Kunci: Hollow Core Slab (HCS), Konvensional, Pelat Bondek, Perbandingan Waktu, Biaya, dan Struktur.

PENDAHULUAN

Pemilihan metode pelaksanaan suatu proyek konstruksi sangat penting karena dengan metode pelaksanaan yang tepat dapat memberikan hasil yang maksimal terutama jika ditinjau dari segi biaya maupun segi waktu. Dengan adanya kemajuan dalam teknologi konstruksi, memungkinkan pengelola proyek untuk memilih salah satu metode pelaksanaan konstruksi yang ada.

Salah satu cara yang dilakukan adalah dengan mengganti cara-cara konvensional menjadi lebih modern. Hal ini memunculkan inovasi metode pelaksanaan konstruksi yang mengurangi penggunaan material kayu

sebagai bekisting. Salah satunya pengurangan bekisting kayu pada pelaksanaan konstruksi pelat lantai gedung dengan penggunaan beton pracetak.

Metode pracetak sendiri memiliki beberapa keuntungan selain mengurangi penggunaan kayu sebagai bekisting, topping pada metode ini juga berfungsi sebagai diafragma penyambung antara pelat satu dengan yang lainnya, selain itu pelat yang letaknya dibawah juga berfungsi sebagai bekisting.

Metode lain untuk pelat lantai adalah pelat bondek, metode pelat bondek sendiri memiliki beberapa keunggulan dimana pelat bondek sendiri berfungsi sebagai bekisting dan pengganti tulangan bawah pada beton.

Mengacu pada uraian diatas, maka penulisan tugas akhir ini adalah untuk mengkaji metode struktur pelat lantai konvensional terhadap pelat pracetak segmental dan bondek ditinjau dari segi struktur, waktu, dan biaya.

METODE PENELITIAN

Tugas akhir ini akan membahas tentang kajian metode struktur pelat konvensional dengan 2 alternatif metode. Alternatif 1 metode pelat hollow core slab sedangkan alternatif 2 metode pelat bondek. Metode penelitian merupakan runtutan proses penelitian untuk mendapatkan hasil analisis yang dimulai dari rumusan masalah, studi literatur, sampai dengan menyimpulkan hasil analisis.

Runtutan metode yang digunakan dalam penyelesaian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Studi literatur

Pada tahapan ini kegiatan yang dilakukan adalah membaca dan mempelajari sebanyak-banyaknya literatur yang berkaitan dengan studi kasus baik dari buku, teks, makalah, jurnal, atau artikel yang bersumber dari internet.

2. Pengumpulan data

Pengumpulan data dilakukan berupa data primer dan sekunder. Data sekunder diperoleh dari pihak kontraktor pelaksana. Sedangkan data primer didapat dari observasi. Data sekunder digunakan sebagai data acuan dari besarnya biaya pelat konvensional sedangkan data primer bisa dipakai sebagai acuan waktu pelaksanaan metode hollow core slab dan metode bondek. Objek yang dijadikan lokasi penelitian tugas akhir adalah proyek Rusunami Jakabaring, Jalan Silaberanti Seberang Ulu 1 Kota Palembang, Terdiri dari 10 lantai. Penulis akan membandingkan efektifitas pelaksanaan metode-metode tersebut ditinjau dari segi biaya dan waktu pelaksanaannya.

Data-data proyek yang diperlukan dalam analisa biaya dan waktu, Yakni :

- A. RAB Proyek Rusunami Jakabaring
- B. As built drawing struktur proyek rusunami jakabaring
- C. AHSP Kota Palembang Tahun 2017

3. Analisa Struktur

Pada tahap ini akan dihitung kapasitas moment dan kapasitas gaya-gaya yang bekerja pada pelat lantai konvensional, kemudian momen yang bekerja pada pelat konvensional tersebut digunakan untuk acuan merencanakan pelat hollow core slab dan pelat bondek.

4. Analisa waktu dan biaya pekerjaan

A. Analisa Waktu

Analisa waktu pelaksanaan setiap kegiatan pekerjaan untuk kedua metode dihitung dengan cara membagi volume tiap pekerjaan dari masing-masing metode dengan nilai tingkat produktivitas pekerja atau alat.

B. Analisa Biaya

Analisa biaya dibutuhkan untuk mengetahui besarnya biaya yang dibutuhkan pada masing-masing metode dalam pelaksanaan proyek tersebut. Hal yang diperhatikan dalam analisa biaya adalah :

- 1). Analisa Harga Satuan (AHS)
Untuk analisa biaya menggunakan analisa AHSP Kota Palembang tahun 2017 atau juga bisa melakukan observasi di lapangan dan menghitung analisa sendiri berdasarkan aturan SNI.
- 2). RAB
- 3). Perhitungan rencana anggaran biaya pada masing-masing metode/sistem dihitung berdasarkan AHS yang berbeda. Rencana anggaran biaya dihitung berdasarkan pada volume tiap jenis pekerjaan dikalikan dengan harga satuan tiap pekerjaan.

5. Tahap Perbandingan

Aspek yang akan dianalisa sebagai pembandingan metode konvensional, Pracetak, dan plat bondek, meliputi :

- A. Biaya pelaksanaan
- B. Waktu pelaksanaan
- C. Kinerja sistem struktur pelat lantai antara metode konvensional, metode Hollow core slab dan bondek.

Setelah didapat waktu dan biaya total yang dibutuhkan terhadap masing-masing metode yang berbeda lalu perbedaannya dibandingkan. Kemudian akan didapat manakah metode yang dapat menghabiskan waktu dan biaya yang efektif dan efisien.

HASIL DAN PEMBAHASAN

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.

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. Rencana analisa

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

2. 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) : 1,70 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

$$W_u = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \quad (1)$$

$$= 1,2 \cdot 402 + 1,6 \cdot 153,6$$

$$= 728 \text{ kg/m}^2$$

D. Perhitungan Moment

$$L_y / L_x = 7,12 / 1,76 = 4,045 \quad (2)$$

Maka, digunakan pelat 1 arah.

$$M_{lx} = 0,094 \cdot W_u \cdot L_x^2 \quad (3)$$

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

$$M_{ly} = 0,094 \cdot W_u \cdot L_y^2 \quad (4)$$

$$= 0,094 \cdot 728 \cdot 7,05^2$$

$$= 3,40 \text{ kNm}$$

$$M_{tx} = 0,117 \cdot W_u \cdot L_x^2 \quad (5)$$

$$= 0,117 \cdot 728 \cdot 1,70^2$$

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

$$M_{ty} = 0,117 \cdot W_u \cdot L_y^2 \quad (6)$$

$$= 0,117 \cdot 728 \cdot 7,05^2$$

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

E. Perhitungan perencanaan tulangan

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

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

F. Rekapitulasi penulangan pelat konvensional

Tabel 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 (Ec)
 - $E_c = 4700 \sqrt{f'c} = 25332 \text{ Mpa} \quad (7)$
- Modulus elastisitas (Es) = 210000 Mpa
- Lendutan Maksimum (SNI 2847:2013 pasal 9.5.3.1 tabel 9.5)
 - $\Delta \text{ ijin} = L_y / 240 = 29,4 \text{ mm} \quad (8)$
- $I_g = 0,083 \cdot L_y \cdot h^3 \quad (9)$
 - $= 1290737500 \text{ mm}^4$
- Modulus Keruntuhan Lentur (SNI 2847:2013 Pasal 9.5.2.3 persamaan 9-10)
 - $\lambda \text{ untuk beton normal} = 1 \text{ (SNI 2847:2013 Pasal 8.6)}$
 - $f_r = 0,62 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c} = 3,34 \text{ Mpa} \quad (10)$
- Nilai perbandingan modulus elastisitas
 - $n = E_s / E_c = 8,3 \quad (11)$
- Jarak garis netral terhadap sisi atas beton
 - $c = a / \beta_1 = 8,87 \text{ mm} \quad (12)$
- $I_{cr} = 168953530 \text{ mm}^4$
 - $y_t = 0,5 \cdot h = 65 \text{ mm} \quad (13)$
- Moment retak (SNI 2847:2013 Pasal 9.5.2.3 persamaan 9-9)
 - $M_{cr} = 66357395 \text{ Nmm}$
- Inersia efektif (SNI 2847:2013 Pasal 9.5.2.3 persamaan 9-8)
 - $I_e = 1240676391040 \text{ mm}^4$
- Lendutan elastis seketika akibat beban mati dan beban hidup
 - $\Delta_e = 0,075 \text{ mm}$
- Rasio tulangan = 0,004
- Menurut SNI 2847:2013 Pasal 9.5.2.5 : faktor tergantung waktu (ξ) untuk beban dengan waktu >5 tahun, ξ = 2
 - $\lambda \Delta = \frac{\xi}{1+50\rho} = 1,64 \quad (14)$
- Lendutan jangka panjang akibat rangkai dan susut
 - $\Delta_g = \frac{\lambda \Delta^5 \cdot Q \cdot t^4}{384 \cdot E_c \cdot I_e} = 0,012 \text{ mm} \quad (15)$
- Lendutan total
 - $\Delta_{total} = \Delta_e + \Delta_g = 0,09 \text{ mm} \quad (16)$
- Kontrol lendutan
 - $\Delta_{total} < \Delta \text{ ijin} \quad (17)$
 - 0,09 mm < 29,4 mm, **Oke**

Hollow Core Slab (HCS)

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.

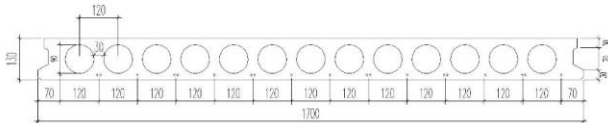
2. Kriteria bahan :

- 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) : 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 1. Penampang Hollow Core Slab Rencana

A. 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 m²
- Momen Inersia (Ic) = Icx = 2,34x10⁸ mm⁴
- Garis Berat Bawah (Cb) = h / 2 = 65 mm (18)
- Garis Berat Atas (Ct) = h – Cb = 65 mm (19)
- Sec. Modulus Atas (St) = Ic / Ct = 3596698,7 mm³ (20)
- Sec. Modulus Bawah (Sb) = Ic / Cb = 3596698,7 mm³ (21)

B. Material

- Mutu Beton = K 450
- f kub = 450 kgf . cm⁻²
- fc = 0,83 . f kub = 37,4 Mpa (22)
- fci = 0,65 . fc = 24,3 Mpa (23)
- Fci = -0,60 . fci = -14,6 Mpa (24)
- Fti = 0,25 √ fci = 1,123Mpa (25)
- Fc = - 0,45 . fc = -16,8 Mpa (akibat prategang+ beban mati) (26)
- Fct = - 0,6 . fc = -3,67 Mpa (akibat prategang + beban mati) (27)

$$F_t = 0,5 \sqrt{f_c} = 3,06 \text{ Mpa} \quad (28)$$

$$E_c = 4700 \sqrt{f_c} = 28723,9 \text{ Mpa} \quad (29)$$

$$E_{ci} = 4700 \sqrt{f_{ci}} = 23157,9 \text{ Mpa} \quad (30)$$

C. Kabel Prategang

- Fpu = 1625 Mpa
- Fpy = 0,9 . fpu = 1462,5 Mpa (31)
- fpi = 0,6 . fpu = 975 Mpa (32)
- fp eff = 0,6 . fpi = 780 Mpa (33)
- Diameter Tendon (d) = 6 mm
- Jumlah Tendon (n) = 20 buah
- Luas per Tendon Efektif (A1) = 28,26 mm²
- Eksentrisitas (e) = 0,5.h – 20 mm = 45 mm

D. Mutu Baja (fy) = 400 Mpa

E. Pembebanan pelat

- Beban Mati (DL)
- Berat Sendiri HCS (Qslb) : Ac . 2400 = 255 kg/m²
- Berat Topping (Qslb) : htop . 2400 = 72 kg/m² +
- Total = 327 kg/m²**

Beban Mati Tambahan (SDL)

- Keramik = 18 kg/m²
- Speci Keramik = 38 kg/m²
- Ducting ME = 19 kg/m²
- Plafon = 5 kg/m²
- Pengantung Plafon = 10 kg/m² +
- Total = 90 kg/m²**

Beban Mati Total

- Beban Mati (DL) = 327 kg/m²
- Beban Mati Tambahan (SDL) = 90 kg/m² +
- Total = 417 kg/m²**

Beban Hidup (LL)

- Beban Hidup Apartement = 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 Apartement = 114,4 kg/m²
- Beban Hidup Koridor = 153,6 kg/m²
- Digunakan Beban Hidup Terbesar yakni : 153,6 kg/m²

$$Q = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} = 746,2 \text{ kgm} \quad (1)$$

$$M_{lx} = 0,094 \cdot Q \cdot Lx^2 = 0,20 \text{ kNm} \quad (3)$$

$$M_{ly} = 0,094 \cdot Q \cdot Ly^2 = 3,49 \text{ kNm} \quad (4)$$

$$M_{tx} = 0,117 \cdot Q \cdot Lx^2 = 0,25 \text{ kNm} \quad (5)$$

$$M_{ty} = 0,117 \cdot Q \cdot Ly^2 = 4,34 \text{ kNm} \quad (6)$$

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 type 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 ($f'c$) : $f'c$ 30
- C. Mutu baja (f_y) : 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

$$\phi M > M_{lx} \quad (34)$$

$$9,73 > 0,2 \dots\dots\dots \text{OK}$$

Tidak perlu tulangan lap. Arah X

Momen negatif pelat bondek BMT 1.0

$$\phi M > M_{ly} \quad (35)$$

$$7,2 > 2,46 \dots\dots\dots \text{OK}$$

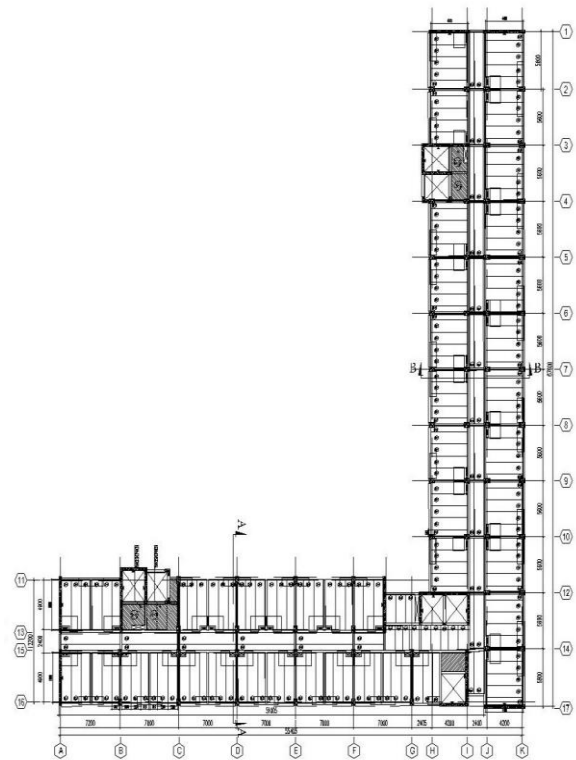
Tidak perlu tulangan lap. Arah Y

6. Rekapitulasi penulangan pelat konvensional

Tabel 2. Rekapitulasi perencanaan tulangan bondek dan topping

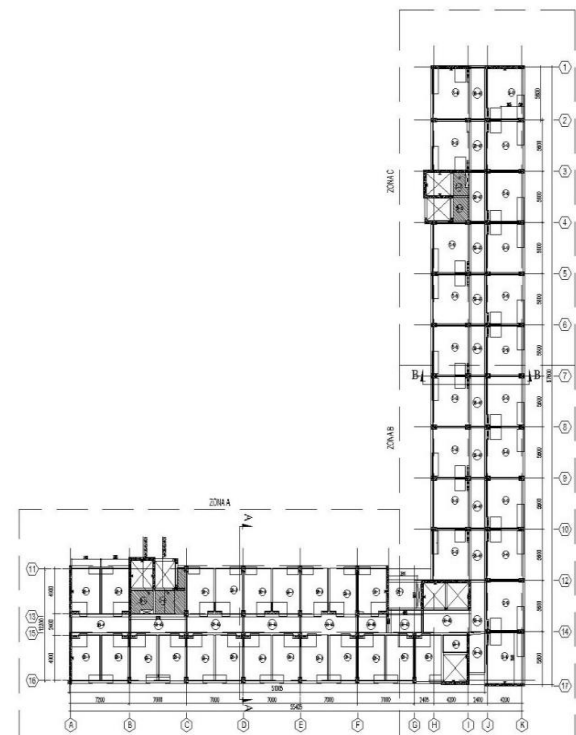
No	Pelat	M_{ly}	M_{ty}	$\frac{L_{dh}}{\text{mm}}$	Tul. Susut
1	S-4	D10 - 150	D10 - 150	20	-
2	S-4	-	-	20	D10 - 250

Sumber : Hasil Analisis



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

Sumber : Lampiran



Gambar 3. Denah Pelat bondek lantai 2 – 10 (Typical)

Sumber : Lampiran

Metode Pelaksanaan Pekerjaan

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

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.

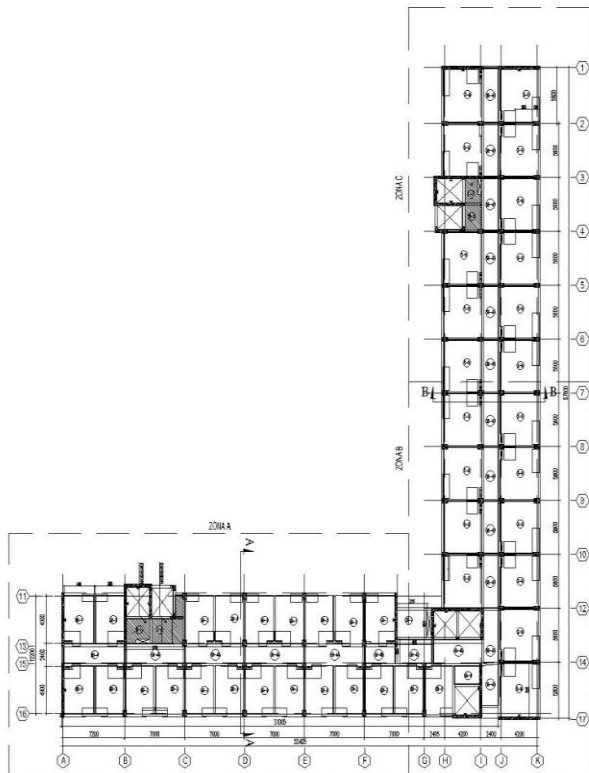
Diketahui jarak terjauh area kerja yang dilayani tower crane pada proyek rusunami jakabaring adalah 55 m. Berdasarkan brosur tower crane (terlampir) didapatkan kapasitas maksimum yang bisa diangkat tower crane adalah 4,7 Ton. Faktor reduksi beban maksimum 0,85 sehingga didapatkan beban maksimum yang 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 . 1,2 . 0,122 . 2,4	(36)
	= 2,5 Ton	

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

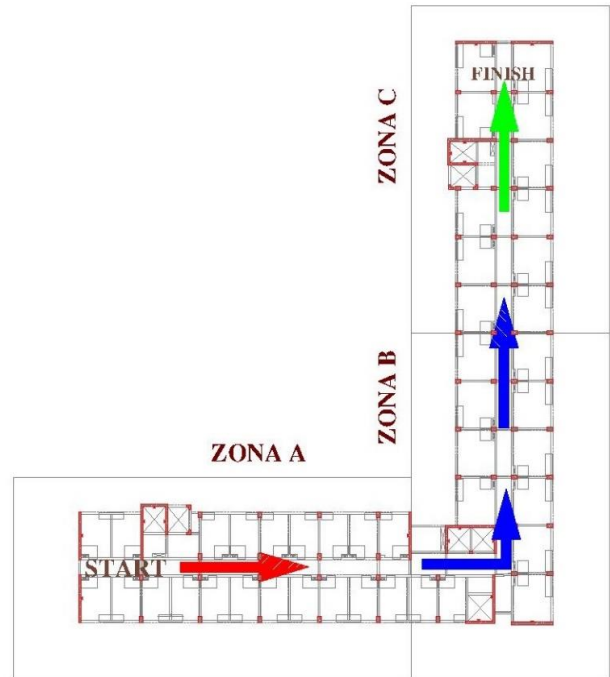
Pembagian zona pekerjaan ini selain berfungsi sebagai zoning area pekerjaan juga berfungsi sebagai sequence dan pembagian grup kerja, pembagian zona pekerjaan alternatif metode 1 dan 2 dianggap sama dengan metode konvensional.



Gambar 4. 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.

Garis besar tahapan pelaksanaan masing-masing metode dimulai dari zona A ke zona B dan berakhir di zona C alur pekerjaan dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 5. Zona Area Kerja
Sumber : Data Proyek

1. Urutan Pelaksanaan Alternatif 1 Hollow Core Slab

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

- A. Pemasangan perancah/scaffolding balok zona A
- B. Pemasangan dan penyetalan balok zona A
- C. Pembesian balok zona A
- D. Erection pelat HCS zona A
- E. Pemasangan stek besi pada rongga HCS
- F. Pembersihan area cor zona A
- G. 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.

2. Urutan Pelaksanaan Alternatif 2 Pelat Bondek

Urutan pelaksanaan alternatif 2 metode bondek adalah sebagai berikut :

- A. Pemasangan perancah/scaffolding balok zona A
- B. Pemasangan dan penyetalan balok zona A
- C. Pembesian balok zona A
- D. Erection pelat bondek zona A
- E. Pembesian pelat bondek zona A
- F. Pemasangan sheer connector bondek zona A

- G. Pembersihan area cor zona A
H. 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.

Analisa Biaya

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).

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

Tabel 3. Rekapitulasi Durasi Pekerjaan Alternatif 1 dan 2

NO	URAIAN	VOLUME	SAT.	DURASI	RESOURCE		
					MANDOR	TUKANG	PEKERJA
I 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
I 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.

Perhitungan Waktu dan Biaya

Setelah desain dan permodelanyang direncanakan sudah selesai,maka selanjutnya dilakukan perhitungan volume untuk item-item pekerjaan. Volume yang dihitung yakni pekerjaan beton, besi , dan bekisting.

Tahap lanjutan pada proses setelah perhitungan volume pekerjaan adalah perhitungan analisa harga satuan. 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. 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 5. Harga satuan upah dan bahan

NO	URAIAN	HARGA (Rp)	SAT.	KETERANGAN
I BAHAN				
1	Besi Beton Polos/Ulir	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	m ³	
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	m ³	
10	Beton Ready Mix K-300	1.155.449,00	m ³	
11	Beton Ready Mix K-350	1.258.922,00	m ³	
12	Beton Ready Mix K-400	1.327.904,00	m ³	
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 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

$$= (\text{Durasi} \times \text{Biaya}) / \text{Volume} \quad (36)$$

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

$$= \text{Rp } 68.125.000,-$$

C. Koefisien tenaga kerja erection pelat HCS dengan TC

$$\text{Koef} = (\text{Jml Tenaga} \times \text{Durasi}) / \text{Volume} \quad (37)$$

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

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

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

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

$$= (\text{Durasi} \times \text{Biaya}) / \text{Volume} \quad (38)$$

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

$$= \text{Rp } 43.840,15$$

C. Koefisien tenaga kerja erection pelat bondek dengan TC

$$\text{Koef} = (\text{Jml Tenaga} \times \text{Durasi}) / \text{Volume} \quad (37)$$

$$\text{Mandor} = (1 \times 2) / 226 = 0,008 \text{ OH}$$

Tukang = $(16 \times 2) / 226 = 0,129$ OH
Pekerja = $(8 \times 2) / 226 = 0,064$ OH
Analisa harga satuan item pekerjaan erection dengan tower crane dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 6. Analisa Harga Satuan Pekerjaan Erection HCS dan Bondek

NO.	URAIAN	SATUAN HARGA			
		Harga	Jumlah Harga	Jumlah	Jumlah
		Satuan (Rp)	Alat / Bahan (Rp)	Tenaga (Rp)	Bahan+Tenaga (Rp)
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

Setelah didapatkan volume dan analisa harga satuan pekerjaan kemudian dilakukan perhitungan anggaran biaya pekerjaan alternatif 1 Hollow core slab dan alternatif 2 pelat bondek.

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 7. 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 pelat bondek.

Tabel 8. 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,-**.

Analisa Perbandingan 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 9. 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 (Pelat HCS)	8	595.342.214,49
	TOTAL PENGHEMATAN	3	- 46.339.190,3
	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 10. 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 %**.

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 11. moment yang terjadi

NO	URAIAN PEKERJAAN	M _x	M _y	M _{tx}	M _{ty}
		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	4,449
	SELISIH MOMEN	-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%**.

KESIMPULAN

Dari hasil analisa yang dilakukan pada pekerjaan pelat lantai dengan metode hollow core slab dan plat bondek dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Prosentase perbandingan biaya yang didapatkan dari hasil analisa metode konvensional terhadap metode alternatif 1 (hollow core slab) dan alternatif 2 (pelat bondek) adalah :
 - Biaya metode hollow core slab **8,45 %** lebih besar dibandingkan dengan metode konvensional.
 - Biaya metode plat bondek **9,56 %** lebih hemat dibandingkan dengan metode konvensional.
2. Prosentase perbandingan waktu yang didapatkan dari hasil analisa metode konvensional terhadap metode alternatif 1 (hollow core slab) dan alternatif 2 (pelat bondek) adalah :
 - Pelaksanaan pekerjaan metode hollow core slab **27,3 %** lebih cepat dibandingkan dengan metode konvensional.
 - Pelaksanaan pekerjaan metode plat bondek **27,3 %** lebih cepat dibandingkan dengan metode konvensional.
3. 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%**.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Standarisasi Nasional, 2013. *Tata Cara Perhitungan Harga Satuan Pekerjaan Beton Pracetak Untuk Konstruksi Bangunan Gedung*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional

Diolana Prian, dkk. 2017. *Analisis Perbandingan Waktu, Biaya dan Direct Waste Penggunaan Tulangan Konvensional, Wiremest dan Floordeck pada Pekerjaan Plat Lantai*. JURNAL KARYA TEKNIK SIPIL. Volume 6 Nomor 3: 69-80

Ervianto, I.W. (2006). *Eksplorasi Teknologi dalam Proyek Konstruksi*. Penerbit: Andi. Yogyakarta.

Firdaus, Fachri. *Analisis Perbandingan Efisiensi Penggunaan Hollow Core Slab (HCS) Dibandingkan Dengan Pelat Konvensional Insitu Pada Proyek pembangunan Gudang Ciwastra Bandung*. e-Jurnal Matriks Teknik Sipil. 2017

Hidayat, dkk. 2017. *Analisis Perbandingan Waktu, Biaya dan Direct Waste Penggunaan Tulangan Konvensional, Wiremest dan Floordeck pada Pekerjaan Plat Lantai*. JURNAL KARYA TEKNIK SIPIL, Volume 6, Nomor 3 Tahun 2017, Halaman 69-80 . Universitas Diponegoro.

Husen, Abrar. 2011. *Manajemen Proyek : Perencanaan, Penjadwalan, dan Pengendalian Proyek* : Andi Offset.

Orry, G. 2008. *Analisa dan Perencanaan Pelat Beton Pracetak Sistem Hollow Core Slab (HCS) Untuk Pelat Satu Arah*. Tugas Akhir. Tidak dipublikasikan. Medan. Universitas Sumatera Utara.

Shaikh, F. 1999. *PCI Design Handbook 5th Edition*. Chicago : Preceast/Prestressed Concrete Institute.

Romi, dkk. 2016. *Perbandingan Sistem Struktur dan Biaya Pelat Lantai Metode Preceast Half Slab dan Metode Konvensional*. Jurnal. Jom FTEKNIK Volume 3 No.2. Universitas Riau

Sastraatmaja, A. S. (1984). *Anggaran Biaya Pelaksanaan*. Penerbit : Nova. Bandung

<https://hakimhomint.wordpress.com/2017/04/22/cara-memasang-plat-bondek/diakses> : 6 desember 2018. 17.23

Widhiawati, Yana, dan Asmara. 2010. *Analisa Biaya Pelaksanaan Antara Pelat Konvensional dan Sistem Pelat Menggunakan Metal Deck*. Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Vol. 14, No. 1. Universitas Udayana