NABADRA

ISSN 2599-3135



RANCANG BANGUN TEKNIK SIPIL

Evaluasi Halte Mobile Trans Jogja Terhadap Potensi Naik Turun Penumpang (Danu Fidiantoro, Risdiyanto, Nindyo Cahyo Kresnanto)

Tinjauan Validitas Persamaan Gelombang Airy Pada Model Fisik Underwater Sill (Reja Putra Jaya, Tania Edna Bhakty, Edy Sriyono)

Faktor Utama Penyebab Keterlambatan Pelaksanaan Proyek Konstruksi Bangunan Gedung (Sahadi)

Analisis Pola Tanam Dan Efisiensi Saluran Primer Di Daerah Irigasi Kalibawang (Jakkon Matua Simanullang, Agatha Padma Laksitaningtyas)

Analisis Mini Moveable Tower Crane Terhadap Biaya Dan Waktu Pekerjaan Precast Façade (Bing Santosa, Buddewi Sukindrawati, Priyantono)

Peningkatan Frekuensi Alami Struktur Dengan Variasi Penempatan Dinding Geser

(Margeritha Agustina Morib)

RANCANG BANGUN TEKNIK SIPIL

VOL. 2

No. 1

Hal.

Yogyakarta April 2018



DEWAN EDITORIAL

Penerbit : Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Unversitas

Janabadra

Ketua Penyunting

(Editor in Chief) : Dr. Tania Edna Bhakty, ST., MT.

Penyunting (Editor) : 1. Dr. Suwartanti, S.T., M.Sc, Universitas Janabadra

2. Dr. Ir. Edy Sriyono, M.T., Universitas Janabadra

3. Dr. Nindyo Cahyo K, S.T., M.T., Universitas Janabadra

4. Sarju, ST., Universitas Janabadra

Alamat Redaksi : Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Unversitas

Ianabadra

Jl. Tentara Rakyat Mataram No. 55-57, Yogyakarta 55231

Telp./Fax: (0274) 543676

Email: tania@janabadra.ac.id

Website: http://e-journal.janabadra.ac.id/

Frekuensi Terbit : 2 kali setahun

JURNAL RANCANG BANGUN TEKNIK SIPIL adalah media publikasi jurusan Teknik Sipil Universitas Janabadra, Yogyakarta yang diterbitkan secara berkala pada bulan April dan Oktober. Jurnal ini mempublikasikan hasil-hasil penelitian, kajian teori dan aplikasi teori, studi kasus atau ulasan ilmiah dari kalangan ahli, akademisi, maupun praktisi dalam bidang teknik sipil yang meliputi bidang Struktur, Keairan, Transportasi, Mekanika Tanah, dan Manajemen Konstruksi. Naskah yang masuk akan dievaluasi oleh Penyunting Ahli. Redaksi berhak melakukan perubahan pada tulisan yang layak muat demi konsistensi gaya, namun tanpa mengubah maksud isinya.

DAFTAR ISI

| 1. | Evaluasi Halte Mobile Trans Jogja Terhadap Potensi Naik Turun | 1-9 |
|----|--|-------|
| | Penumpang (Danu Fidiantoro, Risdiyanto, Nindyo Cahyo Kresnanto) | |
| 2. | Tinjauan Validitas Persamaan Gelombang Airy Pada Model Fisik | 10-13 |
| | Underwater Sill (Reja Putra Jaya, Tania Edna Bhakty, Edy Sriyono) | |
| 3. | Faktor Utama Penyebab Keterlambatan Pelaksanaan Proyek | 14-18 |
| | Konstruksi Bangunan Gedung (Sahadi) | |
| 4. | Analisis Pola Tanam Dan Efisiensi Saluran Primer Di Daerah Irigasi | 19-28 |
| | Kalibawang (Jakkon Matua Simanullang, Agatha Padma | |
| | Laksitaningtyas) | |
| 5. | Analisis Mini Moveable Tower Crane Terhadap Biaya Dan Waktu | 29-43 |
| | Pekerjaan Precast Façade (Bing Santosa, Buddewi Sukindrawati, | |
| | Priyantono) | |
| 6. | Peningkatan Frekuensi Alami Struktur Dengan Variasi Penempatan | 44-50 |
| | Dinding Geser (Margeritha Agustina Morib) | |

PENGANTAR REDAKSI

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah Tuhan Yang Maha Esa atas terbitnya **JURNAL RANCANG BANGUN TEKNIK SIPIL** Volume 2, Nomor 1, Edisi April 2018. Jurnal ini menampilkan tujuh artikel di bidang Teknik Sipil.

Penerbitan **JURNAL RANCANG BANGUN TEKNIK SIPIL** ini adalah bertujuan untuk menjadi salah satu wadah berbagi hasil-hasil penelitian, kajian teori dan aplikasi teori, studi kasus atau ulasan ilmiah dari kalangan ahli, akademisi, maupun praktisi dalam bidang teknik sipil yang meliputi bidang Struktur, Keairan, Transportasi, Mekanika Tanah, dan Manajemen Konstruksi. Harapan kami semoga naskah yang tersajidapat menambah pengetahuan dan wawasan di bidangnya masing-masing.

Redaksi

Analisis Mini Moveable Tower Crane Terhadap Biaya Dan Waktu Pekerjaan Precast Facade

Bing Santosa¹, Buddewi Sukindrawati², Priyantono³

- ¹Program Studi Teknik Sipil, Universitas Janabadra Yogyakarta, Jl. Tentara Rakyat Mataram 55-57, Yogyakarta Email: bing.santosa@gmail.com
- ² Program Studi Teknik Sipil, Universitas Janabadra Yogyakarta, Jl. Tentara Rakyat Mataram 55-57, Yogyakarta Email: newt@ltm.co.id
- ³ Program Studi Teknik Sipil, Universitas Janabadra Yogyakarta, Jl. Tentara Rakyat Mataram 55-57, Yogyakarta Email: newt@ltm.co.id

Abstract

The building project that use wall precast usually needs heavy equipment like mobile crane and tower crane for carry away the precast from production to the site until installation. For using many heavy equipment need high cost that will influence project final cost. If the team of that project cannot manage the cost by using heavy equipment, so the project cannot take good benefit for the company target.

This research purpose compares the cost and time of wall precast production using Mini Moveable Tower Crane compared with Tower Crane and Mobile Crane. The research method are case study and literature study then analysis the case to compare the cost and time using Mini Moveable Tower Crane compared with Tower Crane and Mobile Crane for wall precast construction.

The result of this research are the time cycle that need for lift wall precast from production to the site during 90 days by Tower Crane is 1.394,49 minutes, Mobile Crane is 1.231,50 minutes, and Mini Moveable Tower Crane is 4.410,87 minutes. The cost comparison during 90 days for wall precast production until staffel with Tower Crane is Rp.1.740.384.624,73,-, Mobile Crane is Rp. 1.581.884.624,73,-, and Mini Moveable Tower Crane is Rp. 1.344.999.624,73,-.

Keywords: time and cost comparison, Tower Crane, Mobile Crane, Mini Moveable Tower Crane

1. Pendahuluan

Dewasa ini industri properti terus berkembang pesat seiring pertumbuhan ekonomi di tanah air, sehingga menyebabkan tata ruang kota yang semakin padat dan menuntut pembangunan gedung-gedung ke arah vertikal (high rise building). Sering dijumpai di kota-kota besar, lokasi pembangunan gedung tinggi saling berdekatan antara gedung satu dengan gedung yang lainnya. Untuk mengatasi kondisi yang demikian, diperlukan metode khusus melaksanakan pembangunannya. Perkembangan teknologi dalam dunia konstruksi yang semakin maju, metode precast sudah banyak diterapkan dalam pembangunan high rise building yang ada di Indonesia, seperti precast dinding facade, precast half slab, precast tangga, precast balok, precast kolom, serta precast-precast yang lainnya. Proyek-proyek gedung yang menggunakan metode precast, identik dengan penggunaan alat berat yang cukup banyak untuk proses pengangkatan precast tersebut, mulai pengangkatan dari tempat produksi, pengangkutan ke lokasi,sampai dengan proses instalasi selesai. Penggunaan alat berat yang banyak, akan membutuhkan biaya pemakaian alat yang mahal juga, serta berpengaruh terhadap biaya produksi proyek (project final cost). Jika tim proyek tidak bisa mengendalikan biaya mahal akibat sewa alat berat ini, maka proyek tersebut berpotensi tidak bisa mencapai target biaya yang ditargetkan oleh perusahaan.

Proyek pembangunan Condotel Warhole di Semarang merupakan salah satu proyek yang menerapkan precast dinding facade, dan proyek tersebut menggunakan mini tower crane untuk produksi dan pengangkatan dinding facade precast. Dari hasil studi alat mini tower crane tersebut dapat menghemat biaya dan waktu pelaksanaan lebih cepat. Berdasarkan latar belakang masalah di atas dilakukan penelitian yang lebih detail mengenai alat mini tower crane ini pada proyek The Pinnacle Semarang.

Tower crane

Menurut Rostiyanti (2002), tower crane merupakan suatu alat yang digunakan untuk mengangkat material secara vertikal dan horizontal ke suatu tempat yang tinggi pada ruang gerak terbatas. Disebut tower karena memiliki rangka vertikal dengan bentuk standard dan ditancapkan pada perletakan yang tetap. Fungsi utama dari tower crane adalah mendistribusikan material dan peralatan yang dibutuhkan oleh proyek baik dalam arah vertikal ataupun horizontal. Tower crane merupakan peralatan elektromotor, artinya menggunakan listrik sebagai penggeraknya. Tenaga gerak tersebut diperoleh dari PLN maupun generator set.

Mekanisme kerja tower crane terdiri dari :

1. Hoising Mechanism (mekanisme angkat)
Mekanisme ini digunakan untuk mengangkat
beban. Gerakan ini adalah gerakan naik/ turun
beban yang telah dipasang pada kait diangkat atau
diturunkan dengan menggunakan drum/ hook,

dalam hal ini putaran drum disesuaikan dengan drum /hook yang sudah direncanakan. Hook digerakkan oleh motor listrik dan gerakan drum/hook dihentikan dengan rem, sehingga beban tidak akan naik atau turun setelah posisi yang ditentukan sesuai dengan yang direncanakan

- 2. *Slewing Mechanism* (mekanisme putar) Mekanisme ini digunakan untuk memutar *jib* dan *counter jib*, sehingga dapat mencapai radius yang diinginkan.
- 3. *Trolley Traveling Mechanism* (mekanisme jalan *trolley*)
 - Mekanisme ini digunakan untuk menjalankan *trolley* maju dan mundur sepanjang *jib*.
- 4. *Traveling Mechanism* (mekanisme jalan)
 Mekanisme ini digunakan untuk menjalankan *bogie* (kereta) untuk *traveling tower crane*.

Penggunaan Tower Crane melibatkan proses:

1. Mobilisasi

Proses pemindahan/ pengangkutan komponen - komponen *tower crane* dari *pool* ke lokasi proyek.

2. Erection

Proses merakit komponen dasar dari tower crane.

- 3. Operasional.
- 4. Dismalting

Proses pembongkoran/ pelepasan komponen tower crane, sehingga dapat dilakukan demobilisasi.

5. Demobilisasi

Proses pemindahan/ pengangkatan komponen – komponen *tower crane* dari lokasi proyek ke *pool*.

Mobile Crane

Mobile crane merupakan sebuah truk yang telah terpasang sebuah alat crane yang bisa digunakan untuk melakukan pengangkatan material baik dalam arah horizontal maupun vertikal dan dapat berpindah dari satu tempat ke tempat lain atau melakukan mobilitas. Mobil crane merupakan alat berat yang menggunakan bahan bakar dalam melakukan aktivitas pergerakannya seperti halnya kendaraan berat lainnya.

Menurut Rostiyanti (2002), Jenis – jenis dari *mobil crane* adalah :

- 1. Crawler Crane. Tipe ini mempunyai bagian atas yang dapat bergerak 360°. Dengan roda besi/crawler, maka crane tipe ini dapat bergerak di dalam lokasi proyek saat melakukan pekerjaannya.
- 2. Rough Terrain Crane. Merupakan alat angkut peralatan berat beroda empat yang terbuat dari karet yang bergerigi seperti halnya crawler crane biasa digunakan pada lokasi bermedan berat.
- 3. *Telescopic Crane*. Merupakan Sebuah *crane* teleskopik yang terdiri dari sejumlah tabung dipasang satu di dalam yang lain yang bersistem tenaga hidrolik dan memperpanjang dan memperpendek panjang total *boom*. *Telescopic crane* sering digunakan untuk proyek-proyek

konstruksi jangka pendek.

Mekanisme kerja mobile crane terdiri dari :

- Hoising mechanism (Mekanisme angkat). Mekanisme ini digunakan untuk mengangkat beban.
- 2. Slewing mechanism (Mekanisme putar). Mekanisme ini digunakan untuk memutar jib dan counter jib, sehingga dapat mencapai radius yang diinginkan.
- 3. *Traveling mechanism* (Mekanisme jalan). Mekanisme ini digunakan untuk menurunkan beban yang telah diangkat.

Mini Tower Crane

Mini Tower Crane adalah hasil buatan sendiri dengan menggunakan barang-barang yang ada di Proyek Apartment Warhole Semarang dengan beberapa modifikasi dari alat Tower Crane yang sudah ada di lapangan. Hal ini dilakukan dengan perhitungan perhitungan teknis yang ada seperti mekanika teknik dan lain-lain, sehingga alat ini bisa dipertanggung jawabkan baik dari segi teknis maupun operational di lapangan. Cara kerjanya hampir sama dengan Alat Tower Crane yang sering digunakan di proyek-proyek gedung bertingkat hanya alat ini lebih sederhana. Pergerakannya masih manual namun tetap bisa melakukan semua pergerakan sperti Tower crane pada umumnya yaitu:

- 1. Mekanisme Angkat
- 2. Mekanisme Putar
- 3. Mekanisme Jalan *Trolley*
- 4. Mekanisme Jalan seperti Kereta.

Cara Pengumpulan Data

Wilayah Studi

Wilayah studi kasus dalam penyusunan penelitian dilaksanakan pada proyek gedung yang menggunakan façade precast. The Pinnacle Apartment & Condotel Project merupakan salah satu proyek PT. PP (Persero) Tbk. yang mengaplikasikan wall precast façade. Proyek ini berlokasi di Jl. Pandanaran Nomor 18, Semarang - Jawa Tengah. Area ini juga bertepatan sebagai pusat perbelanjaan di Kota Semarang. Lokasi yang demikian ramai dan sempit. Pekerjaan wallprecast façade pada proyek ini dimulai dari proses produksi, proses installasi, sampai proses finishing precast. dengan Dengan menggunakan alat bantu angkat mini moveable tower crane yang berbeda dengan proyek-proyek lainnya yang menggunakan mobile crane dalam proses produksinya.

Tahap Pengambilan Data

Tahap pengambilan data dimulai dari tahap persiapan. Tahap persiapan merupakan suatu rangkaian kegiatan yang dilakukan sebelum memulai tahap pengumpulan dan pengolahan data yang diperoleh dari proyek yang ditinjau untuk studi kasus. Dalam tahap ini dilakukan agar mencapai tujuan yang

efektif mengenai waktu dalam mengerjakan penelitian. Tahap persiapan yang dilakukan antara lain:

- Mempelajari studi literatur untuk mendukung penelitian yang akan dilakukan. Berkaitan dengan, biaya, dan waktu, tentang pekerjaan *precast* dinding pada konstruksi gedung bertingkat.
- 2. Menentukan data-data yang akan dibutuhkan, melakukan tinjauan pustaka terhadap persoalan yang akan disajikan.

Setelah tahap persiapan, kemudian masuk ke tahap pengumpulan data. Tahap pengumpulan data adalah suatu proses untuk mendapatkan data primer dan sekunder untuk keperluan suatu penelitian. Dalam metodologi ilmiah, pengumpulan data merupakan suatu tahap yang penting, karena data tersebut akan dianalisis lebih lanjut. Dalam proses pengumpulan data sangat diperlukan suatu analisis yang cermat dan teliti. Data yang dibutuhkan adalah : data sekunder yang diperoleh dengan suatu cara studi pustaka atau diperoleh dalam bentuk data yang sudah jadi yang diolah dan disajikan oleh pihak lain. Data sekunder di dalam penelitian ini diperoleh melalui penelusuran dokumen yang memuat fakta-fakta deskriptif. Dokumen tersebut untuk mendapatkan gambaran tentang hal-hal yang terkait dengan permasalahan yang sedang diteliti, meliputi tulisan-tulisan, beritaberita, buku, jurnal, internet, artikel, dan penelitian yang berkaitan dengan penulisan penelitian ini.

Analisis dan Pengolahan Data

Metode analisis data yang digunakan dalam penyusunan penelitian ini adalah membandingkan penggunaan inovasi *mini moveable tower crane* dengan *mobile crane* pada pekerjaan *precast* dinding pada proyek konstruksi gedung bertingkat, baik dari segi biaya dan waktu.

Analisis Biaya

Acuan perhitungan untuk biaya yang ditinjau meliputi biaya kebutuhan alat, material, dan upah tenaga kerja pada penggunaan *mini moveable tower crane* maupun *mobile crane*. Dalam penyusunan rencana anggaran biaya terdapat tahap-tahap penyusunan yang harus dilakukan yaitu:

- Menghitung kuantitas pekerjaan dari gambar yang tersedia.
- 2. Melakukan pengumpulan data tentang jenis, harga, serta kemampuan pasar menyediakan material/bahan.
- 3. Melakukan pengumpulan data tentang upah pekerja yang berlaku di lokasi proyek dan upah pada umumnya.
- 4. Melakukan perhitungan Analisis bahan, alat, dan upah.
- 5. Melakukan perhitungan harga satuan pekerjaan dengan memanfaatkan hasil Analisis satuan pekerjaan dan daftar kuantitas pekerjaan.

Analisis Waktu

Acuan perhitungan untuk analisis waktu pekerjaan dilakukan dengan perhitungan volume, kapasitas produksi dan jumlah tenaga kerja yang dipakai pada satu zona setelah dilakukan pengamatan langsung di lapangan dimulai dari waktu proses produksi sampai dengan waktu proses instalasi *precast* dinding pada lokasi proyek. Sebelum menyusun rencana kerja ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, antara lain:

- Keadaan lapangan kerja (job site/ project site).
 Kondisi lapangan perlu di survey secara teliti, karena berpengaruh pada waktu yang diperlukan untuk melaksanakan bagian-bagian dari pekerjaan.
- Kemampuan tenaga kerja. Kemampuan tenaga kerja meliputi jenis dan jumlah tenaga kerja yang diperlukan untuk melaksanakan suatu pekerjaan.
- Penyediaan bahan bangunan. Jenis dan jumlah bahan bangunan yang diperlukan untuk setiap item pekerjaan perlu diketahui dengan pasti agar dapat diperhitungkan kebutuhan waktu yang tepat untuk mendatangkan bahan tersebut di lokasi pekerjaan.
- 4. Peralatan pembangunan. Untuk pekerjaan yang besar, pada umumnya menggunakan peralatan besar yang perlu diketahui jenis, kemampuan/kapasitas, dan kondisi dari alat-alat tersebut.
- 5. Kelangsungan pelaksanaan pekerjaan. Dalam penyusunan rencana kerja harus dapat menjamin kelangsungan pelaksanaan pekerjaan secara keseluruhan dalam arti bagian-bagian pekerjaan dapat berjalan berurutan dan tidak saling mengganggu kelancaran keseluruhan pekerjaan.

Analisis dan Pembahasan Data umum proyek

1. Nama Proyek : The Pinnacle Apartment & Condotel

Project

2. Lokasi Proyek : Jl. Pandanaran 18,

Semarang, Jawa Tengah

3. Jumlah Lantai : 22 Lantai + 1

Basement

4. Pemilik Proyek : *Pollux Property*

5. Konsultan Perencana : PT. Kinematika

Engineering

6. Kontraktor : PT. PP (Persero) Tbk. 7. Nilai Kontrak + PPN : Rp 200.000.000.000,

8. Waktu Pelaksanaan : 365 Hari Kalender

9. Sifat Kontrak : *Lump Sum*

10. Paket Pekerjaan : Struktur, Arsitektur,

MEP

11. Façade Luar : Dinding Precast

Data volume pekerjaan dinding precast

Volume dinding precast seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Volume Pekerjaan *Precast* Dinding

| NO | ТҮРЕ | DIMENSI | JUMLAH | OPENING | LUASAN | VOLUME BETON | VOLUME WIREMESH | JUMLAH BED | DURASI PRODUKSI |
|------------------|--|---|--|---|---|--|---|--|--|
| | Α | В | С | D | (Luas B - Luas D) x C | (Vol.B - Vol D) x C | E | F | C/F |
| 2 3 4 5 | PRC-1 PRC-1A PRC-3 PRC-3A PRC-4 PRC-4A PRC-5 PRC-5A PRC-7Ka PRC-7Ka PRC-7Ki PRC-7Ki PRC-7KiA PRC-9 | 3,290 X 2,990 3,290 X 3,390 2,372 X 2,990 1,390 X 2,990 1,390 X 3,390 2,690 X 2,990 2,690 X 3,390 3,310 X 2,990 3,310 X 3,990 3,310 X 2,990 3,310 X 2,990 3,310 X 3,990 1,635 X 2,990 | 238 Unit 17 Unit 112 Unit 8 Unit 28 Unit 2 Unit 196 Unit 14 Unit 14 Unit 1 Unit 14 Unit 1 Unit 1 Unit 28 Unit | 1,005 X 1,905 1,005 X 1,905 - X 7 - X - 990 X 1,905 990 X 1,905 995 X 1,905 995 X 1,905 1,005 X 1,905 | 1,429.92 m2 124.51 m2 794.34 m2 64.33 m2 63.56 m2 5.65 m2 833.42 m2 74.59 m2 84.95 m2 7.39 m2 84.95 m2 7.39 m2 71.01 m2 | 142.99 m3 12.45 m3 79.43 m3 6.43 m3 6.36 m3 0.57 m3 83.34 m3 7.46 m3 8.49 m3 0.74 m3 8.49 m3 0.74 m3 7.10 m3 | 1,715.9 m2 149.4 m2 953.2 m2 77.2 m2 76.3 m2 6.8 m2 1,000.1 m2 89.5 m2 101.9 m2 8.9 m2 101.9 m2 8.9 m2 8.9 m2 | 3 Buah 3 Buah 2 Buah 2 Buah 1 Buah 3 Buah 3 Buah 0.5 Buah 0.5 Buah 0.5 Buah 0.5 Buah | 89.3 Hari 5.7 Hari 56.0 Hari 4.0 Hari 28.0 Hari 65.3 Hari 4.7 Hari 14.0 Hari 2.0 Hari 14.0 Hari 2.0 Hari |
| | PRC-9A PRC-15 | 1,635 X 3,390 1,480 X 2,990 | 2 Unit 20 Unit | 1,235 X 1,905 1,005 X 1,905 | 6.38 m2 50.21 m2 | 0.64 m3 5.02 m3 | 7.7 m2 60.3 m2 | 0.5 Buah 1 Buah | 4.0 Hari 20.0 Hari |
| | PRC-16 | 1,505 X 2,990 | 40 Unit | 1,005 X 1,905 | 103.42 m2 | 10.34 m3 | 124.1 m2 | 1 Buah | 40.0 Hari |
| 10 | PRC-17 | 1,595 X 2,990 | 60 Unit | 1,100 X 1,905 | 160.41 m2 | 16.04 m3 | 192.5 m2 | 1 Buah | 60.0 Hari |
| | | JUMLAH = | 795 Unit | | 3,966.44 m2 | 396.64 m3 | 4,759.72 m2 | 16 Buah | 90.0 Hari |

Sumber: PT.PP (Persero) Tbk. Cabang V, 2016

Kapasitas *Tower crane*

- a. Kecepatan tower crane pada waktu pergi adalah sebagai berikut :
 - 1. kecepatan *hoisting* = 80 m/menit
 - 2. kecepatan slewing = $0.6 \text{ rpm} = 216^{\circ}/\text{ menit}$
 - 3. kecepatan *trolley* = 50 m/menit
 - 4. kecepatan *landing* = 90 m/menit
- b. Kecepatan tower crane pada waktu kembali adalah sebagai berikut :
 - 1. kecepatan hoisting = 100 m/menit
 - 2. kecepatan slewing = $0.8 \text{ rpm} = 288^{\circ}/\text{ menit}$
 - 3. kecepatan trolley = 70 m / menit
 - 4. kecepatan *landing* = 110 m / menit

Kapasitas *Mobile crane*

- a. Kecepatan mobil crane pada waktu pergi:
 - 1. kecepatan *hoisting* = 105 m/menit
 - 2. kecepatan slewing = $1.85 \text{ rpm} = 666 ^{\circ} / \text{ menit}$
 - 3. kecepatan landing = 115 m/menit
- b. Kecepatan *mobil crane* pada waktu kembali :
 - 1. kecepatan hoisting = 115 m/menit
 - 2. kecepatan slewing = $1,85 \text{ rpm} = 666^{\circ}/\text{ menit}$
 - 3. kecepatan *landing* = 125 m/menit

Kapasitas Mini moveable tower crane

- a. Kecepatan *inovasi mini moveable tower crane* pada waktu pergi:
 - 1. kecepatan *hoisting* = 30 m/menit
 - 2. kecepatan slewing = $0.3 \text{ rpm} = 108^{\circ} / \text{ menit}$
 - 3. kecepatan *trolley* = 20 m/menit
 - 4. kecepatan *landing* = 40 m/menit
- b. Kecepatan *inovasi mini moveable tower crane* pada waktu kembali :
 - 1. kecepatan *hoisting* = 50 m/menit
 - 2. kecepatan slewing = $0.5 \text{ rpm} = 180^{\circ}/\text{ menit}$

- 3. kecepatan *trolley* = 40 m/menit
- 4. kecepatan *landing* = 60 m/menit

Analisis Perbandingan Waktu

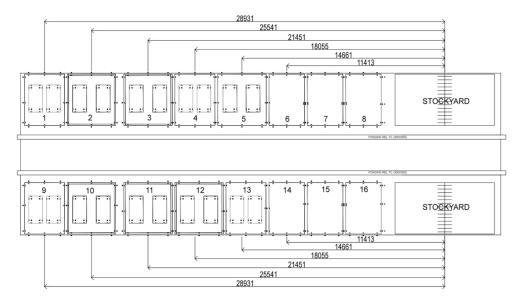
Analisis perbandingan waktu tidak lepas dari layout/ siteplan dari bed produksi dari dinding precast, karena untuk mengetahui jarak dan radius dari bed produksi dengan alat angkat. Pada studi kasus ini, siteplan bed produksi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.

Dari Gambar 1., diketahui jumlah bed produksi sebanyak 16 buah, jarak terjauh bed produksi (bed nomor 1 & 9) dengan *stockyard* sepanjang 28,93 meter, serta jarak terdekat bed produksi (bed nomor 8 & 16) sepanjang 11,41 meter dari *stokyard*.

Perhitungan waktu Pelaksanaan dengan Tower Crane (TC)

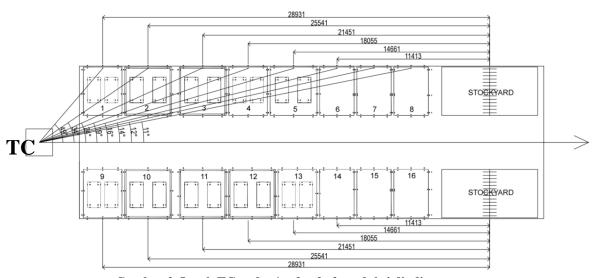
Untuk mempermudah hitungan waktu pelaksanaan jika menggunakan *tower crane*, maka penulis membuat gambar denah bed produksi dinding *precast* dengan menambah lokasi TC di sebelah kiri seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.

Dari Gambar 2., diketahui sudut yang terbentuk antara TC dengan titik angkat bed produksi *precast* mulai dari bed nomor 1 s/d nomor 8. Untuk bed dengan nomor 9 s/d nomor 16 juga bersudut sama (karena simetris miror). Sudut nomor $1 = 49^{\circ}$, nomor $2 = 34^{\circ}$, nomor $3 = 24^{\circ}$, nomor $4 = 19^{\circ}$, nomor $5 = 16^{\circ}$, nomor $6 = 14^{\circ}$, nomor $7 = 12^{\circ}$, nomor $8 = 11^{\circ}$. Selain sudut, juga diketahui jarak bed produksi *precast* ke stokyard. Bed nomor 1 dengan stokyard berjarak 28.93 m, bed nomor 2 = 25.41 m, bed nomor 3 = 21.45 m, bed nomor 4 = 18.05 m, bed nomor 5 = 14.66 m, bed nomor 6 = 11.41 m. Sedangkan bed nomor 9 s/d nomor 18 sama, karena simetris mirror juga.



Gambar 1. Siteplan bed produksi dinding precast

Sumber: Proyek The Pinnacle, Semarang



Gambar 2. Letak TC pada siteplan bed produksi dinding precast

Perhitungan Waktu Pergi Angkat Precast Menggunakan TC

Hoisting (Mekanisme angkat)

- 1. Kecepatan hoisting (v) = 80 m / menit
- 2. Ketinggian angkat (h) = 5 m 3. Waktu (t=h/v) = $\frac{5 \text{ m}}{80 \text{ m/menit}}$ = 0.063 menit

Slewing (Menakisme putar)

- 1. Kecepatan slewing (v) = 216°
- 2. Sudut bed nomor 1 (α) = 49°
- $=\frac{49}{216 / \text{menit}} = 0.23 \text{ menit}$ 3. Waktu ($t=\alpha/v$)

Trolley (Mekanisme jalan trolley)

- 1. Kecepatan *trolley* (v) = 50 m / menit
- 2. Jarak bed 1 ke stokyar (d) = 28,93 m
- $= \frac{28,93 \text{ m}}{50 \text{ m/menit}} = 0.58 \text{ menit}$ 3. Waktu (t=d/v)

Landing (Mekanisme turun)

- 1. Kecepatan landing (v) = 90 m / menit
- =5 m2. Jarak (d)
- $\frac{5 \text{ m}}{\text{c}} = 0.056 \text{ menit}$ 3. Waktu (t=d/v)

Total Waktu Pergi Angkat

| Total ((alieu Total III | -5 |
|-------------------------|---------------|
| 1. Hoisting | = 0.063 menit |
| 2. Slewing | =0,230 menit |
| 3. Trolley | = 0,580 menit |
| 4. Landing | = 0.056 menit |
| Total | = 0.929 menit |

Untuk perhitungan lengkap waktu pergi angkat precast menggunakan TC seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Perhitungan Waktu Pergi Angkat Precast Menggunakan TC

| Nomor | ŀ | OISTING | ì | SLEWING | | | | TROLLEY | | | ť, | WAKTU | |
|-------|-----------|---------|---------|-----------|-----------|---------|-----------|---------|---------|-----------|--------|---------|---------|
| | Kecepatan | Tinggi | Waktu | Kecepatan | Sudut | Waktu | Kecepatan | Panjang | Waktu | Kecepatan | Tinggi | Waktu | TOTAL |
| Bed | (m/menit) | (m) | (menit) | (m/menit) | (derajad) | (menit) | (m/menit) | (m) | (menit) | (m/menit) | (m) | (menit) | (menit) |
| а | b | С | d = c/b | е | f | g = f/e | h | i | j = i/h | k | I | m = I/k | d+g+j+m |
| | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 80 | 5 | 0.063 | 216 | 49 | 0.227 | 50 | 28.931 | 0.579 | 90 | 5 | 0.056 | 0.92 |
| 2 | 80 | 5 | 0.063 | 216 | 34 | 0.157 | 50 | 25.541 | 0.511 | 90 | 5 | 0.056 | 0.79 |
| 3 | 80 | 5 | 0.063 | 216 | 24 | 0.111 | 50 | 21.415 | 0.428 | 90 | 5 | 0.056 | 0.66 |
| 4 | 80 | 5 | 0.063 | 216 | 19 | 0.088 | 50 | 18.055 | 0.361 | 90 | 5 | 0.056 | 0.57 |
| 5 | 80 | 5 | 0.063 | 216 | 16 | 0.074 | 50 | 14.661 | 0.293 | 90 | 5 | 0.056 | 0.49 |
| 6 | 80 | 5 | 0.063 | 216 | 14 | 0.065 | 50 | 11.413 | 0.228 | 90 | 5 | 0.056 | 0.41 |
| 7 | 80 | 5 | 0.063 | 216 | 12 | 0.056 | 50 | 8.413 | 0.168 | 90 | 5 | 0.056 | 0.34 |
| 8 | 80 | 5 | 0.063 | 216 | 11 | 0.051 | 50 | 5.413 | 0.108 | 90 | 5 | 0.056 | 0.28 |
| 9 | 80 | 5 | 0.063 | 216 | 49 | 0.227 | 50 | 28.931 | 0.579 | 90 | 5 | 0.056 | 0.92 |
| 10 | 80 | 5 | 0.063 | 216 | 34 | 0.157 | 50 | 25.541 | 0.511 | 90 | 5 | 0.056 | 0.79 |
| 11 | 80 | 5 | 0.063 | 216 | 24 | 0.111 | 50 | 21.415 | 0.428 | 90 | 5 | 0.056 | 0.66 |
| 12 | 80 | 5 | 0.063 | 216 | 19 | 0.088 | 50 | 18.055 | 0.361 | 90 | 5 | 0.056 | 0.57 |
| 13 | 80 | 5 | 0.063 | 216 | 16 | 0.074 | 50 | 14.661 | 0.293 | 90 | 5 | 0.056 | 0.49 |
| 14 | 80 | 5 | 0.063 | 216 | 14 | 0.065 | 50 | 11.413 | 0.228 | 90 | 5 | 0.056 | 0.41 |
| 15 | 80 | 5 | 0.063 | 216 | 12 | 0.056 | 50 | 8.413 | 0.168 | 90 | 5 | 0.056 | 0.34 |
| 16 | 80 | 5 | 0.063 | 216 | 11 | 0.051 | 50 | 5.413 | 0.108 | 90 | 5 | 0.056 | 0.28 |
| | | | | | | | | | | | | TOTAL = | 8.90 |

Perhitungan waktu kembali angkat *precast* menggunakan TC

Hoisting (Mekanisme angkat)

- 1. Kecepatan hoisting (v) = 100 m / menit
- 2. Ketinggian angkat (h) = 5 m
- 3. Waktu (t=h/v) = $\frac{5 \text{ m}}{100 \text{ m/menit}} = 0.050 \text{ menit}$

Slewing (Menakisme putar)

- 1. Kecepatan slewing (v) = 288°
- 2. Sudut (α) = 49
- 3. Waktu (t= α/v) = $\frac{49^{\circ}}{288 \text{ /menit}} = 0.170 \text{ menit}$

Trolley (Mekanisme jalan trolley)

- 1. Kecepatan trolley (v) = 70 m / menit
- 2. Jarak (d) = 28,93 m
- 3. Waktu (t=d/v) = $\frac{10 \text{ m}}{70 \text{ m/menit}} = 0.143 \text{ menit}$

Landing (Mekanisme turun)

- 1. Kecepatan landing (v) = 110 m / menit
- 2. Jarak (d) = 5 m
- 3. Waktu (t=d/v) = $\frac{5 \text{ m}}{110 \text{ m/menit}} = 0.045 \text{ menit}$

Total Waktu Kembali

1. Hoisting = 0,050 menit 2. Slewing = 0,170 menit

3. Trolley = 0.143 menit 4. Landing = 0.045 menit Total = 0.408 menit +

Untuk perhitungan lengkap waktu kembali dari angkat *precast* menggunakan TC seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Perhitungan Waktu Siklus Angkat *Precast* dengan *tower crane* (TC)

- 1. Waktu Pergi Angkat Precast = 8,90 menit
- Waktu Kembali dari Angkat Precast = 6,59 menit

Total Waktu Siklus = 15,49 menit

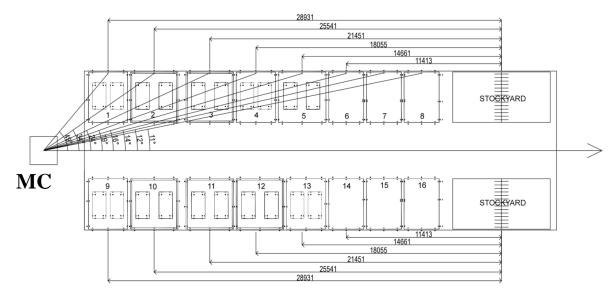
Perhitungan waktu pelaksanaan dengan mobile crane (MC)

Untuk mempermudah hitungan waktu pelaksanaan jika menggunakan *mobile crane*, maka penulis membuat gambar denah bed produksi dinding *precast* dengan menambah lokasi MC di sebelah kiri seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.

Dari Gambar 3., diketahui sudut yang terbentuk antara TC dengan titik angkat bed produksi *precast* mulai dari bed nomor 1 s/d nomor 8. Untuk bed dengan nomor 9 s/d nomor 16 juga bersudut sama (karena simetris miror). Sudut nomor $1 = 49^{\circ}$, nomor $2 = 34^{\circ}$, nomor $3 = 24^{\circ}$, nomor $4 = 19^{\circ}$, nomor $5 = 16^{\circ}$, nomor $6 = 14^{\circ}$, nomor $7 = 12^{\circ}$, nomor $8 = 11^{\circ}$.

Tabel 3. Perhitungan Waktu Kembali dari Angkat Precast Menggunakan TC

| Nomor | H | IOISTING | ì | | SLEWING | | | TROLLEY | | | LANDING | | WAKTU |
|-------|-----------|----------|---------|-----------|-----------|---------|-----------|---------|---------|-----------|------------|---------|---------|
| Bed | Kecepatan | Tinggi | Waktu | Kecepatan | Sudut | Waktu | Kecepatan | Panjang | Waktu | Kecepatan | Tinggi | Waktu | TOTAL |
| Dea | (m/menit) | (m) | (menit) | (m/menit) | (derajad) | (menit) | (m/menit) | (m) | (menit) | (m/menit) | (m) | (menit) | (menit) |
| а | b | С | d = c/b | e | f | g = f/e | h | i | j = i/h | k | - 1 | m = l/k | d+g+j+m |
| | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 100 | 5 | 0.050 | 288 | 49 | 0.170 | 70 | 28.931 | 0.413 | 110 | 5 | 0.045 | 0.68 |
| 2 | 100 | 5 | 0.050 | 288 | 34 | 0.118 | 70 | 25.541 | 0.365 | 110 | 5 | 0.045 | 0.58 |
| 3 | 100 | 5 | 0.050 | 288 | 24 | 0.083 | 70 | 21.415 | 0.306 | 110 | 5 | 0.045 | 0.48 |
| 4 | 100 | 5 | 0.050 | 288 | 19 | 0.066 | 70 | 18.055 | 0.258 | 110 | 5 | 0.045 | 0.42 |
| 5 | 100 | 5 | 0.050 | 288 | 16 | 0.056 | 70 | 14.661 | 0.209 | 110 | 5 | 0.045 | 0.36 |
| 6 | 100 | 5 | 0.050 | 288 | 14 | 0.049 | 70 | 11.413 | 0.163 | 110 | 5 | 0.045 | 0.31 |
| 7 | 100 | 5 | 0.050 | 288 | 12 | 0.042 | 70 | 8.413 | 0.120 | 110 | 5 | 0.045 | 0.26 |
| 8 | 100 | 5 | 0.050 | 288 | 11 | 0.038 | 70 | 5.413 | 0.077 | 110 | 5 | 0.045 | 0.21 |
| 9 | 100 | 5 | 0.050 | 288 | 49 | 0.170 | 70 | 28.931 | 0.413 | 110 | 5 | 0.045 | 0.68 |
| 10 | 100 | 5 | 0.050 | 288 | 34 | 0.118 | 70 | 25.541 | 0.365 | 110 | 5 | 0.045 | 0.58 |
| 11 | 100 | 5 | 0.050 | 288 | 24 | 0.083 | 70 | 21.415 | 0.306 | 110 | 5 | 0.045 | 0.48 |
| 12 | 100 | 5 | 0.050 | 288 | 19 | 0.066 | 70 | 18.055 | 0.258 | 110 | 5 | 0.045 | 0.42 |
| 13 | 100 | 5 | 0.050 | 288 | 16 | 0.056 | 70 | 14.661 | 0.209 | 110 | 5 | 0.045 | 0.36 |
| 14 | 100 | 5 | 0.050 | 288 | 14 | 0.049 | 70 | 11.413 | 0.163 | 110 | 5 | 0.045 | 0.31 |
| 15 | 100 | 5 | 0.050 | 288 | 12 | 0.042 | 70 | 8.413 | 0.120 | 110 | 5 | 0.045 | 0.26 |
| 16 | 100 | 5 | 0.050 | 288 | 11 | 0.038 | 70 | 5.413 | 0.077 | 110 | 5 | 0.045 | 0.21 |
| | | | | | | | | | | | I + | TOTAL = | 6.59 |



Gambar 3. Letak MC pada siteplan bed produksi dinding precast Sumber: Data diolah penulis, 2016

Perhitungan waktu pergi angkat precast menggunakan Mobile Crane

Hoisting (Mekanisme angkat)

1. Kecepatan hoisting (v) = 105 m/menit

2. Ketinggian angkat (h) = 5 m 3. Waktu (t=h/v) = $\frac{5 \text{ m}}{105 \text{ m/menit}}$ = 0.048 menit

Slewing (Menakisme putar)

1. Kecepatan slewing (v) = 666°

2. Sudut bed nomor 1 (
$$\alpha$$
) = 49°
3. Waktu (t= α/v) = $\frac{49^{\circ}}{666 / \text{menit}}$ = 0.074 menit

Trolley (Mekanisme jalan trolley)

Kecepatan trolley (v) = 50 m / menit Jarak bed 1 ke stokyar (d) = 28,93 m Waktu (t=d/v) = $\frac{28,93 \text{ m}}{50 \text{ m/menit}}$ = 0.579 menit

Tabel 4. Perhitungan Waktu Pergi Angkat *Precast* Menggunakan MC

| Nomor | ŀ | HOISTING | | | SLEWING | | | TROLLEY | | | WAKTU | | |
|-------|------------------------|---------------|------------------|------------------------|---------|------------------|------------------------|----------------|------------------|------------------------|---------------|------------------|------------------|
| Bed | Kecepatan (m/menit) | Tinggi (m) | Waktu (menit) | Kecepatan (m/menit) | | Waktu (menit) | Kecepatan (m/menit) | Panjang (m) | Waktu (menit) | Kecepatan (m/menit) | Tinggi (m) | Waktu (menit) | TOTAL (menit) |
| а | b | c | d = c/b | e | f | g = f/e | h | ì | j = i/h | k | T | m = I/k | d+g+j+m |
| | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 105 | 5 | 0.048 | 666 | 49 | 0.074 | 50 | 28.931 | 0.579 | 115 | 5 | 0.043 | 0.74 |
| 2 | 105 | 5 | 0.048 | 666 | 34 | 0.051 | 50 | 25.541 | 0.511 | 115 | 5 | 0.043 | 0.65 |
| 3 | 105 | 5 | 0.048 | 666 | 24 | 0.036 | 50 | 21.415 | 0.428 | 115 | 5 | 0.043 | 0.56 |
| 4 | 105 | 5 | 0.048 | 666 | 19 | 0.029 | 50 | 18.055 | 0.361 | 115 | 5 | 0.043 | 0.48 |
| 5 | 105 | 5 | 0.048 | 666 | 16 | 0.024 | 50 | 14.661 | 0.293 | 115 | 5 | 0.043 | 0.41 |
| 6 | 105 | 5 | 0.048 | 666 | 14 | 0.021 | 50 | 11.413 | 0.228 | 115 | 5 | 0.043 | 0.34 |
| 7 | 105 | 5 | 0.048 | 666 | 12 | 0.018 | 50 | 8.413 | 0.168 | 115 | 5 | 0.043 | 0.28 |
| 8 | 105 | 5 | 0.048 | 666 | 11 | 0.017 | 50 | 5.413 | 0.108 | 115 | 5 | 0.043 | 0.22 |
| 9 | 105 | 5 | 0.048 | 666 | 49 | 0.074 | 50 | 28.931 | 0.579 | 115 | 5 | 0.043 | 0.74 |
| 10 | 105 | 5 | 0.048 | 666 | 34 | 0.051 | 50 | 25.541 | 0.511 | 115 | 5 | 0.043 | 0.65 |
| 11 | 105 | 5 | 0.048 | 666 | 24 | 0.036 | 50 | 21.415 | 0.428 | 115 | 5 | 0.043 | 0.56 |
| 12 | 105 | 5 | 0.048 | 666 | 19 | 0.029 | 50 | 18.055 | 0.361 | 115 | 5 | 0.043 | 0.48 |
| 13 | 105 | 5 | 0.048 | 666 | 16 | 0.024 | 50 | 14.661 | 0.293 | 115 | 5 | 0.043 | 0.41 |
| 14 | 105 | 5 | 0.048 | 666 | 14 | 0.021 | 50 | 11.413 | 0.228 | 115 | 5 | 0.043 | 0.34 |
| 15 | 105 | 5 | 0.048 | 666 | 12 | 0.018 | 50 | 8.413 | 0.168 | 115 | 5 | 0.043 | 0.28 |
| 16 | 105 | 5 | 0.048 | 666 | 11 | 0.017 | 50 | 5.413 | 0.108 | 115 | 5 | 0.043 | 0.22 |
| | | | | | | | | | | | | TOTAL = | 7.35 |

Landing (Mekanisme turun)

Kecepatan landing (v) = 115 m/menitJarak (d) Waktu (t=d/v) = $\frac{5 \text{ m}}{115 \text{ m/menit}}$ = 0.043 menit

Total Waktu Pergi Angkat

Hoisting = 0.048 menit = 0.074 menit Slewing Trolley = 0.579 menit = 0,0<u>45 menit</u> + Landing = 0.743 menit Total

Untuk perhitungan lengkap waktu pergi angkat precast menggunakan MC seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.

Perhitungan waktu kembali angkat precast menggunakan MC

Hoisting (Mekanisme angkat)

Kecepatan hoisting (v) = 115 m / menit

Kecepatan noising (*) Ketinggian angkat (h) = 5 m Waktu (t=h/v) = $\frac{5 \text{ m}}{115 \text{ m/menit}} = 0.043 \text{ menit}$

Slewing (Menakisme putar)

Kecepatan slewing (v) $=666^{\circ}$ $=49^{\circ}$ Sudut bed nomor $1 (\alpha)$

 $=\frac{49^{\circ}}{666 \text{ /menit}} = 0.074 \text{ menit}$ Waktu ($t = \alpha/v$)

Trolley (Mekanisme jalan trolley)

Kecepatan trolley (v) = 60 m/menitJarak bed 1 ke stokyar (d) = 28.93 m

 $=\frac{28,93 \text{ m}}{28}$ Waktu (t=d/v)= 0.482 menit 60 m/menit

Landing (Mekanisme turun)

Kecepatan landing (v) = 125 m/menit

Jarak (d) = 5 m

 $=\frac{5 \text{ m}}{125 \text{ m/menit}} = 0.040 \text{ menit}$ Waktu (t=d/v)

Total Waktu Kembali

1. Hoisting = 0.043 menit 2. Slewing = 0.074 menit 3. *Trolley* = 0.482 menit = 0,040 menit + 4. Landing = 0,639 menit Total

Untuk perhitungan lengkap waktu kembali dari angkat precast menggunakan MC seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5.

Perhitungan Waktu Siklus MC

Waktu Pergi Angkat *Precast* = 7,35 menit Waktu Kembali dari Angkat *Precast* = 6,33 menit Total Waktu Siklus = 13,68 menit

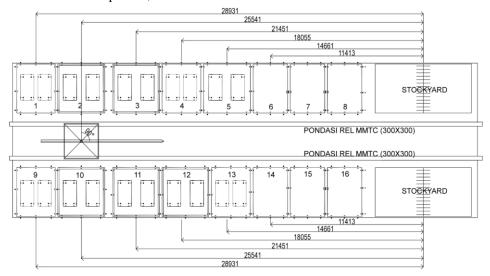
Perhitungan waktu pelaksanaan dengan mini moveable tower crane (MMTC)

Untuk mempermudah hitungan waktu pelaksanaan jika menggunakan inovasi mini moveable tower crane (MMTC), maka penulis membuat gambar denah bed produksi dinding precast dengan lokasi MMTC seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.

Dari Gambar 4., diketahui sudut yang terbentuk antara MMTC dengan titik angkat bed produksi precast mulai dari bed nomor 1 s/d nomor 16 semuanya sebesar 90 derajad, karena pada saat pengangkatan letak alat MMTC tepat berada diposisi tegak lurus dengan masing masing bed produksi . Selain sudut, juga diketahui jarak bed produksi precast ke stokyard. Bed nomor 1 dengan stokyard berjarak 28.93 m, bed nomor 2 = 25.41 m, bed nomor 3 = 21.45 m, bed nomor 4 = 18.05 m, bed nomor 5 =14.66 m, bed nomor 6 = 11.41 m. Sedangkan bed nomor 9 s/d nomor 18 sama, karena simetris mirror juga.

Tabel 5. Perhitungan Waktu Kembali dari Angkat Precast Menggunakan MC

| Nomor | | HOISTING | ì | SLEWING | | | | TROLLEY | | | LANDING | ì | WAKTU |
|-------|-----------|----------|---------|-----------|-----------|---------|-----------|---------|---------|-----------|---------|---------|---------|
| Bed | Kecepatan | Tinggi | Waktu | Kecepatan | Sudut | Waktu | Kecepatan | Panjang | Waktu | Kecepatan | Tinggi | Waktu | TOTAL |
| Deu | (m/menit) | (m) | (menit) | (m/menit) | (derajad) | (menit) | (m/menit) | (m) | (menit) | (m/menit) | (m) | (menit) | (menit) |
| а | b | £ | d = c/b | e | f | g = f/e | h | i | j = i/h | k | - 1 | m = I/k | d+g+j+m |
| | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 115 | 5 | 0.043 | 666 | 49 | 0.074 | 60 | 28.931 | 0.482 | 125 | 5 | 0.040 | 0.64 |
| 2 | 115 | 5 | 0.043 | 666 | 34 | 0.051 | 60 | 25.541 | 0.426 | 125 | 5 | 0.040 | 0.56 |
| 3 | 115 | 5 | 0.043 | 666 | 24 | 0.036 | 60 | 21.415 | 0.357 | 125 | 5 | 0.040 | 0.48 |
| 4 | 115 | 5 | 0.043 | 666 | 19 | 0.029 | 60 | 18.055 | 0.301 | 125 | 5 | 0.040 | 0.41 |
| 5 | 115 | 5 | 0.043 | 666 | 16 | 0.024 | 60 | 14.661 | 0.244 | 125 | 5 | 0.040 | 0.35 |
| 6 | 115 | 5 | 0.043 | 666 | 14 | 0.021 | 60 | 11.413 | 0.190 | 125 | 5 | 0.040 | 0.29 |
| 7 | 115 | 5 | 0.043 | 666 | 12 | 0.018 | 60 | 8.413 | 0.140 | 125 | 5 | 0.040 | 0.24 |
| 8 | 115 | 5 | 0.043 | 666 | 11 | 0.017 | 60 | 5.413 | 0.090 | 125 | 5 | 0.040 | 0.19 |
| 9 | 115 | 5 | 0.043 | 666 | 49 | 0.074 | 60 | 28.931 | 0.482 | 125 | 5 | 0.040 | 0.64 |
| 10 | 115 | 5 | 0.043 | 666 | 34 | 0.051 | 60 | 25.541 | 0.426 | 125 | 5 | 0.040 | 0.56 |
| 11 | 115 | 5 | 0.043 | 666 | 24 | 0.036 | 60 | 21.415 | 0.357 | 125 | 5 | 0.040 | 0.48 |
| 12 | 115 | 5 | 0.043 | 666 | 19 | 0.029 | 60 | 18.055 | 0.301 | 125 | 5 | 0.040 | 0.41 |
| 13 | 115 | 5 | 0.043 | 666 | 16 | 0.024 | 60 | 14.661 | 0.244 | 125 | 5 | 0.040 | 0.35 |
| 14 | 115 | 5 | 0.043 | 666 | 14 | 0.021 | 60 | 11.413 | 0.190 | 125 | 5 | 0.040 | 0.29 |
| 15 | 115 | 5 | 0.043 | 666 | 12 | 0.018 | 60 | 8.413 | 0.140 | 125 | 5 | 0.040 | 0.24 |
| 16 | 115 | 5 | 0.043 | 666 | 11 | 0.017 | 60 | 5.413 | 0.090 | 125 | 5 | 0.040 | 0.19 |
| | | | | | | | | | | | | TOTAL = | 6.33 |



Gambar 4. Letak MMTC pada *siteplan* **bed produksi dinding** *precast* Sumber: Data diolah penulis, 2016

Perhitungan waktu pergi angkat *precast* menggunakan MMTC

Hoisting (Mekanisme angkat)

Kecepatan hoisting (v) = 30 m / menit

Ketinggian angkat (h) = 5 m

Waktu (t=h/v) $= \frac{5 \text{ m}}{30 \text{ m/menit}} = 0.167 \text{ menit}$

Slewing (Menakisme putar)

Kecepatan slewing (v) $= 108^{\circ}$

Sudut bed nomor 1 (α) = 90°

1. Waktu (t= α/v) = $\frac{90^{\circ}}{108 \text{ /menit}} = 0.833 \text{ menit}$

Trolley (Mekanisme jalan trolley)

- 1. Kecepatan *trolley* (v) = 20 m/menit
- 2. Jarak bed 1 ke stokyar (d) = 28,93 m

3. Waktu (t=d/v) = $\frac{28,93 \text{ m}}{20 \text{ m/menit}} = 1,477 \text{ menit}$

Landing (Mekanisme turun)

- 1. Kecepatan *landing* (v) = 40 m / menit
- 2. Jarak (d) = 5 m
- 3. Waktu (t=d/v) = $\frac{5 \text{ m}}{40 \text{m/menit}} = 0.125 \text{ menit}$

Total Waktu Pergi Angkat

1. *Hoisting* = 0,167 menit 2. *Slewing* = 0,833 menit 3. *Trolley* = 1,477 menit 4. *Landing* = 0.125 menit

Total = 2,572 menit

Untuk perhitungan lengkap waktu pergi angkat *precast* menggunakan alat inovasi *mini moveable tower crane* seperti yang ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Perhitungan Waktu Pergi Angkat Precast Menggunakan MMTC

| Nomor | ŀ | OISTING | ì | SLEWING | | | | TROLLEY | | | į, | WAKTU | |
|-------|-----------|---------|---------|-----------|-----------|---------|-----------|---------|---------|-----------|--------|---------|---------|
| Bed | Kecepatan | Tinggi | Waktu | Kecepatan | Sudut | Waktu | Kecepatan | Panjang | Waktu | Kecepatan | Tinggi | Waktu | TOTAL |
| Dea | (m/menit) | (m) | (menit) | (m/menit) | (derajad) | (menit) | (m/menit) | (m) | (menit) | (m/menit) | (m) | (menit) | (menit) |
| а | b | С | d = c/b | е | f | g = f/e | h | i | j = i/h | k | I | m = I/k | d+g+j+m |
| | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 30 | 5 | 0.167 | 108 | 90 | 0.833 | 20 | 28.931 | 1.447 | 40 | 5 | 0.125 | 2.57 |
| 2 | 30 | 5 | 0.167 | 108 | 90 | 0.833 | 20 | 25.541 | 1.277 | 40 | 5 | 0.125 | 2.40 |
| 3 | 30 | 5 | 0.167 | 108 | 90 | 0.833 | 20 | 21.415 | 1.071 | 40 | 5 | 0.125 | 2.20 |
| 4 | 30 | 5 | 0.167 | 108 | 90 | 0.833 | 20 | 18.055 | 0.903 | 40 | 5 | 0.125 | 2.03 |
| 5 | 30 | 5 | 0.167 | 108 | 90 | 0.833 | 20 | 14.661 | 0.733 | 40 | 5 | 0.125 | 1.86 |
| 6 | 30 | 5 | 0.167 | 108 | 90 | 0.833 | 20 | 11.413 | 0.571 | 40 | 5 | 0.125 | 1.70 |
| 7 | 30 | 5 | 0.167 | 108 | 90 | 0.833 | 20 | 8.413 | 0.421 | 40 | 5 | 0.125 | 1.55 |
| 8 | 30 | 5 | 0.167 | 108 | 90 | 0.833 | 20 | 5.413 | 0.271 | 40 | 5 | 0.125 | 1.40 |
| 9 | 30 | 5 | 0.167 | 108 | 90 | 0.833 | 20 | 28.931 | 1.447 | 40 | 5 | 0.125 | 2.57 |
| 10 | 30 | 5 | 0.167 | 108 | 90 | 0.833 | 20 | 25.541 | 1.277 | 40 | 5 | 0.125 | 2.40 |
| 11 | 30 | 5 | 0.167 | 108 | 90 | 0.833 | 20 | 21.415 | 1.071 | 40 | 5 | 0.125 | 2.20 |
| 12 | 30 | 5 | 0.167 | 108 | 90 | 0.833 | 20 | 18.055 | 0.903 | 40 | 5 | 0.125 | 2.03 |
| 13 | 30 | 5 | 0.167 | 108 | 90 | 0.833 | 20 | 14.661 | 0.733 | 40 | 5 | 0.125 | 1.86 |
| 14 | 30 | 5 | 0.167 | 108 | 90 | 0.833 | 20 | 11.413 | 0.571 | 40 | 5 | 0.125 | 1.70 |
| 15 | 30 | 5 | 0.167 | 108 | 90 | 0.833 | 20 | 8.413 | 0.421 | 40 | 5 | 0.125 | 1.55 |
| 16 | 30 | 5 | 0.167 | 108 | 90 | 0.833 | 20 | 5.413 | 0.271 | 40 | 5 | 0.125 | 1.40 |
| | | | | | | | | | | | | TOTAL = | 31.38 |

Perhitungan waktu kembali angkat *precast* menggunakan MMTC

Hoisting (Mekanisme angkat)

- 1. Kecepatan hoisting (v) = 50 m / menit
- 2. Ketinggian angkat (h) = 5 m
- 3. Waktu (t=h/v) = $\frac{5 \text{ m}}{50 \text{ m/menit}} = 0,100 \text{ menit}$

Slewing (Menakisme putar)

- 1. Kecepatan slewing (v) = 180°
- 2. Sudut bed nomor $1 (\alpha) = 90^{\circ}$
- 3. Waktu (t= α/v) = $\frac{90^{\circ}}{180 \text{ /menit}} = 0,500 \text{ menit}$

Trolley (Mekanisme jalan trolley)

Kecepatan trolley (v) = 40 m / menit Jarak bed 1 ke stokyar (d) = 28,93 m

Waktu (t=d/v) = $\frac{28,93 \text{ m}}{40 \text{ m/menit}} = 0,723 \text{ menit}$

Landing (Mekanisme turun)

- 1. Kecepatan landing (v) = 60 m / menit
- 2. Jarak (d) = 5 m
- 3. Waktu (t=d/v) = $\frac{5 \text{ m}}{60 \text{ m/menit}} = 0.083 \text{ menit}$

Total Waktu Kembali

1. *Hoisting* = 0,100 menit 2. *Slewing* = 0,500 menit 3. *Trolley* = 0,723 menit 4. *Landing* = 0,083 menit **Total** = **1,407 menit**

Untuk perhitungan lengkap waktu kembali dari angkat *precast* menggunakan alat MMTC seperti yang ditunjukkan pada Tabel 7.

Perhitungan waktu siklus MMTC

Waktu Pergi Angkat *Precast* = 31,38 menit Waktu Kembali dari Angkat *Precast* = 17,63 menit **Total Waktu Siklus** = **49,01 menit**

Analisis Perbandingan Biaya Alat Perhitungan biaya pelaksanaan dengan *tower* crane (TC)

Data peralatan

Type *Tower Crane* = TC Pottain R50-3T Power listrik dari = Genset 150 KVA

Biava sewa

- 1. Harga sewa TC = Rp 2.500.000,- / hari
- 2. Sewa Genset 150 KVA (power)

= Rp 400.000,-/hari

3. Biaya Operator TC = Rp = 250.000, -/hari

Biaya operasional peralatan

Harga bahan bakar solar industri = Rp 7.500,-/liter

a. Satu jam genset perlu 5 liter BBM

= 5 liter x Rp 7.500,

= Rp 37.500,-/jam

b. Satu hari beroperasional selama 8 jam

= Rp 37.500, -x 8 jam

= Rp 300.000,-/hari

Biaya Tower Crane per-hari adalah:

a. Sewa TC = Rp 2.500.000,

b. Sewa Genset (power) = Rp 400.000,-

c. Biaya Operator TC = Rp 250.000,-

d. Biaya Bahan Bakar Genset = Rp 300.000,-

Jumlah = Rp 3.450.000, -/hari

Tabel 5.7. Perhitungan Waktu Kembali dari Angkat Precast Menggunakan MMTC

| Nomor | H | OISTING | ì | | SLEWING | | | TROLLEY | | | LANDING | i | WAKTU |
|-------|-----------|---------|---------|-----------|-----------|---------|-----------|---------|---------|-----------|---------|---------|---------|
| | Kecepatan | Tinggi | Waktu | Kecepatan | Sudut | Waktu | Kecepatan | Panjang | Waktu | Kecepatan | Tinggi | Waktu | TOTAL |
| Dea | (m/menit) | (m) | (menit) | (m/menit) | (derajad) | (menit) | (m/menit) | (m) | (menit) | (m/menit) | (m) | (menit) | (menit) |
| а | b | С | d = c/b | e | f | g = f/e | h | i | j = i/h | k | 1 | m = l/k | d+g+j+m |
| | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 50 | 5 | 0.100 | 180 | 90 | 0.500 | 40 | 28.931 | 0.723 | 60 | 5 | 0.083 | 1.407 |
| 2 | 50 | 5 | 0.100 | 180 | 90 | 0.500 | 40 | 25.541 | 0.639 | 60 | 5 | 0.083 | 1.32 |
| 3 | 50 | 5 | 0.100 | 180 | 90 | 0.500 | 40 | 21.415 | 0.535 | 60 | 5 | 0.083 | 1.22 |
| 4 | 50 | 5 | 0.100 | 180 | 90 | 0.500 | 40 | 18.055 | 0.451 | 60 | 5 | 0.083 | 1.13 |
| 5 | 50 | 5 | 0.100 | 180 | 90 | 0.500 | 40 | 14.661 | 0.367 | 60 | 5 | 0.083 | 1.05 |
| 6 | 50 | 5 | 0.100 | 180 | 90 | 0.500 | 40 | 11.413 | 0.285 | 60 | 5 | 0.083 | 0.97 |
| 7 | 50 | 5 | 0.100 | 180 | 90 | 0.500 | 40 | 8.413 | 0.210 | 60 | 5 | 0.083 | 0.89 |
| 8 | 50 | 5 | 0.100 | 180 | 90 | 0.500 | 40 | 5.413 | 0.135 | 60 | 5 | 0.083 | 0.82 |
| 9 | 50 | 5 | 0.100 | 180 | 90 | 0.500 | 40 | 28.931 | 0.723 | 60 | 5 | 0.083 | 1.41 |
| 10 | 50 | 5 | 0.100 | 180 | 90 | 0.500 | 40 | 25.541 | 0.639 | 60 | 5 | 0.083 | 1.32 |
| 11 | 50 | 5 | 0.100 | 180 | 90 | 0.500 | 40 | 21.415 | 0.535 | 60 | 5 | 0.083 | 1.22 |
| 12 | 50 | 5 | 0.100 | 180 | 90 | 0.500 | 40 | 18.055 | 0.451 | 60 | 5 | 0.083 | 1.13 |
| 13 | 50 | 5 | 0.100 | 180 | 90 | 0.500 | 40 | 14.661 | 0.367 | 60 | 5 | 0.083 | 1.05 |
| 14 | 50 | 5 | 0.100 | 180 | 90 | 0.500 | 40 | 11.413 | 0.285 | 60 | 5 | 0.083 | 0.97 |
| 15 | 50 | 5 | 0.100 | 180 | 90 | 0.500 | 40 | 8.413 | 0.210 | 60 | 5 | 0.083 | 0.89 |
| 16 | 50 | 5 | 0.100 | 180 | 90 | 0.500 | 40 | 5.413 | 0.135 | 60 | 5 | 0.083 | 0.82 |
| | | | | | | | | | | | | TOTAL = | 17.63 |

Tabel 8. Perhitungan Biaya Total Pekerjaan Precast dengan Alat bantu TC

| URAIAN | VOLUME | SAT. | | HARGA SAT. | | JUMLAH |
|---|-----------|------|-----|----------------------|----|------------------|
| A. BAHAN DINDING PRECAST | | | | | | |
| 1 Beton F'c 35 | 396.64 | m3 | Rp | 799,000.00 | Rp | 316,918,156.50 |
| 2 Wiremesh M6-150 (1 Lapis) | 14,589.77 | Kg | Rp | 8,750.00 | Rp | 127,660,445.00 |
| 3 Besi D13 (Tulangan Extra) | 12,246.32 | Kg | Rp | 7,240.00 | Rp | 88,663,329.94 |
| 4 Besi D13 (Tulangan Hook Angkat) | 3,893.00 | Kg | Rp | 7,240.00 | Rp | 28,185,343.91 |
| 5 Besi D10 (Tulangan Embedded) | 2,175.01 | Kg | Rp | 7,240.00 | Rp | 15,747,086.88 |
| 6 Plat 8mm (Embedded) | 7,269.89 | Kg | Rp | 8,500.00 | Rp | 61,794,022.50 |
| 7 Plat 10mm (Bracket) | 10,667.79 | Kg | Rp | 8,500.00 | Rp | 90,676,215.00 |
| 8 Dynabolt Hilty M10 | 8,820.00 | Buah | Rp | 5,000.00 | Rp | 44,100,000.00 |
| | | | | Jumlah : | Rp | 773,744,599.73 |
| B. UPAH TENAGA KERJA | | | | | | |
| Upah Tenaga Kerja (produksi & installasi) | 3,966.44 | m2 | Rp | 115,000.00 | Rp | 456,140,025.00 |
| | | | | Jumlah : | Rp | 456,140,025.00 |
| C. ALAT BANTU ANGKAT (TOWER CRANE) | | | | | | |
| 1 Durasi Pemakaian TC | 90.00 | Hari | Rp | 3,450,000.00 | Rp | 310,500,000.00 |
| 2 Biaya Erection TC | 1.00 | Ls | Rp | 25,000,000.00 | Rp | 25,000,000.00 |
| 3 Biaya Dismantling TC | 1.00 | Ls | Rp | 25,000,000.00 | Rp | 25,000,000.00 |
| 4 Biaya Mobilisasi & demobilisasi | 1.00 | Ls | Rp | 150,000,000.00 | Rp | 150,000,000.00 |
| | | | | Jumlah : | Rp | 510,500,000.00 |
| | | | | | | |
| | _ | | TOT | AL (A) + (B) + (C) = | Rp | 1,740,384,624.73 |

Sumber: PT.PP (Persero) Tbk. Cabang V, data diolah penulis, 2016

Biaya operasional Rp 3.450.000,- di atas belum termasuk biaya mobilisasi TC, biaya *demobilisasi* TC, biaya *erection* TC, dan Biaya *dismantling* TC. Keempat biaya tersebut merupakan biaya sekali (karena kegiatannya cuma sekali saja), dan biaya ini akan dikalkulasikan dengan biaya total.

Untuk perhitungan biaya total pelaksanaan pekerjaan dinding *precast* menggunakan alat berat *tower crane* dapat dilihat pada Tabel 8.

Biaya total pekerjaan *precast* dinding jika menggunakan alat bantu angkat *Tower Crane* (TC) adalah sebesar Rp 1.740.384.624,73. Dengan luas total dinding *precast* sebesar 3.966,44 m² dapat dihitung harga satuan per-meter perseginya. Harga satuan per-meter persegi dinding diperoleh dari Total harga dibagi Total Luas.

a. Harga Satuan Real Cost (RC)
$$= \frac{1.740.384.624,73}{3.966,44} = \text{Rp } 483.777,50$$

- b. Harga Satuan RAP = Rp 530.964,80
- c. Selisih Harga Satuan (RAP-RC)
 - = Rp 530.964,80 Rp 483.777,50
 - $= Rp 92.187,30/m^2$
- d. Keuntungan (Selisih Harsat x Vol.)
 - = Rp 92.187,30 x 3.966,44 m²
 - = Rp 365.655.396,58

Perhitungan biaya pelaksanaan dengan mobile crane (MC)

Data peralatan

- 1. Type *Mobile Crane* = MC Terek 45T
 - a. Biaya sewa
 - 1. Harga sewa MC = Rp 3.000.000, -/hari
 - 2. Biaya Operator MC= Rp 200.000,-/hari
 - b. Biaya operasional peralatan
 - 1) Harga bahan bakar solar industri
 - = Rp 7.500,-/liter
 - a) Satu jam menghabiskan 10 liter BBM
 - = 10 liter x Rp 7.500,
 - = Rp 75.000,-/jam
 - b) Satu hari beroperasional selama 8 jam
 - = Rp 75.000,- x 8 jam
 - = Rp 600.000,-/hari
 - 2) Maka biaya Mobile Crane per-hari adalah:
 - a) Sewa MC = Rp 3.000.000,-
 - b) Biaya Operator MC = Rp 200.000,-
 - c) Biaya Bahan Bakar = Rp 600.000,-

Jumlah = Rp 3.800.000, -/hari

Biaya operasional Rp 3.800.000,- diatas belum termasuk biaya *mobilisasi Mobile Crane* dan biaya *demobilisasi Mobile Crane*, karena kedua biaya tersebut merupakan biaya sekali (kegiatannya cuma sekali saja), dan biaya ini akan dikalkulasikan dengan biaya total.

Untuk perhitungan biaya total pelaksanaan pekerjaan dinding *precast* menggunakan alat berat *mobile crane* dapat dilihat pada Tabel 9.

Biaya total pekerjaan *precast* dinding jika menggunakan alat bantu angkat *Mobile Crane* (MC) adalah sebesar Rp 1.581.884.624,73. Dengan luas total dinding *precast* sebesar 3.966,44 m² dapat dihitung harga satuan per-meter perseginya. Harga satuan per-meter persegi dinding diperoleh dari Total harga dibagi Total Luas.

- a. Harga Satuan *Real Cost* (RC)
 - $=\frac{1.581.884.624,73}{3.966.44}$
 - = Rp 398.817,23
- b. Harga Satuan RAP = Rp 530.964.80
- c. Selisih Harga Satuan (RAP-RC)
 - =Rp 530.964,80 Rp 398.817,23
 - $= Rp 132.147,57 / m^2$
- d. Keuntungan (Selisih Harsat x Volume)
 - = Rp 132.147,57 x 3.966,44 m²
 - = Rp 524.155.396,58

Perhitungan biaya pelaksanaan dengan mini moveable tower crane (MMTC)

- a. Data peralatan
 - 1. Type Crane = MMTC R6M-3T
 - 2. Power listrik dari = Genset 150 KVA
- b. Harga pembuatan *inovasi mini moveable tower* crane (investasi)
 - 1. Material Pembentuk MMTC = Rp 31.480.000,-
 - 2. Chain Hoist 3 Ton = Rp 25.000.000,-
 - 3. Pondasi dan Rel = Rp 9.847.500,-
 - 4. Upah tenaga kerja = Rp 3.787.500,
 - Jumlah = Rp 70.115.000,-
- c. Biaya sewa
 - 1. Sewa Genset 150 KVA (power)
 - = Rp 400.000,-/hari
 - 2. Biaya Operator MMTC
 - = Rp 200.000,- / hari
- d. Biaya operasional peralatan
 - 1. Harga bahan bakar solar industri
 - = Rp 7.500,-/liter
 - a. Satu jam genset perlu 5 liter BBM
 - = 5 liter x Rp 7.500,
 - = Rp 37.500,-/jam
 - b. Satu hari beroperasi selama 8 jam
 - = Rp 37.500,- x 8 jam
 - = Rp 300.000,- / hari
 - 2. Maka biaya *Mini Moveable Tower Crane* perhari adalah :
 - a. Biaya Investasi = Rp (dikalkulasi total diakhir)
 - b. Biaya Operator = Rp 200.000,-
 - c. Biaya Bahan Bakar = Rp 300.000,-

Untuk perhitungan biaya total pelaksanaan pekerjaan dinding *precast* menggunakan alat berat *inovasi mini moveable tower crane (MMTC)* dapat dilihat pada Tabel 10.

Biaya total pekerjaan *precast* dinding jika menggunakan alat bantu angkat *inovasi mini moveable tower crane* (MMTC) adalah sebesar Rp 1.344.999.624,73. Dengan luas total dinding *precast* sebesar 3.966,44 m² dapat dihitung harga satuan permeter perseginya. Harga satuan per-meter persegi dinding diperoleh dari Total harga dibagi Total Luas.

- a. Harga Satuan Real Cost (RC) = $\frac{1.344.999.624,73}{3.966,44}$
 - = Rp 339.094,91
- b. Harga Satuan RAP = Rp 530.964,80
- c. Selisih Harga Satuan (RAP-RC)
 - = Rp 530.964,80 Rp 339.094,91
 - $= Rp 191.869,89/m^2$
- d. Keuntungan (Selisih Harsat x Volume)
 - = Rp 191.869,89 x 3.966,44 m²
 - = Rp 761.040.396,58

Tabel 5.9. Perhitungan Biaya Total Pekerjaan Precast dengan Alat bantu MC

| URAIAN | VOLUME | SAT. | | HARGA SAT. | | JUMLAH |
|---|-----------|------|-----|-----------------------|------|------------------|
| A. BAHAN DINDING PRECAST | | | | | | |
| 1 Beton F'c 35 | 396.64 | m3 | Rp | 799,000.00 | Rp | 316,918,156.50 |
| 2 Wiremesh M6-150 (1 Lapis) | 14,589.77 | Kg | Rp | 8,750.00 | Rp | 127,660,445.00 |
| 3 Besi D13 (Tulangan Extra) | 12,246.32 | Kg | Rp | 7,240.00 | Rp | 88,663,329.94 |
| 4 Besi D13 (Tulangan Hook Angkat) | 3,893.00 | Kg | Rp | 7,240.00 | Rp | 28,185,343.91 |
| 5 Besi D10 (Tulangan Embedded) | 2,175.01 | Kg | Rp | 7,240.00 | Rp | 15,747,086.88 |
| 6 Plat 8mm (Embedded) | 7,269.89 | Kg | Rp | 8,500.00 | Rp | 61,794,022.50 |
| 7 Plat 10mm (Bracket) | 10,667.79 | Kg | Rp | 8,500.00 | Rp | 90,676,215.00 |
| 8 Dynabolt Hilty M10 | 8,820.00 | Buah | Rp | 5,000.00 | Rp | 44,100,000.00 |
| | | | | Jumlah : | Rp | 773,744,599.73 |
| B. UPAH TENAGA KERJA | | | | | | |
| Upah Tenaga Kerja (produksi & installasi) | 3,966.44 | m2 | Rp | 115,000.00 | Rp | 456,140,025.00 |
| | | | | Jumlah : | Rp | 456,140,025.00 |
| C. ALAT BANTU ANGKAT (MOBILE CRANE) | | | | | | |
| 1 Durasi Pemakaian Mobile Crane | 90.00 | Hari | Rp | 3,800,000.00 | Rp | 342,000,000.00 |
| 2 Biaya Mobilisasi Mobile Crane | 1.00 | Ls | Rp | 5,000,000.00 | Rp | 5,000,000.00 |
| 3 Biaya Demobilisasi Mobile Crane | 1.00 | Ls | Rp | 5,000,000.00 | Rp | 5,000,000.00 |
| | | | | Jumlah : | Rp | 352,000,000.00 |
| | | | TO1 | TAL (A) + (B) + (C) = | Rp : | 1,581,884,624.73 |

Tabel 5.10. Perhitungan Biaya Total Pekerjaan Precast dengan Alat bantu MMTC

| URAIAN | VOLUME | SAT. | | HARGA SAT. | | JUMLAH | ı |
|---|-----------|------|-----|-----------------------|----|------------------|-----|
| A. BAHAN DINDING PRECAST | | | | | | | 1 |
| 1 Beton F'c 35 | 396.64 | m3 | Rp | 799,000.00 | Rp | 316,918,156.50 |) |
| 2 Wiremesh M6-150 (1 Lapis) | 14,589.77 | Kg | Rp | 8,750.00 | Rp | 127,660,445.00 |) |
| 3 Besi D13 (Tulangan Extra) | 12,246.32 | Kg | Rp | 7,240.00 | Rp | 88,663,329.94 | ļ |
| 4 Besi D13 (Tulangan Hook Angkat) | 3,893.00 | Kg | Rp | 7,240.00 | Rp | 28,185,343.91 | .] |
| 5 Besi D10 (Tulangan Embedded) | 2,175.01 | Kg | Rp | 7,240.00 | Rp | 15,747,086.88 | 3 |
| 6 Plat 8mm (Embedded) | 7,269.89 | Kg | Rp | 8,500.00 | Rp | 61,794,022.50 |) |
| 7 Plat 10mm (Bracket) | 10,667.79 | Kg | Rp | 8,500.00 | Rp | 90,676,215.00 |) |
| 8 Dynabolt Hilty M10 | 8,820.00 | Buah | Rp | 5,000.00 | Rp | 44,100,000.00 |) |
| | | | | Jumlah : | Rp | 773,744,599.73 | } |
| B. UPAH TENAGA KERJA | | | | | | | " |
| Upah Tenaga Kerja (produksi & installasi) | 3,966.44 | m2 | Rp | 115,000.00 | Rp | 456,140,025.00 |) |
| | | | | Jumlah : | Rp | 456,140,025.00 | Л |
| C. ALAT BANTU ANGKAT (MINI MOVEABLE TC) | | | | | | | |
| 1 Biaya Operasional MMTC | 90.00 | Hari | Rp | 500,000.00 | Rp | 45,000,000.00 | ï |
| 2 Biaya Investasi Pembuatan MMTC | | | | | | | |
| - Biaya Material Pembentuk MMTC | 3,703.53 | Kg | Rp | 8,500.00 | Rp | 31,480,000.00 |) |
| - Chain Hoist 3 Ton | 1.00 | Pc | Rp | 25,000,000.00 | Rp | 25,000,000.00 |) |
| - Pondasi Rel MMTC | 20.00 | m1 | Rp | 492,375.00 | Rp | 9,847,500.00 | Ĭ |
| - Upah Tenaga Pembuatan | 3,703.53 | Kg | Rр | 1,022.67 | Rp | 3,787,500.00 |) |
| | | | | Jumlah : | Rp | 115,115,000.00 |) |
| | | | TOT | TAL (A) + (B) + (C) = | D | 1 244 000 624 72 | H |

Sumber: PT.PP (Persero) Tbk. Cabang V, data diolah penulis, 2016

Pembahasan

Analisis perbandingan waktu Alat

Dari analisis perbandingan waktu yang sudah diulas pada sub-bab sebelumnya, waktu siklusnya bisa dikomparasi / dibandingkan antara penggunaan alat berat satu dengan alat berat lainnya (TC : MC : MMTC) seperti yang ditunjukkan pada Tabel 11.

Tabel 11. Komparasi Perbandingan Waktu Siklus Penggunaan Alat Berat

| No | Waktu Siklus | Tower Crane (menit) | Mobile Crane (Menit) | Inovasi MMTC (Menit) | |
|---|--|------------------------|-------------------------|-------------------------|--|
| 1 | Waktu Pergi Angkat Precast | 8.90 | 7.35 | 31.38 | |
| • | Waktu Kembali dari Angkat <i>Precast</i> | 6.59 | 6.33 | 17.63 | |
| | Total Waktu Siklus Sehari = | 15.49 | 13.68 | 49.01 | |
| | Total Waktu Siklus 90 hari = | 1394.49 | 1231.50 | 4410.87 | |
| | Urutan Waktu = | ll l | I | III | |

Bisa dilihat pada Tabel 11. di atas, alat berat *mobile crane* menempati urutan kecepatan pertama sebagai alat bantu angkat produksi *precast* dinding dengan waktu 13,68 menit dalam sekali bongkar keseluruhan *precast* pada bed produksi (16 *bed*). Urutan kedua ditempati oleh *tower crane* dengan waktu 15,49 menit dalam sekali bongkar, sedangkan urutan ketiga atau yang paling lama ditempati oleh alat inovasi *mini moveable tower crane* dengan waktu 49,01 menit dalam sekali bongkar.

Analisis perbandingan biaya

Dari analisis perbandingan biaya yang sudah diulas pada sub-bab sebelumnya, total biaya sampai dengan total keuntungannya bisa dikomparasi/dibandingkan atara penggunaan alat berat satu dengan alat berat satunya seperti yang ditunjukkan pada Tabel 12.

Tabel 12. Komparasi Perbandingan Total Biaya Penggunaan Alat Berat

| No | URAIAN | Tower Crane | | Mobile Crane | | Inovasi MMTC | |
|----|----------------------------------|-------------|----------------|--------------|----------------|--------------|----------------|
| 1 | Volume Dinding Precast (m2) | | 3,966.44 | • | 3,966.44 | | 3,966.44 |
| 2 | Harga Satuan RAP | Rp | 530,964.80 | Rp | 530,964.80 | Rp | 530,964.80 |
| 3 | Harga Satuan Real Cost (RC) | Rp | 438,777.50 | Rр | 398,817.23 | Rp | 339,094.91 |
| 4 | Selisih Harga Satuan (RAP-RC) | Rp | 92,187.30 | Rp | 132,147.57 | Rp | 191,869.89 |
| 5 | Keuntungan (Selisih x Volume) | Rр | 365,655,396.58 | Rр | 524,155,396.58 | Rp | 761,040,396.58 |
| | Urutan Keuntungan = | | III | | 11 | | ı |

Bisa dilihat pada Tabel 12. di atas, alat berat *inovasi mini moveable tower crane* menempati urutan pertama (I) sebagai alat bantu angkat produksi *precast* dinding dengan total profit sebesar Rp 761.040.396,58. Urutan kedua (II) ditempati oleh *mobile crane* dengan total profit sebesar Rp 524.155.396,58. Sedangkan urutan ketiga (III)

ditempati oleh *tower crane* dengan total profit sebesar Rp 365.655.396,58. Dari analisis perbandingan waktu dan biaya, bisa dibuat grafik hubungan antara waktu dan biaya untuk pekerjaan *precast* dinding seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.

PERBANDINGAN HUBUNGAN ANTARA WAKTU DAN BIAYA

900,000,000.00

700,000,000.00

600,000,000.00

500,000,000.00

200,000,000.00

100,000,000.00

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160

WAKTU (Hari ke-n)

Gambar. 5.5. Grafik Perbandingan Waktu dan Biaya

Sumber: data diolah penulis, 2016

Grafik hubungan antara waktu dan biaya pada perbandingan penggunaan tower crane, mobile crane, dan mini moveable tower crane seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5. bisa diketahui bahwa semakin lama durasi pelaksanaan produksi precast dinding maka semakin mahal biaya yang diperlukan untuk alat bantu angkatnya, karena biaya sewa dan biaya operasionalnya terus beralan sampai dengan akhir produksi. Berbeda dengan penggunaan inovasi mini moveable tower crane, setelah hari ke-90 (durasi produksi precast terlama) grafik cenerung landai karena biaya operasional dari alat ini cenderung murah (karena merupakan investasi).

Dari anilisis dan hitungan biaya total alat *tower crane* selama 90 hari kerja memerlukan biaya untuk pemakaian, *erection*, *dismantling*, mobilisasi dan demobilisai adalah Rp. 510,500,000 (lihat Tabel 8 huruf c). Alat *mobile crane* biaya untuk pemakaian, mobilisasi dan demobilisasi adalah Rp. 352.000.000 (lihat Tabel 9 huruf c). Alat *mini moveable tower crane* biaya operasional dan investasi pembuatannya adalah Rp.115.115.000 (lihat Tabel 10 huruf c). Operasional alat *mini moveable tower crane* menghasilkan biaya yang paling rendah dibanding alat *tower crane* dan *mobil crane*.

Kesimpulan

Dari analisis perbandingan perhitungan waktu dan biaya pada produksi dinding *precast* pada proyek *The Pinnacle* Semarang dengan menggunakan peralatan berat *tower crane, mobile crane*, dan *mini moveable tower crane* maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- 1. Berdasarkan perbandingan waktu pelaksanaan pada pekerjaan produksi *precast* dinding, maka waktu siklus yang diperlukan *tower crane* untuk pergi angkat precast dan kembali dari angkat precast sebesar 1.394,49 menit untuk 90 hari kerja , dan waktu siklus yang diperlukan *mobile crane* sebesar 1.231,50 menit, serta waktu siklus yang diperlukan alat *mini moveable tower crane* sebesar 4.410,87 menit. Waktu siklus tercepat adalah dengan menggunakan *tower crane*.
- 2. Berdasarkan perbandingan biaya pelaksanaan pada pekerjaan produksi precast dinding, maka total biaya dengan menggunakan alat berat tower crane untuk pergi angkat precast dan kembali dari angkat precast selama 90 hari sebesar Rp 1.740.384.624,73, dan total biaya yang diperlukan mobile crane sebesar Rp 1.581.884.624,73, serta total biaya yang diperlukan alat mini moveable tower crane sebesar Rp 1.344.999.624,73. Total biaya yang paling kecil dengan menggunakan alat berat mini moveable tower crane, yaitu sebesar Rp1.344.999.624,73.
- Berdasarkan perbandingan biaya pelaksanaan pada pekerjaan produksi precast dinding, maka keuntungan/ profit yang diperoleh jika

menggunakan alat berat tower crane adalah sebesar Rp365.655.396,58, dan keuntungan yang diperoleh jika menggunakan alat berat mobile crane adalah sebesar Rp 524.155.396,58, serta keuntungan yang diperoleh jika menggunakan alat mini moveable tower crane adalah sebesar Rp 761.040.396,58. Keuntungan yang paling besar dengan menggunakan alat inovasi mini moveable tower crane, yaitu sebesar Rp 761.040.396,58.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aswanto. 2015. Perbandingan Penggunaan Tower Crane dengan Mobil Crane Ditinjau dari Efisiensi Waktu dan Biaya Sebagai Alat Angkat Utama Pada Pembangunan Gedung. Jurnal Teknik Sipil. ISSN: 2407-1846. E-ISSN: 2460-8416. Universitas Muhammadiyah Jakarta. Jakarta
- [2] Cahyono, F. 2010. Study Perbandingan Proyek Pembangunan Gedung Metode Pelaksanaan Precast dengan Metode Konvensional Dilihat dari Segi Waktu dan Biaya (Study Kasus Proyek Asrama Balai Sungai Surakarta Teknologi N-Panel System). Tugas Akhir. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.
- [3] Pratasis dkk. 2016. Analisis Metode Pelaksanaan Plat Precast dengan Plat Konvensional Ditinjau dari Waktu dan Biaya (Studi Kasus: Markas Komando Daerah Militer Manado). Jurnal Sipil Statik Vol.4 No.5 Mei 2016 (319-327) ISSN: 2337-6732. Universitas Sam Ratulangi. Manado.
- [4] Rostiyanti, S. 2002. *Alat Berat Untuk Proyek Konstruksi. Edisi Ke-2*. Penerbit Rineka Cipta: Jakarta.
- [5] Soeharto, I. 1997. Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operasional. Erlangga: Jakarta.
- [6] Soemartomo, B. 2015. Studi Tentang Pemilihan Jenis Crane untuk Proyek Bangunan Industri. Tugas Akhir. Universitas Negeri Surabaya. Surabaya.
- [7] Yulistianingsih. 2014. Perbandingan Pelaksanaan Dinding Precast dengan Dinding Konvensional ditinjau dari Segi Waktu & Biaya (Studi Kasus Gedung Apartemen Di Jakarta Selatan). Jurnal Konstruksia. Volume 6. Nomor 1. Desember 2014. Universitas Muhammadiyah Jakarta.