

PERBANDINGAN WAKTU DAN BIAYA ELEMEN BALOK DAN PLAT DENGAN METODE U-SHELL, HALF SLAB, DAN STEEL DECK DI PROYEK GRAND DHARMAHUSADA LAGOON SURABAYA

Feri Efendi¹⁾, Darman Katni S.²⁾, Isnaniati³⁾

¹⁾ Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surabaya
Jl. Sutorejo No.5 Dukuh Sutorejo, Mulyorejo, Kota Surabaya, 60113

Email: feri.estimate@gmail.com

²⁾ Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surabaya
Jl. Sutorejo No.5 Dukuh Sutorejo, Mulyorejo, Kota Surabaya, 60113

Email: katni.darman@gmail.com

³⁾ Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surabaya
Jl. Sutorejo No.5 Dukuh Sutorejo, Mulyorejo, Kota Surabaya, 60113

Email: isnaniati65@gmail.com

Abstract

In the Tower Olive Grand Dharmahusada Lagoon project, the beams and floor plates are structural elements that have a large area and volume compared to other structural elements. The volume of concrete, formwork and rebar beams and floor plates is much larger than the column structure elements and shear walls. This, which causes the cost of concrete work and beam formwork and higher floor plates. So that the beam and plate elements are the right element for Value Engineering. Value Engineering is doing with making 2 alternative designs for comparison to existing design about time and cost. Alternative 1 uses the U-Shell beam method and Half Slab Plate while alternative 2 uses the U-Shell beam and Steel Deck method. The methodology used identify problems, collect data, analyze data, discuss Value Engineering analysis, and conclusions and suggestions. The results of the cost comparison obtained from the value engineering analysis are the initial / existing design Rp. 892.600.395, -, alternative 1 Rp. 699.753.933, -, alternative 2 Rp. 771.498.593, -. Comparison of construction time per floor (Floor to Floor) obtained from the value engineering results, namely the initial / existing design 8 days, alternative 1 8 alternative days 2 9 days. So that it can be concluded from the two alternatives, alternative method 1 is better than alternative 2 in terms of cost and time.

Keywords: *U-Shell, Half Slab, dan Steel Deck*

Abstrak

Pada proyek Tower Olive Grand Dharmahusada Lagoon, balok dan plat lantai merupakan elemen struktur yang memiliki luasan dan volume yang cukup besar dibandingkan dengan elemen struktur lainnya. Volume beton, bekisting, dan besi, balok dan plat lantai jauh lebih besar daripada elemen struktur kolom serta Shear Wall. Hal ini, yang menyebabkan biaya pekerjaan beton dan bekisting balok serta plat lantai lebih tinggi. Sehingga elemen balok dan plat merupakan elemen yang tepat untuk dilakukan Value Engineering. Value Engineering yang dilakukan dengan membuat 2 alternatif desain untuk dibandingkan dengan desain eksisting dari segi biaya dan waktu. Alternatif 1 menggunakan metode balok U-Shell dan plat Half Slab sedangkan alternatif 2 menggunakan metode balok U-Shell dan Steel Deck. Metodologi yang digunakan dengan cara melakukan identifikasi masalah, pengumpulan data, menganalisa data, pembahasan analisa Value Engineering, serta kesimpulan dan saran. Hasil perbandingan biaya yang didapatkan dari analisis Value Engineering yaitu desain awal/eksisting diperoleh Rp. 892.600.395,-, alternatif 1 diperoleh Rp. 699.753.933,- alternatif 2 diperoleh Rp. 771.498.593,-. Perbandingan waktu pelaksanaan per lantai (Floor to Floor) yang didapatkan dari hasil value engineering yaitu desain awal/eksisting diperoleh 8 hari, alternatif 1 diperoleh 8 hari, alternatif 2 diperoleh 9 hari. Sehingga dapat disimpulkan dari kedua alternatif tersebut, metode alternatif 1 lebih baik daripada alternatif 2 dari segi biaya dan waktu.

Kata Kunci: *U-Shell, Half Slab, dan Steel Deck*

PENDAHULUAN

Di era jaman modern sekarang tuntutan akan bangunan bertingkat tinggi sangat banyak dibutuhkan, mengingat jumlah ketersediaan lahan yang semakin berkurang. Hal ini dikarenakan oleh ledakan jumlah penduduk yang semakin bertambah banyak dan padat. Oleh sebab itu, para Developer saat ini sedang gencar memasarkan produk tempat tinggal dengan sistem bangunan bertingkat, demi efisiensi terhadap luas lahan yang digunakan.

Daya beli konsumen yang rendah dan persaingan pasar yang tinggi, membuat para Developer harus memutar otak. Developer dituntut untuk membuat produk yang tidak hanya efektif secara fungsional, namun juga efisien terhadap biaya dan waktu. Hal itu demi menekan harga

jual produknya ke konsumen dan dapat bersaing dengan developer lain.

Banyak hal yang dapat dilakukan sebelum membuat RAB, diantaranya pemilihan desain, bahan, dan metode yang akan digunakan. Pemilihan tersebut sangat penting dilakukan, karena akan menunjukkan berapa anggaran daripada bangunan tersebut. Setelah desain dan RAB selesai, terkadang masih ada beberapa item pekerjaan yang memiliki anggaran biaya yang besar.

Balok dan plat lantai merupakan elemen struktur yang memiliki luasan dan volume yang cukup besar dibandingkan dengan elemen struktur lainnya. Volume beton, bekisting, dan besi balok dan plat lantai jauh lebih besar daripada elemen kolom dan Shear Wall. Hal ini,

yang menyebabkan biaya pekerjaan beton dan bekisting balok serta plat lantai lebih tinggi.

Perbandingan waktu dan biaya yang dilakukan dengan membuat 2 alternatif metode yaitu alternatif 1 balok U-Shell dan plat Half Slab, alternatif 2 balok U-Shell dan plat Steel Deck. Dari kedua alternatif tersebut mana yang memiliki efisiensi terbesar dari segi biaya dan waktu terhadap desain eksisting sehingga dapat diambil kesimpulan mana metode yang paling tepat.

Dengan adanya perbandingan waktu dan biaya pada elemen struktur balok dan plat ini, diharapkan menghasilkan anggaran total biaya dan waktu proyek yang lebih efisien dan optimal.

METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian di Proyek Grand Dharmahusada Lagoon Surabaya dengan meninjau metode eksisting balok dan plat terhadap 2 metode alternatif. Alternatif 1 balok U-Shell dan plat Half Slab sedangkan alternatif 2 balok U-Shell dan plat Steel Deck. Metode penelitian merupakan suatu metode atau runtutan proses pengerjaan untuk mendapatkan hasil dari analisis yang dimulai dari perumusan masalah, studi literatur, proses analisis sampai dengan menyimpulkan hasil dari analisis.

Metode yang digunakan dalam penyelesaian penulisan ini adalah sebagai berikut:

1. Identifikasi Masalah
 - a. Bagaimana mengetahui alternatif penggunaan metode dan desain struktur balok dan plat lantai yang tepat, alternatif 1 balok U-Shell dan plat Half Slab atau alternatif 2 balok U-Shell dan plat Steel Deck?
 - b. Bagaimana mengetahui perbandingan biaya total dan waktu proyek yang telah direncanakan sebelumnya dengan biaya total dan waktu proyek dengan kedua metode alternatif?
2. Pengumpulan Data
 - a. Data Primer
Wawancara dan pengamatan di lapangan:
 - 1) Harga upah tenaga kerja
 - 2) Harga bahan dan material
 - 3) Pelaksanaan pekerjaan dilapangan
 - 4) Waktu bongkar dan muat material
 - b. Data Sekunder
 - c. Referensi buku/Daftar Pustaka
 - 1) Aplikasi Value Engineering pada Konstruksi Bangunan Gedung
 - 2) PCI Design Handbook 5th Edition
 - 3) Balok dan Pelat Beton Bertulang
 - 4) Rencana dan Estimate Real of Cost
 - 5) Alat-Alat Berat dan Penggunaannya
 - d. Internet
 - 1) Brosur Tower Crane
 - 2) Brosur Concrete Pump
 - 3) Harga Satuan yang ditinjau Engineering dari PT. PP Persero Tbk
 - e. Gambar
 - 1) Gambar For Construction Struktur
 - 2) Gambar Site Plan

3. Menganalisa Data

Analisa data yang diperlukan adalah sebagai berikut:

- a. Perencanaan dan Permodelan
Perencanaan dan Permodelan U-Shell, Half Slab, dan Steel Deck meliputi:
 - 1) Membuat Kriteria Perencanaan
 - 2) Analisa Perhitungan U-Shell, Half Slab, dan Steel Deck
 - 3) Permodelan U-Shell, Half Slab, dan Steel Deck
 - b. Pemilihan Tipe dan Penempatan alat
 - 1) Pemilihan tipe alat yang digunakan untuk erection
 - 2) Penempatan alat
 - c. Penentuan Zoning
Pembagian dan penentuan zoning area kerja.
 - d. Perhitungan Center of Gravity (CoG)
Perhitungan CoG U-Shell, Half Slab, dan Steel Deck.
 - e. Menyusun metode pelaksanaan pekerjaan
Menyusun urutan tahapan pelaksanaan pekerjaan alternatif 1 balok U-Shell dan plat Half Slab serta alternatif 2 balok U-Shell dan plat Steel Deck.
4. Pembahasan Perbandingan Waktu dan Biaya
 - a. Perhitungan Waktu Pelaksanaan
 - 1) Perhitungan durasi pekerjaan
 - 2) Menyusun Time Schedule
 - 3) Menyusun Resource Schedule
 - b. Perhitungan Biaya
 - 1) Perhitungan volume U-Shell, Half Slab, dan Steel Deck
 - 2) Perhitungan analisa harga satuan
 - 3) Perhitungan rencana anggaran biaya metode alternatif -alternatif

5. Kesimpulan & Saran

Setelah mendapatkan alternatif desain dan perbandingan biaya serta waktu kemudian ditarik kesimpulan. Selain itu juga dibuat saran untuk masukan penelitian ke depan.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Perencanaan dan Permodelan U-Shell, Half Slab, dan Steel Deck

Kriteria perencanaan balok U-Shell Proyek Grand Dharmahusada Lagoon Tower Olive adalah sebagai berikut:

1. Filosofi desain
Desain balok U-Shell pracetak yang akan direncanakan tanpa merubah dimensi dan jumlah tulangan yang sudah direncanakan sebelumnya. Plat Half Slab dimodelkan dan dihitung sebagai balok. Plat Steel Deck selain sebagai bekisting permanen juga sebagai pengganti tulangan 1 arah.
2. Standar peraturan
 - a. SNI-2847-2013 : Persyaratan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung
 - b. SNI-1727-2013 : Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain
 - c. ANSI SDI-C-2017 : Standar Plat Komposit Steel Deck

3. Kriteria bahan yang digunakan
 - a. Kuat tekan beton :K-300
 - b. Kuat leleh besi ulir : fy 400 Mpa
 - c. Berat jenis beton bertulang : 2400 kg/m³
 - d. Berat jenis beton basah : 2500 kg/m³
 - e. Berat jenis besi/baja : 7850 kg/m³
4. Rencana Analisis

Balok precast U-Shell ini dianalisa berdasarkan kondisi sebagai berikut:

 - a. Kondisi saat pengangkatan (Erection)
 - b. Kondisi saat pemasangan
 - c. Kondisi saat pengecoran
 - d. Kontrol tekanan samping beton basah
 - e. Kontrol pembesian

Plat Half Slab dianalisa berdasarkan kondisi sebagai berikut:

 - a. Kondisi saat pengangkatan
 - b. Kondisi saat pemasangan
 - c. Kondisi servis

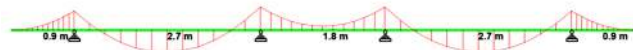
Plat Steel Deck dianalisa berdasarkan kondisi sebagai berikut:

 - a. Kondisi saat pengecoran
 - b. Kondisi saat servis

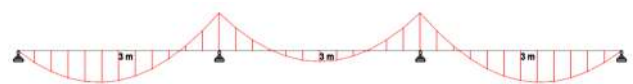
Kombinasi pembebanan yang digunakan berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 9.2.1 didapatkan :

$$Q = 1,2DL + 1,6LL \quad (1)$$

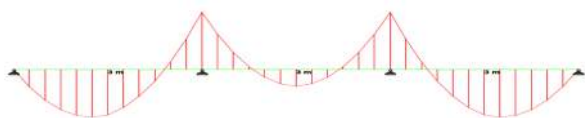
Perhitungan momen-momen pada balok U-Shell menggunakan alat bantu Software Staad Pro.



Gambar 1. Diagram momen kondisi pengangkatan
Sumber: Analisis data (2018)



Gambar 2. Diagram momen kondisi pemasangan
Sumber: Analisis data (2018)



Gambar 3. Diagram momen kondisi pengecoran
Sumber: Analisis data (2018)

- Didapatkan nilai momen maksimum:
1. Kondisi pengangkatan : 3,34 kNm
 2. Kondisi pemasangan : 6,74 kNm
 3. Kondisi pengecoran : 17,65 kNm

Perhitungan momen-momen pada pelat Half Slab sesuai dengan peraturan SNI 2847-2013 sebagai berikut :

$$Mlx = 1/11 \times Q \times Lx^2 \quad (2)$$

ujung tak menerus tak terkekang (pasal 8.3.3)

$$Mly = 1/16 \times Q \times Ly^2 \quad (3)$$

bentang interior (pasal 8.3.3)

$$Mty = 1/9 \times Q \times Ly^2 \quad (4)$$

momen negatif dua bentang (pasal 8.3.3)

sehingga didapatkan,

Keadaan plat precast terpasang namun belum terkomposit (Kondisi 2)

$$Mlx = 1/11 \times Q \times Lx^2 = 1/11 \times 353,60 \times 2^2 = 128,58 \text{ kg m}$$

$$Mly = 1/16 \times Q \times Ly^2 = 1/16 \times 353,60 \times 2^2 = 88,40 \text{ kg m}$$

$$Mty = 1/9 \times Q \times Ly^2 = 1/9 \times 353,60 \times 2^2 = 157,15 \text{ kg m}$$

Keadaan, pelat sudah komposit (Kondisi 3)

$$Mlx = 1/11 \times Q \times Lx^2 = 1/11 \times 785,76 \times 2^2 = 285,73 \text{ kg m}$$

$$Mly = 1/16 \times Q \times Ly^2 = 1/16 \times 785,76 \times 2^2 = 196,44 \text{ kg m}$$

$$Mty = 1/9 \times Q \times Ly^2 = 1/9 \times 785,76 \times 2^2 = 349,22 \text{ kg m}$$

Perhitungan momen-momen pada pelat lantai sesuai dengan peraturan ANSI-SDI-C-2017 sebagai berikut :

$$Mlx = 0,094 \times Q \times Lx^2 \quad (5)$$

$$= 0,094 \times 592,36 \times 2,9^2 = 468,28 \text{ kg m} = 4,68 \text{ kN m}$$

$$Mtx = 0,117 \times Q \times Lx^2 \quad (6)$$

$$= 0,117 \times 592,36 \times 2,9^2 = 582,86 \text{ kg m} = 5,83 \text{ kN m}$$

$$Mly = 0,094 \times Q \times Ly^2 \quad (7)$$

$$= 0,094 \times 592,36 \times 8,15^2 = 3698,50 \text{ kg m} = 36,98 \text{ kN m}$$

$$Mty = 0,117 \times Q \times Ly^2 \quad (8)$$

$$= 0,117 \times 592,36 \times 8,15^2 = 4630,45 \text{ kg m} = 46,30 \text{ kN m}$$

Kontrol pembesian balok pracetak U-Shell terhadap gaya tarik beton. Kondisi pembebanan yang digunakan pada saat pengecoran sehingga didapatkan beban maksimum yang diterima oleh balok pracetak U-Shell.

$$Mu = 17,647 \text{ kNm} = 1.764,70 \text{ kg cm}$$

$$Mn = Mu / \phi \quad (2.8)$$

$$= 1.764,70 / 0,8 = 220,588 \text{ kg cm}$$

$$m = fy / (0,85 \times f'c) \quad (2.9)$$

$$= 400 / (0,85 \times 18,88) = 24,922 \text{ MPa}$$

$$= 249,22 \text{ kg/cm}^2$$

$$d = 65 - 4 - 1 - 2,2 - 2,5 = 55,3 \text{ cm}$$

$$R_n = M_n / (b \times d^2) \quad (2.10)$$

$$= 220,588 / (40 \times 55,3^2) = 0,002$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035 \quad (2.11)$$

$$\rho_b = \frac{0,85\beta_1 \cdot f_c}{f_y} \left(\frac{600}{600+f_y} \right) \quad (2.12)$$

$$= \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 18,88}{400} \left(\frac{600}{600+400} \right) = 0,0174$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,75 \times 0,0174 = 0,0130 \quad (2.13)$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \quad (2.14)$$

$$= \frac{1}{24,922} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 24,922 \cdot 0,002}{400}} \right) = 0,02184$$

$\rho > \rho_{\text{max}}$, sehingga digunakan $\rho_{\text{max}} = 0,0130$

Luas tulangan rencana

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho \times b \times d \quad (2.15)$$

$$= 0,0130 \times 400 \times 553 = 2.885,72 \text{ mm}^2$$

Luas tulangan existing

Jumlah tulangan eksisting 8 D 22

$$A_{S_{\text{eks}}} = 1/4 \times 3,14 \times 22 \times 22 \times 8 = 3.039,52 \text{ mm}^2$$

$A_{S_{\text{perlu}}} < A_{S_{\text{eks}}}$ **OK**

Dari perhitungan perencanaan tulangan *Half Slab* didapatkan rekapitulasi yang dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1. Rekapitulasi perhitungan perencanaan tulangan Half Slab

NO	Type Plat	Mlx	Mly	Mty	Ldh (cm)	Ket
1	A	D10-450	D10-400	D10-400	18	1 Arah
2	B	D10-450	D10-400	D10-400	18	1 Arah

Sumber: Hasil analisis (2018)

Tabel 2. Rekapitulasi perhitungan perencanaan tulangan topping

NO	Type Plat	Mty	Tul. Susut	Ldh (cm)	Ket
1	A	D10-400	D10-250	18	1 Arah
2	B	D10-400	D10-250	18	1 Arah

Sumber: Hasil analisis (2018)

Dari perhitungan perencanaan tulangan Steel Deck didapatkan rekapitulasi yang dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3. Rekapitulasi perhitungan perencanaan tulangan half slab

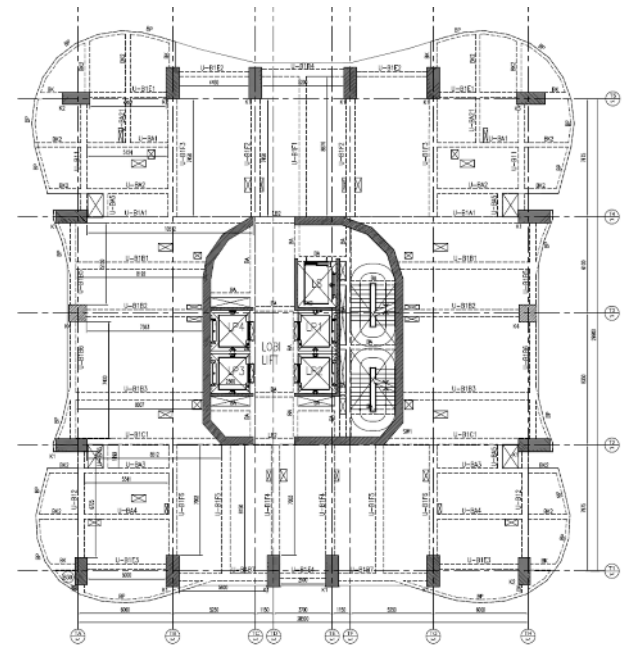
NO	Type Plat	Mly	Mty	Ldh (cm)	Ket
1	SD1	D13-150	D13-75	25	

Sumber: Hasil analisis (2018)

Tabel 4. Rekapitulasi perhitungan perencanaan tulangan topping

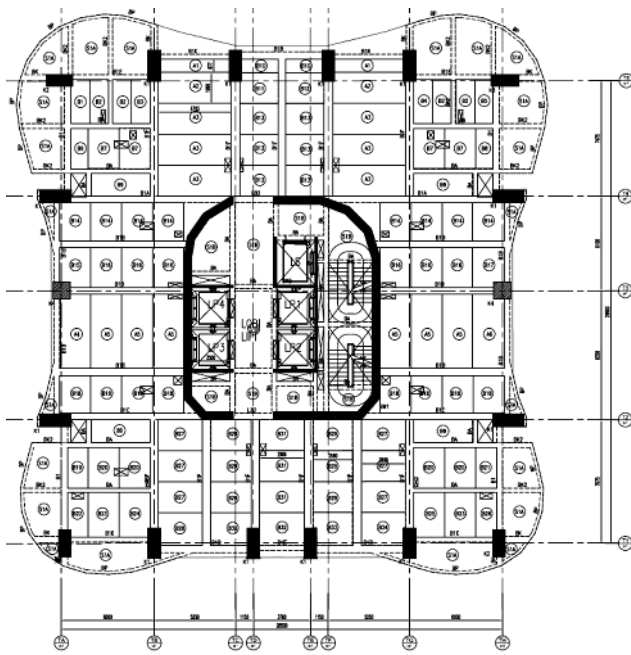
NO	Type Plat	Tul. Susut	Ldh (cm)	Ket
1	SD1	D10-250	25	

Sumber: Hasil analisis (2018)

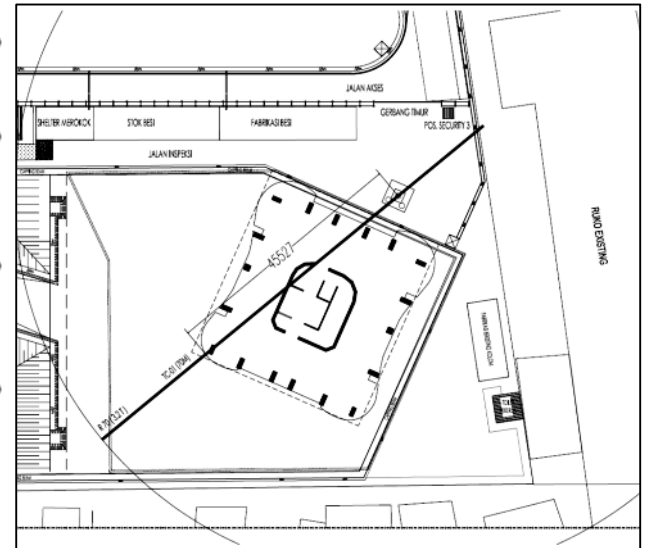


Gambar 4. Denah balok precast U-Shell Lt. 4-11

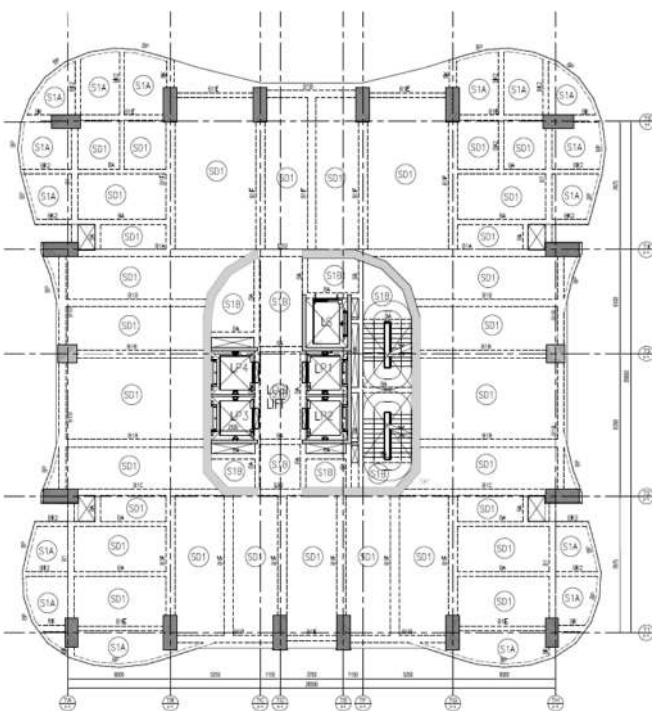
Sumber: Hasil analisis (2018)



Gambar 5. Denah Half Slab Precast Lt. 4-11
Sumber: Hasil analisis (2018)



Gambar 7. Denah penempatan Tower Crane
Sumber: Analisis data (2018)



Gambar 6. Denah plat Steel Deck Lt. 4-11
Sumber: Hasil analisis (2018)

Penempatan *Tower Crane* mempengaruhi terhadap waktu untuk pekerjaan langiran plat precast dan kapasitas lengan *Tower Crane* untuk mengangkat beban maksimum. Maka dari itu penempatan *Tower Crane* sebisa mungkin harus dekat dengan area tower. Penempatan *Tower Crane* dijelaskan pada gambar dibawah ini.

Dari gambar 7. diatas diketahui jarak terjauh area kerja yang dilayani oleh *Tower Crane* adalah 45,5 m. Berdasarkan brosur spesifikasi *Tower Crane* (terlampir) didapatkan kapasitas beban maksimum yang bisa diangkat oleh *Tower Crane* adalah 6 ton. Faktor reduksi beban maksimum 0,85 sehingga didapatkan beban maksimum yang diijinkan adalah 5,1 ton.

1. Kontrol beban mati balok *Precast U-Shell*

Dimensi (lihat gambar 4.9)

Panjang	= 9,00 m	
Lebar	= 0,40m	
Tinggi	= 0,65 m	
Berat Beton	= 2,4 ton/m ³	
Wplat	= (2 x 0,49 x 0,1 + 0,16 x 0,40)x 2,4 x 9,00	
	= 3,5 ton	<5,1 ton OK

2. Kontrol beban mati *Half Slab Precast*

Dimensi

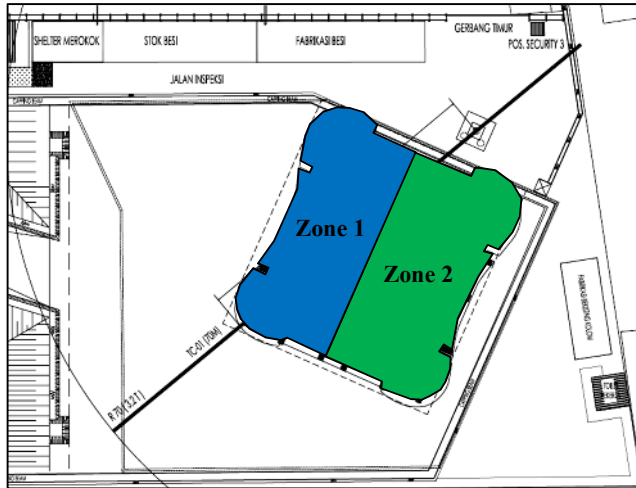
Panjang	= 4,80 m	
Lebar	= 2,00 m	
Tinggi	= 0,08 m	
Berat Beton	= 2,4ton/m ³	
Wplat	= 4,80 x 2,00 x 0,08x 2,4	
	= 1,84 ton	<5,1 ton OK

Metode Pelaksanaan Pekerjaan

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

Kondisi area yang terbatas dan ruang gerak yang sedikit sehingga dipilih tipe *Tower Crane* yang digunakan yaitu tipe *Static Tower Crane*.

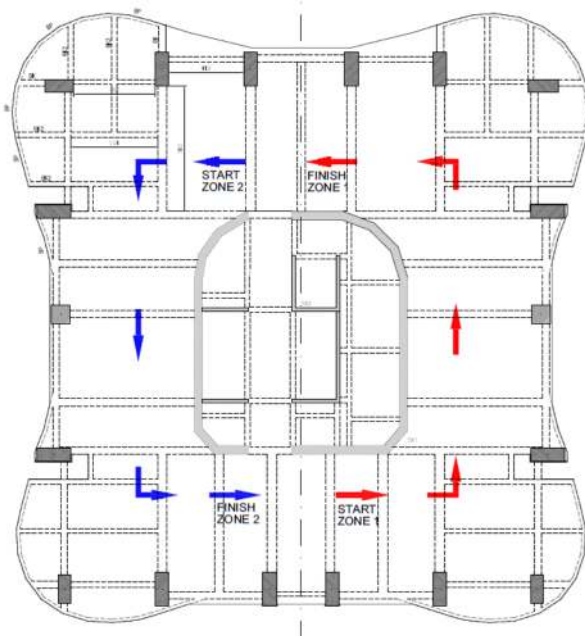
Pembagian zona pekerjaan ini selain sebagai zoning area pekerjaan juga berfungsi menentukan *Sequence* pekerjaan dan pembagian grup kerja. Pembagian zona area dapat dilihat pada gambar 8. dibawah ini.



Gambar 8. Zona area kerja
Sumber: Analisis data (2018)

Dari gambar diatas dapat diketahui area kerja dibagi menjadi 2 zone. Dasar pembagian zoning yaitu luasan area yang besar sehingga harus dipecah menjadi luasan yang lebih kecil untuk memudahkan pembagian grup kerja selain itu pembagian disesuaikan terhadap bentuk core wall yang terdiri dari 2 bagian. *Sequence* atau urutan pekerjaan erection dimulai dari zona 1 ke zona 2. Untuk pekerjaan pembesian topping dikerjakan serentak dengan 4 grup tenaga kerja.

Menentukan kordinat *Center of Gravity* (COG) untuk mengetahui jarak dan radius dari tower crane ke titik pusat lokasi balok *U-Shell* dan plat *Half Slab* pada saat pekerjaan *Erection*. Perhitungan kordinat *Center of Gravity* (COG) balok *U-Shell* dan plat *Half Slab* terhadap titik massa tower untuk mengetahui sudut slewing dan jarak ke lokasi.



Gambar 9. Garis besar tahapan pelaksanaan pekerjaan
Sumber: Analisis data (2018)

Garis besar tahapan pelaksanaan pekerjaan alternatif 1 *U-Shell* dan *Half Slab* dan alternatif 2 *U-Shell* dan *Steel Deck* dimulai dari zone 1 ke zone 2. Gambaran arah alur pekerjaan dapat dilihat pada gambar 9.

1. Urutan pelaksanaan alternatif 1 *U-Shell* dan *Half Slab*

Urutan pelaksanaan pekerjaan alternatif 1 *U-Shell* dan *Half Slab* adalah sebagai berikut:

- a. Pemasangan perancah untuk balok *U-Shell* Zone 1
- b. Erection dan pemasangan balok *U-Shell* Zone 1
- c. Pemasangan perancah *Half Slab* Zone 1
- d. Erection dan pemasangan plat *Half Slab* Zone 1
- e. Pekerjaan *Erection* dan pemasangan *U-Shell* dan *Half Slab* dilanjut ke Zone 2.
- f. Pembesian *Topping* plat *Half Slab* zone 1
- g. Pengecoran Zone 1
- h. Setelah *Erection* dan pemasangan *U-Shell* dan *Half Slab* Zone 2 selesai dilanjutkan pekerjaan pembesian *Topping* dan pengecoran Zone 2.

2. Urutan pelaksanaan alternatif 2 *U-Shell* dan *Steel Deck*

Urutan pelaksanaan pekerjaan alternatif 2 *U-Shell* dan *Steel Deck* adalah sebagai berikut:

- a. Pemasangan perancah untuk balok *U-Shell* Zone 1
- b. *Erection* dan pemasangan balok *U-Shell* Zone 1
- c. Pemasangan perancah *Steel Deck* Zone 1
- d. Pemasangan *Steel Deck* Zone 1
- e. Pekerjaan *Erection* dan pemasangan *U-Shell* dan *Steel Deck* dilanjut ke Zone 2.
- f. Pembesian *Topping* plat *Steel Deck* zone 1
- g. Pengecoran Zone 1
- h. Setelah *Erection* dan pemasangan *U-Shell* dan *Steel Deck* Zone 2 selesai dilanjutkan pekerjaan pembesian *Topping* dan pengecoran Zone 2.

Perhitungan Waktu Pelaksanaan

Pada analisis *Value Engineering* ini perhitungan waktu pelaksanaan hanya sebatas elemen struktur plat dan balok. Untuk pekerjaan struktur lainnya seperti kolom dan *Shear Wall* mengikuti durasi waktu dari kontraktor PT. PP Persero. Asumsi dasar perhitungan menggunakan It. 7 yang merupakan rata-rata dari lantai 4-11.

Rekapitulasi durasi dan kebutuhan tenaga kerja (resourch) pekerjaan alternatif 1 (*U-Shell & Half Slab*) dan alternatif 2 (*U-Shell & Steel Deck*) dapat dilihat pada tabel 5. dibawah ini.

Tabel 5. Rekapitulasi durasi & resourch pekerjaan alternatif 1 & 2

NO	URAIAN	VOLUME	DURASI	RESOURCH		
				Mandor	Tukang	Pekerja
I ALTERNATIF 1 (U-SHELL & HALF SLAB)						
A Zone 1						
1	Erection + Pasang U-Shell	27,00 bh	1,00 hari	1	6	3
2	Erection + Pasang Half Slab	53,00 bh	2,00 hari	1	6	3
3	Pembesian	2388,53 kg	1,00 hari	1	18	6
4	Pengecoran	50,60 m3	1,00 hari	1	6	9
JUMLAH			5,00 hari	4,00	36,00	21,00
B Zone 2						
1	Erection + Pasang U-Shell	26,00 bh	1,00 hari	1	6	3
2	Erection + Pasang Half Slab	49,00 bh	2,00 hari	1	6	3
3	Pembesian	2261,44 kg	1,00 hari	1	18	6
4	Pengecoran	47,39 m3	1,00 hari	1	6	9
JUMLAH			5,00 hari	4,00	36,00	21,00
II ALTERNATIF 2 (U-SHELL & STEEL DECK)						
A Zone 1						
1	Erection + Pasang U-Shell	27,00 bh	1,00 hari	1	6	3
2	Pasang Steel Deck	300,51 bh	2,00 hari	1	12	6
3	Pembesian	6719,19 kg	2,00 hari	1	36	12
4	Pengecoran	74,96 m3	1,00 hari	1	6	9
JUMLAH			6,00 hari	4,00	60,00	30,00
B Zone 2						
1	Erection + Pasang U-Shell	26,00 bh	1,00 hari	1	6	3
2	Pasang Steel Deck	276,65 bh	2,00 hari	1	12	6
3	Pembesian	6195,05 kg	2,00 hari	1	36	12
4	Pengecoran	69,82 m3	1,00 hari	1	6	9
JUMLAH			6,00 hari	4,00	60,00	30,00

Sumber: Hasil analisis (2018)

Dari tabel diatas didapatkan durasi dan resourch pekerjaan alternatif 1 dan 2 semua zone per lantai yang kemudian dilanjutkan ke input time schedule dan resourch data ke MS Project.

Setelah dilakukan perhitungan durasi pekerjaan alternatif yang dilakukan dengan menggunakan balok U-Shell, Half Slab, dan Steel Deck maka selanjutnya akan dilanjutkan ke input data ke MS Project. Penyusunan ke MS Project mengacu pada metode Precedence Diagram Method (PDM) atau membuat Network Planning dengan cara mengatur konstrain dari setiap pekerjaan.

Perhitungan Volume dan Biaya

Setelah desain dan permodelan balok *U-Shell*, Half Slab, dan Steel Deck yang direncanakan sudah selesai, maka selanjutnya dilakukan perhitungan volume untuk item-item pekerjaan tersebut. Volume yang dihitung pekerjaan beton, besi, dan bekisting.

Tahap lanjutan pada proses setelah perhitungan volume pekerjaan adalah perhitungan analisa harga satuan. Daftar bahan dan upah serta analisa harga satuan lainnya sudah ada dari Kontraktor PT. PP (Persero). Rincian biaya tower crane dan daftar upah dan bahan berdasarkan data dari Kontraktor PT. PP (Persero) Tbk dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 6. Rincian biaya Tower Crane

No	Item Pekerjaan	Harga (Rp)
1	Biaya pondasi + angkur	35.000.000,-
2	Biaya sewa TC	70.000.000,-
3	Biaya erection dan dismantling	10.000.000,-
4	Biaya mobilisasi + demobilisasi	7.500.000,-
5	Biaya listrik kerja	47.000.000,-
6	Biaya asuransi alat	2.000.000,-
7	Biaya perjanjian disnaker	1.000.000,-
Jumlah biaya per bulan		172.500.000,-
Jumlah biaya per hari		5.750.000,-

Sumber: Rincian biaya TC PT. PP Persero (2016)

Tabel 7. Daftar harga upah dan bahan

NO	URAIAN	HARGA	SAT	KETERANGAN
A BAHAN/MATERIAL				
1	Plat t=3mm	9.875	kg	
2	Minyak bekisting	30.100	L	
3	bolt Ø12 (10-15cm)	22.500	bh	
4	Besi Beton	7.140	kg	
5	Kawat Beendrat	15.930	kg	
6	Beton Readymix K-350 (PC Rate)	817.500	m3	
7	Besi Hollow 50.50.3 mm	9.875	kg	
8	Phenol Film 12mm	128.900	Lbr	
9	Steel Deck TCT 0,1mm 900 x 4500mm	465.750	lbr	
10	Paku	15.000	kg	
B UPAH				
1	Mandor	110.000	OH	
2	Tukang Batu	90.000	OH	
3	Tukang Bekisting	90.000	OH	
4	Tukang Besi	90.000	OH	
5	Tukang Erection	90.000	OH	
6	Pekerja	80.000	OH	

Sumber: Daftar harga upah dan bahan PT. PP Persero (2016)

Setelah didapatkan data biaya tenaga kerja dan alat yang digunakan untuk pekerjaan plat lantai kemudian dilakukan perhitungan analisa harga satuan item pekerjaan erection dengan tower crane dengan mengacu pada harga PT. PP Persero diatas.

1. Perhitungan analisa harga satuan erection balok dan plat precast.

a. Volume:

1) Volume balok *U-Shell* : 53 bh

2) Volume plat *Half Slab* : 102 bh

b. Durasi pekerjaan erection

1) Durasi pekerjaan balok *U-Shell* : 1 hari

2) Durasi pekerjaan plat *Half Slab* : 2 hari

c. Perhitungan analisa harga satuan erection dengan tower crane

1) Analisa 1 bh harga satuan balok *U-Shell*

= (Durasi x Biaya per hari) / volume *U-Shell*

= (1 hari x Rp. 5.570.000) / 53 bh

= Rp. 108.490,57,-

2) Analisa 1 bh harga satuan plat *Half Slab*

= (Durasi x Biaya per hari) / volume *U-Shell*

= (2 hari x Rp. 5.570.000) / 102 bh

= Rp. 112.745,10,-

d. Perhitungan analisa harga satuan tenaga kerja erection dengan tower crane

1) Koefisien tenaga kerja erection balok *U-Shell*

Mandor = (Jumlah tenaga kerja x durasi)

/ jumlah balok = 1 x 1 / 53 = 0,019 OH

Tukang = (Jumlah tenaga kerja x durasi)

/ jumlah balok = 6 x 1 / 53 = 0,113 OH

Pekerja = (Jumlah tenaga kerja x durasi)

/ jumlah balok = 3 x 1 / 53 = 0,057 OH

2) Koefisien tenaga kerja erection plat *Half Slab*

Mandor = (Jumlah tenaga kerja x durasi)

/ jumlah plat = 1 x 2 / 102 = 0,020 OH

Tukang = (Jumlah tenaga kerja x durasi)

/ jumlah plat = 6 x 2 / 102 = 0,118 OH

Pekerja = (Jumlah tenaga kerja x durasi)

/ jumlah plat = 3 x 2 / 102 = 0,059 OH

Sehingga didapatkan analisa harga satuan item pekerjaan erection dengan tower crane dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 8. Analisa harga satuan Erection U-Shell dan Half Slab

NO	URAIAN PEKERJAAN	SAT	KOEF.	HARGA SATUAN	JUMLAH
1	2	3	4	5	6 = 4x5
1 1 bh Erection Balok U-Shell					
135.083,02					
	Bahan/Alat				
	Tower Crane	bh	1,000	108.490,57	108.490,57
	Alat Bantu	m2	1,00	9.800,00	9.800,00
	Tenaga Kerja				
	Mandor	OH	0,019	110.000,00	2.075,47
	Tukang	OH	0,113	90.000,00	10.188,68
	Pekerja	OH	0,057	80.000,00	4.528,30
2 1 bh Erection Plat Half Slab					
139.996,08					
	Bahan/Alat				
	Tower Crane	bh	1,000	112.745,10	112.745,10
	Alat Bantu	m2	1,00	9.800,00	9.800,00
	Tenaga Kerja				
	Mandor	OH	0,020	110.000,00	2.156,86
	Tukang	OH	0,118	90.000,00	10.588,24
	Pekerja	OH	0,059	80.000,00	4.705,88

Sumber: Hasil analisis (2018)

Setelah didapatkan volume dan analisa harga satuan pekerjaan kemudian dilakukan perhitungan anggaran biaya pekerjaan alternatif 1 balok U-Shell & Half Slab dan alternatif 2 balok U-Shell & Steel Deck.

1. Rencana anggaran biaya pekerjaan alternatif 1

Pada tabel 9. dibawah ini ditampilkan rencana anggaran biaya untuk pekerjaan Alternatif 1 balok U-Shell dan plat Half Slab.

Dari tabel tersebut didapatkan total biaya pekerjaan alternatif 1 balok U-Shell dan Half Slab adalah sebesar **Rp. 699.753.932,60,-**.

2. Rencana anggaran biaya pekerjaan alternatif 2

Pada tabel 10. dibawah ini ditampilkan rencana anggaran biaya untuk pekerjaan Alternatif 2 balok U-Shell dan plat Steel Deck.

Dari tabel tersebut didapatkan total biaya pekerjaan alternatif 2 balok U-Shell dan plat komposit Steel Deck adalah sebesar **Rp. 771.498.592,93,-**

Tabel 9. Rencana anggaran biaya pekerjaan alternatif 1

NO	JENIS PEKERJAAN	SAT	VOLUME	HARGA SATUAN	JUMLAH
1	3	4	5	6	7=5x6
A Pekerjaan Fabrikasi Balok U-Shell					
1	Bekisting pembuatan U-Shell	m2	367,61	53.736,38	19.754.011,62
2	Pembesian	kg	22.726,39	8.580,94	195.013.786,61
3	Pengecoran K-350	m3	71,06	897.165,00	63.752.072,99
Sub Total					278.519.871,22
B Pekerjaan Fabrikasi Plat Half Slab					
1	Bekisting pembuatan Half Slab	m2	568,48	70.040,00	39.816.073,05
2	Pembesian	kg	2.665,12	8.580,94	22.869.214,77
3	Pengecoran K-350	m3	45,48	897.165,00	40.801.356,00
Sub Total					103.486.643,82
C Pekerjaan Erection, Pembesian, dan Pengecoran					
1	Bongkar/stripping balok U-Shell	bh	53,00	5.000,00	265.000,00
2	Erection balok U-Shell	bh	53,00	135.083,02	7.159.400,00
3	Bongkar/stripping plat Half Slab	bh	102,00	5.000,00	510.000,00
4	Erection plat Half Slab	bh	102,00	139.996,08	14.279.600,00
5	Pembesian topping	kg	4.649,97	8.580,94	39.901.132,69
6	Cor beton topping K-350 U-Shell	m3	28,34	897.165,00	25.423.940,72
7	Cor beton topping K-350 Half Slab	m3	39,79	897.165,00	35.701.186,50
Sub Total					123.240.259,90
D Pekerjaan Area Konvensional					
1	Bekisting balok konvensional	m2	427,56	159.300,00	68.110.358,98
2	Pembesian balok	kg	11.607,73	8.580,94	99.605.264,50
3	Pengecoran K-350 balok	m3	29,86	897.165,00	26.791.534,19
4	Bekisting plat konvensional	m2	354,67	159.300,00	56.499.536,34
5	Pembesian plat	kg	2.063,54	8.580,94	17.707.078,77
6	Pengecoran K-350 plat	m3	53,20	897.165,00	47.727.895,05
Sub Total					194.507.157,66
Total Biaya per Lantai (A+B+C+D)					699.753.932,60

Sumber: Hasil analisis (2018)

Tabel 10. Rencana anggaran biaya pekerjaan alternatif 2

NO	JENIS PEKERJAAN	SAT	VOLUME	HARGA SATUAN	JUMLAH
1	3	4	5	6	7=5x6
A Pekerjaan Fabrikasi Balok U-Shell					
1	Bekisting pembuatan U-Shell	m2	367,61	53.736,38	19.754.011,62
2	Pembesian	kg	22.726,39	8.580,94	195.013.786,61
3	Pengecoran K-350	m3	71,06	897.165,00	63.752.072,99
Sub Total					278.519.871,22
B Pekerjaan Erection, Pembesian, dan Pengecoran					
1	Bongkar/stripping balok U-Shell	bh	53,00	5.000,00	265.000,00
2	Erection balok U-Shell	bh	53,00	135.083,02	7.159.400,00
3	Pasang Steel Deck	m2	577,15	133.650,98	77.136.845,50
5	Pembesian topping	kg	12.914,25	8.580,94	110.816.377,45
6	Cor beton topping K-350 U-Shell	m3	28,34	897.165,00	25.423.940,72
7	Cor beton topping K-350 Plat Steel Deck	m3	86,57	897.165,00	77.670.000,39
Sub Total					298.471.564,05
C Pekerjaan Area Konvensional					
1	Bekisting balok konvensional	m2	427,56	159.300,00	68.110.358,98
2	Pembesian balok	kg	11.607,73	8.580,94	99.605.264,50
3	Pengecoran K-350 balok	m3	29,86	897.165,00	26.791.534,19
4	Bekisting plat konvensional	m2	346,00	159.300,00	55.117.582,87
5	Pembesian plat	kg	2.063,54	8.580,94	17.707.078,77
6	Pengecoran K-350 plat	m3	51,90	897.165,00	46.560.437,16
Sub Total					194.507.157,66
Total Biaya per Lantai (A+B+C)					771.498.592,93

Sumber: Hasil analisis (2018)

Perbandingan Biaya Eksisting dengan Biaya Alternatif

Setelah dilakukan perhitungan biaya alternatif yang dilakukan dengan menggunakan metode alternatif 1 balok U-Shell & plat Half Slab serta alternatif 2 balok U-Shell dan plat Steel Deck, maka selanjutnya akan dibandingkan dengan biaya eksisting yang ada sebelumnya untuk mengetahui berapa selisih biaya yang didapatkan. Apakah desain yang diusulkan dengan menggunakan metode alternatif 1 dan alternatif 2 pada proyek ini dari segi biaya menghasilkan penghematan atau justru sebaliknya. Rekapitulasi perbandingan biaya eksisting terhadap biaya pekerjaan alternatif-alternatif dapat dilihat pada tabel 11. sebagai berikut:

Tabel 11. Rekapitulasi perbandingan biaya eksisting dengan alternatif 1

NO	URAIAN	JUMLAH	KETERANGAN
1	Biaya Awal/Eksisting	892.600.395	
2	Biaya Alternatif 1 (U-Shell dan Half Slab)	699.753.933	
TOTAL PENGHEMATAN		192.846.462	
PERSENTASE PENGHEMATAN		21,61%	

Sumber: Hasil analisis (2018)

Dari tabel 11. diatas dapat diketahui penghematan biaya pekerjaan eksisting terhadap pekerjaan alternatif 1 (U-Shell & Half Slab) sebesar **Rp. 192.846.462,-**. Prosentase penghematan biaya yang terjadi terhadap biaya awal sebesar **21,61 %**.

Tabel 12. Rekapitulasi perbandingan biaya eksisting dengan alternatif 2

NO	URAIAN	JUMLAH	KETERANGAN
1	Biaya Awal/Eksisting	892.600.395	
2	Biaya Alternatif 2 (U-Shell dan komposit Steel Deck)	771.498.593	
TOTAL PENGHEMATAN		121.101.802	
PERSENTASE PENGHEMATAN		13,57%	

Sumber: Hasil analisis (2018)

Dari tabel 12. diatas dapat diketahui penghematan biaya pekerjaan eksisting terhadap pekerjaan alternatif 2 (U-Shell & komposit Steel Deck) sebesar **Rp. 121.101.802,-**. Prosentase penghematan biaya yang terjadi terhadap biaya awal sebesar **13,57 %**.

Perbandingan Waktu Eksisting dengan waktu Alternatif

Setelah dibuat *Time Schedule* metode pekerjaan alternatif 1 balok *U-Shell* dan *Half Slab* serta alternatif 2 balok *U-Shell* dan plat *Steel Deck*, maka selanjutnya akan dibandingkan dengan waktu terhadap desain eksisting. Perbandingan waktu pekerjaan *Floor to Floor* (FTF) diambil hanya pada 1 lantai saja yaitu pada lantai 4. Rekapitulasi perbandingan waktu pelaksanaan eksisting terhadap waktu pelaksanaan pekerjaan alternatif-alternatif dapat dilihat pada tabel 4.38 dibawah ini.

Tabel 13. Perbandingan waktu pelaksanaan eksisting dengan alternatif 1

NO	URAIAN	DURASI FTF
1	Waktu Eksisting (Desain Awal)	8 Hari
2	Waktu Alternatif 1 (U-Shell & Half Slab)	8 Hari
TOTAL PENGHEMATAN		0 Hari
PROSENTASE PENGHEMATAN		0 %

Sumber: Hasil analisis (2018)

Dari tabel 13. diatas dapat diketahui penghematan waktu pelaksanaan pekerjaan dengan menggunakan metode alternatif 1 adalah **0 hari**. Persentase penghematan waktu yang didapatkan sebesar **0,00%** terhadap total durasi awal 8 hari.

Tabel 14. Perbandingan waktu pelaksanaan eksisting dengan alternatif 2

NO	URAIAN	DURASI FTF
1	Waktu Eksisting (Desain Awal)	8 Hari
2	Waktu Alternatif 2 (U-Shell & komposit Steel Deck)	9 Hari
TOTAL PENGHEMATAN		-1 Hari
PROSENTASE PENGHEMATAN		-0,125 %

Sumber: Hasil analisis (2018)

Dari tabel 14. diatas dapat diketahui penghematan waktu pelaksanaan pekerjaan dengan menggunakan metode alternatif 2 adalah **-1 hari**. Persentase penghematan waktu yang didapatkan sebesar **-0,125%** terhadap total durasi awal 8 hari.

KESIMPULAN

Dari analisis perbandingan waktu dan biaya yang dilakukan pada item pekerjaan balok & plat lantai dengan menggunakan 2 alternatif metode pelaksanaan yaitu alternatif 1 balok *U-Shell* & plat *Half Slab* dan alternatif 2 balok *U-Shell* dan plat *Steel Deck* pada proyek pembangunan Apartemen Tower Olive Grand

Dharmahusada Lagoon Surabaya dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Setelah dilakukan perbandingan dengan menganalisa terhadap biaya dan waktu item pekerjaan balok dan plat dapat disimpulkan alternatif metode dan desain yang tepat untuk digunakan adalah alternatif 1 yaitu balok *U-Shell* dan plat *Half Slab*.
2. Perbandingan biaya yang didapatkan dari hasil value engineering yaitu Desain awal/eksisting diperoleh Rp. 892.600.395,- alternatif 1 diperoleh Rp. 699.753.933,- alternatif 2 diperoleh Rp. 771.498.593,- Sehingga dapat disimpulkan metode tersebut, desain alternatif 1 yang memiliki penghematan terbesar dari segi biaya.
3. Perbandingan waktu pelaksanaan per lantai (*Floor to Floor*) yang didapatkan dari hasil Value Engineering yaitu Desain awal/eksisting diperoleh 8 hari, alternatif 1 diperoleh 8 hari, dan alternatif 2 diperoleh 9 hari. Sehingga dapat disimpulkan dari kedua alternatif metode tersebut, desain alternatif 1 lebih baik daripada alternatif 2 dari segi waktu.

DAFTAR PUSTAKA

- Asroni, A. 2010. *Balok dan Plat Beton Bertulang*. Jakarta: Graha Ilmu.
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. *Tata Cara Perhitungan Harga Satuan Pekerjaan Beton Pracetak untuk Konstruksi Bangunan Gedung*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. *Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional
- Berawi, M.A. 2014. *Aplikasi Value Engineering pada Konstruksi Bangunan Gedung*. Jakarta: UI Press.
- Dell'Isola, A. 1974. *Value Engineering in the Construction Industry*. New York: Construction Publishing Corp., Inc.
- Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan. 1983. *Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung*. Bandung : Yayasan LPMB.
- Ditjen Cipta Karya. 1971. *Peraturan Beton Indonesia Tahun 1971*. Jakarta: Ditjen Cipta Karya.
- Gilang, B. A.,2017. *Aplikasi Value Engineering Terhadap Struktur Plat Lantai Menggunakan Desain Half Slab Precast Pada Lantai 5-9 Proyek Pembangunan Yello Hotel Surabaya*. *Tugas Akhir*. Tidak dipublikasikan. Surabaya: Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Husen, A. 2011. *Manajemen Proyek*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Ibrahim, B. 1994. *Rencana dan Estimate Real of Cost*. Jakarta : Bumi Aksara.
- Rochmanhadi. 1992. *Alat-Alat Berat dan Penggunaannya*. Jakarta: Dunia Grafika
- Shaikh, F. 1999. *PCI Design Handbook 5th Edition*. Chicago: Precast/Prestressed Concrete Institute