JURNAL TEKNIK MESIN, ELEKTRO DAN ILMU KOMPUTER

Halaman Jurnal: https://journal.amikveteran.ac.id/index.php/teknik
Halaman UTAMA Jurnal : https://journal.amikveteran.ac.id/index.php

PERBANDINGAN WAKTU DAN BIAYA MOBILE CRANE TADANO DENGAN MINI MOVEABLE TOWER CRANE UNTUK PEKERJAAN PRECAST DINDING FAÇADE (STUDI KASUS PROYEK THE PINNACLE SEMARANG)

[1] **Anis Suryaningrum, [2] Tri Wardoyo, [3]mubari**
[1,2,3]Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Bhayangkara Surabaya
Jl. Ahmad Yani 114 Surabaya, Indonesia
e-mail: [1],asningrum@ubhara.ac.id, [2] triwardoyo_ubhara@yahoo.co.id, [3]Mubari@pt.pp.com

ABSTRAK

Proyek gedung yang menggunakan metode *precast*, identik dengan penggunaan alat berat yang banyak untuk proses pekerjaan *precast* tersebut, mulai pengangkatan dari tempat produksi, pengangkutan ke lokasi, sampai dengan proses instalasi atau pemasanagan di tempat selesai. Penggunaan alat berat yang banyak membutuhkan biaya yang berpengaruh terhadap biaya produksi proyek *(project final cost*). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perbandingan waktu dan biaya yang diperlukan dalam produksi *precast* dinding *facade* jika menggunakan alat berat *mobile crane Tadano* dibandingkan dengan *mini moveable tower crane*. Metode penelitian yang digunakan adalah studi kasus dan pengumpulan data yang diperoleh dari lokasi proyek tempat studi kasus, dan dari studi literatur yang berhubungan dengan studi kasus tugas akhir ini, kemudian dianalisis dengan cara membandingkan penggunaan *mobile crane Tadano* sebagai alat bantu angkat precast dinding, dibandingkan dengan alat berat *mini moveable tower crane*. Hasil dari penelitian ini adalah, waktu total yang diperlukan *mobile crane Tadano* sebesar 1.231,50 menit, serta waktu total yang diperlukan alat *mini moveable tower crane* sebesar 4.410,87 menit. Sedangkan perbandingan biaya pelaksanaan pada pekerjaan produksi *precast* dinding *façade* dengan menggunakan alat berat *mobile crane Tadano* sebesar Rp 1.581.884.624,73,- dan total biaya yang diperlukan jika menggunakan alat *mini moveable tower crane* adalah sebesar Rp 1.344.999.624,73,-

Kata Kunci: waktu dan biaya *precast* dinding *façade*, alat angkat *mobile crane Tadano* dan *mini moveable tower crane*

ABSTRACT

A building project that uses the precast method is identical to the use of a lot of heavy equipment for the precast work process, starting from lifting from the production site, transporting it to the location, until the installation process or installation on site is completed. The use of heavy equipment that requires a lot of costs that affect the project production costs (project final cost). The purpose of this study was to compare the time and cost required in the production of precast facade walls when using Tadano mobile crane heavy equipment compared to mini movable tower cranes. The research method used is a case study and data collection obtained from the project site where the case study is located, and from the literature study related to the case study of this final project, then analyzed by comparing the use of Tadano mobile cranes as a lifting tool for precast walls, compared with mini movable tower crane heavy equipment. The results of this study are, the total time required for Tadano mobile cranes is 1,231.50 minutes, and the total time required for mini movable tower cranes is 4,410.87 minutes.

***Keywords**: time and cost of faade wall precast, Tadano mobile crane lifting equipment and mini movable 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 dalam 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 *facede, 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).*

Proyek pembangunan Apartmen *The Pinnacle* di Semarang merupakan salah satu proyek yang menerapkan *precast* dinding *facade*, dan proyek tersebut menggunakan *mini tower crane* untuk produksi dan pengangkatan *precast* dinding *facade*. Dari hasil studi alat *mini tower crane* tersebut dapat menghemat biaya dan waktu pelaksanaan lebih cepat dibandingkan *mobile crane Tadano*. Untuk itu penulis ingin melakukan penelitian dengan studi kasus yang lebih detail mengenai perbandingan waktu dan biaya untuk pekerjaan *precast* dinding *façade* dengan menggunakan *mobile crane Tadano* dengan *mini tower crane*.

2 KAJIAN PUSTAKA

2.1. Alat Angkat

Mobile crane merupakan sebuah *truck* 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, dan merupakan alat berat yang menggunakan bahan bakar dalam melakukan aktivitas pergerakannya.

1. Menurut penelitian Soemartomo (2015), pada penelitian observasi tentang alasan pemakaian alat berat mobil *crane* sebagai alat pengangkatan dan pemindahan material. Biaya yang harus dikeluarkan untuk menyewa *mobile crane* biaya yang harus dikeluarkan Rp.58.200.000.
2. Menurut Aswanto, *et al* (2015). Penggunaan *Mobil Crane* Ditinjau dari Efisiensi Waktu dan Biaya Sebagai Alat Angkat Utama Pada Pembangunan Gedung adalah sebagai berikut ini:
   a. Waktu efektif struktur oleh *Mobil crane* pada gedung ini adalah 455,56 jam dengan biaya Rp 325.247.500,00.
   b. Waktu aktual pengerjaan gedung ini adalah 7 bulan maka biaya aktual yang diperlukan dengan pemakaian alat angkat *Mobil Crane* adalah Rp 992.800.000,00
   c. *Mobil crane* mempunyai kelebihan dan kekurangan yang berbeda dari segi kapasitas operasi dan pembiayaan yang dikeluarkan.

2.2. Metode *Precast*

Menurut Yulistianingsih (2014), menyebutkan bahwa pekerjaan dinding *precast* lebih efektif dikerjakan tetapi kurang efisien dari segi biaya, apabila bangunan yang dikerjakan dibawah 10 lantai. Menurut Pratasis dkk. (2016), Semakin besar volume pekerjaan dengan menggunakan sistem *precast*, semakin murah pula harganya dibandingkan dengan metode

konvensional dan waktu pelaksanaannya juga lebih cepat, apalagi menggunakan sistem *cast in situ.*

Pengertian beton pracetak atau beton *precast* adalah sebuah produk yang terbuat dari material beton yang proses pembuatannya dilakukan di pabrik. Yang awalnya beton hanya dapat dibuat dan dicor langsung di tempat atau beton konvensional, hingga kemudian muncul beton pracetak. Menurut Wulfram I Ervianto (2006), *Precast* dihasilkan dari proses produksi dimana lokasi pembuatan yang berbeda dengan lokasi elemen akan digunakan. Menurut Igbal Batubara (2012), *Precast concrete* (beton pracetak) adalah suatu metode percetakan komponen secara mekanisasi dalam pabrik atau workshop dengan memberi waktu pengerasan dan mendapatkan kekuatan sebelum dipasang. Karena proses pengecoran di tempat khusus (bengkel pabrikasi), maka mutunya dapat terjaga dengan baik. Sedangkan *m*enurut Siti Aisyah Nurjanah (2011). Sistem struktur beton pracetak merupakan salah satu alternative teknologi dalam perkembangan konstruksi di Indonesia yang mendukung efisien waktu, efisien energi, dan mendukung pelestarian lingkungan.

2.3. *Mobile Crane*

Mobile crane merupakan sebuah truck 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. *Teleskopik 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. Teleskopik crane sering digunakan untuk proyek-proyek konstruksi jangka pendek.

Mekanisme kerja mobile crane terdiri dari :

1. *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.

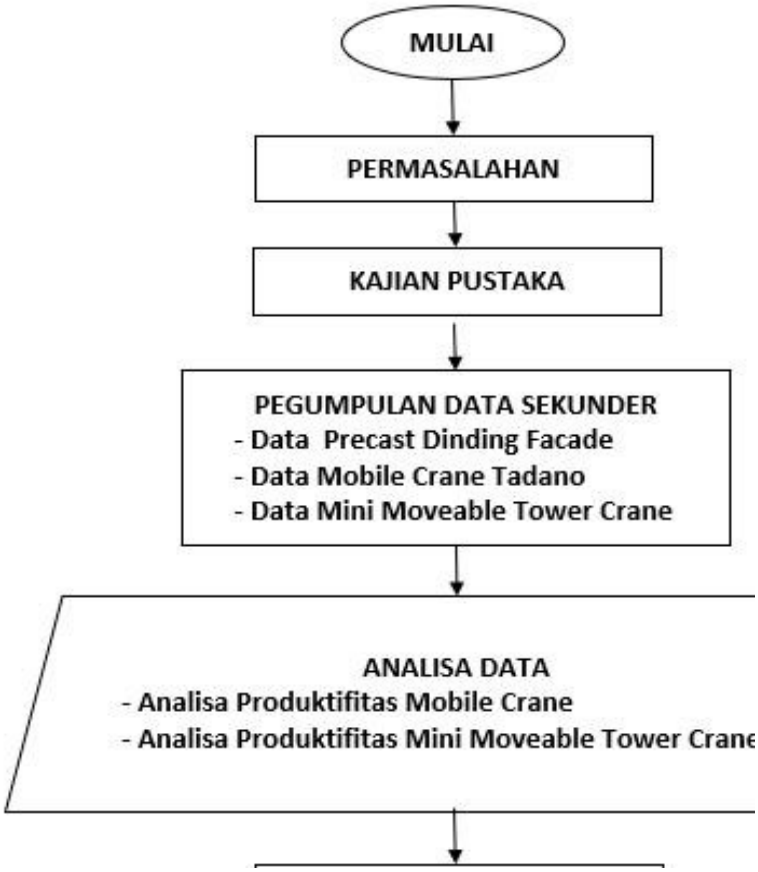
2.4. *Mini Moveble Tower Crane*

Mini Moveable Tower Crane adalah hasil karya dari karyawan PT. PP (Persero) Tbk dengan beberapa modifikasi dari alat *Tower Crane*. 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 dilapangan. 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 seperti *Tower crane* pada umumnya yaitu : Mekanisme Angkat, Mekanisme Putar, Mekanisme Jalan Trolley, Mekanisme Jalan seperti Kereta.

3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Bagan Aliran



4 ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1. Data volume pekerjaan dinding precast

Volume pekerjaan dinding precast seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Data Volume Pekerjaan Precast Dinding

NO	TYPE	DIMENSI	JUMLAH	OPENING	LUASAN	VOLUME BETON	VOLUME WIREMESH	JUMLAH BED	DURASI PRODUKSI
	A	B	C	D	(Luas B - Luas D) x C	(Vol.B - Vol D) x C	E	F	C / F
1	PRC-1	3,290 X 2,990	238 Unit	1,005 X 1,905	1,429.92 m2	142.99 m3	1,715.9 m2	3 Buah	89.3 Hari
	PRC-1A	3,290 X 3,390	17 Unit	1,005 X 1,905	124.51 m2	12.45 m3	149.4 m2	3 Buah	5.7 Hari
2	PRC-3	2,372 X 2,990	112 Unit	- X -	794.34 m2	79.43 m3	953.2 m2	2 Buah	56.0 Hari
	PRC-3A	2,372 X 3,390	8 Unit	- X -	64.33 m2	6.43 m3	77.2 m2	2 Buah	4.0 Hari
3	PRC-4	1,390 X 2,990	28 Unit	990 X 1,905	63.56 m2	6.36 m3	76.3 m2	1 Buah	28.0 Hari
	PRC-4A	1,390 X 3,390	2 Unit	990 X 1,905	5.65 m2	0.57 m3	6.8 m2	1 Buah	2.0 Hari
4	PRC-5	2,690 X 2,990	196 Unit	995 X 1,905	833.42 m2	83.34 m3	1,000.1 m2	3 Buah	65.3 Hari
	PRC-5A	2,690 X 3,390	14 Unit	995 X 1,905	74.59 m2	7.46 m3	89.5 m2	3 Buah	4.7 Hari
5	PRC-7Ka	3,310 X 2,990	14 Unit	1,005 X 1,905	84.95 m2	8.49 m3	101.9 m2	0.5 Buah	14.0 Hari
	PRC-7KaA	3,310 X 3,390	1 Unit	1,005 X 1,905	7.39 m2	0.74 m3	8.9 m2	0.5 Buah	2.0 Hari
6	PRC-7Ki	3,310 X 2,990	14 Unit	1,005 X 1,905	84.95 m2	8.49 m3	101.9 m2	0.5 Buah	14.0 Hari
	PRC-7KiA	3,310 X 3,390	1 Unit	1,005 X 1,905	7.39 m2	0.74 m3	8.9 m2	0.5 Buah	2.0 Hari
7	PRC-9	1,635 X 2,990	28 Unit	1,235 X 1,905	71.01 m2	7.10 m3	85.2 m2	0.5 Buah	28.0 Hari
	PRC-9A	1,635 X 3,390	2 Unit	1,235 X 1,905	6.38 m2	0.64 m3	7.7 m2	0.5 Buah	4.0 Hari
8	PRC-15	1,480 X 2,990	20 Unit	1,005 X 1,905	50.21 m2	5.02 m3	60.3 m2	1 Buah	20.0 Hari
9	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: Proyek The Pinnacle, Semarang

4.2. Kapasitas Alat Berat

4.2.1. Mobile crane

a. Kecepatan *mobil crane* pada waktu pergi :
   1. kecepatan *hoisting* = 105 m/menit
   2. kecepatan *slewing* = 1,85 rpm = 666˚/ 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 rpm = 666˚/ menit
   3. kecepatan *landing* = 125 m / menit

4.2.2. Mini moveable tower crane

a. Kecepatan *mini moveable tower crane* pada waktu pergi :
   1. kecepatan *hoisting* = 30 m/menit
   2. kecepatan *slewing* = 0,3 rpm = 108˚/ 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 rpm = 180˚/ menit
   3. kecepatan *trolley* = 40 m/menit
   4. kecepatan *landing* = 60 m/menit

4.3. Perhitungan waktu pelaksanaan dengan *mobile crane* (MC)

4.3.1. Perhitungan waktu pergi angkat precast menggunakan MC

Untuk perhitungan lengkap waktu pergi angkat *precast* menggunakan MC seperti yang ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Perhitungan Waktu Pergi Angkat *Precast* Menggunakan MC

Nomor Bed	HOISTING			SLEWING			TROLLEY			LANDING			WAKTU TOTAL
	Kecepatan (m/menit)	Tinggi (m)	Waktu (menit)	Kecepatan (m/menit)	Sudut (derajad)	Waktu (menit)	Kecepatan (m/menit)	Panjang (m)	Waktu (menit)	Kecepatan (m/menit)	Tinggi (m)	Waktu (menit)	(menit)
a	b	c	d = c/b	e	f	g = f/e	h	i	j = i/h	k	l	m = l/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

Sumber: data diolah penulis,

4.3.2. Perhitungan waktu kembali angkat precast menggunakan MC

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

Tabel 3. Perhitungan Waktu Kembali dari Angkat *Precast* Menggunakan MC

Nomor Bed	HOISTING			SLEWING			TROLLEY			LANDING			WAKTU TOTAL
	Kecepatan (m/menit)	Tinggi (m)	Waktu (menit)	Kecepatan (m/menit)	Sudut (derajad)	Waktu (menit)	Kecepatan (m/menit)	Panjang (m)	Waktu (menit)	Kecepatan (m/menit)	Tinggi (m)	Waktu (menit)	(menit)
a	b	c	d = c/b	e	f	g = f/e	h	i	j = i/h	k	l	m = l/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

Sumber: data diolah penulis

4.3.3. Perhitungan Waktu Siklus MC

1. Waktu Pergi Angkat *Precast* = 7,35 menit
2. Waktu Kembali dari Angkat *Precast* = 6,33 menit

Total Waktu Siklus = 13,68 menit +

4.4. 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 3. dibawah ini

4.4.1. Perhitungan waktu pergi angkat precast menggunakan MMTC

Untuk perhitungan lengkap waktu pergi angkat *precast* menggunakan alat *mini moveable tower crane* seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.

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

Nomor Bed	HOISTING			SLEWING			TROLLEY			LANDING			WAKTU TOTAL
	Kecepatan (m/menit)	Tinggi (m)	Waktu (menit)	Kecepatan (m/menit)	Sudut (derajad)	Waktu (menit)	Kecepatan (m/menit)	Panjang (m)	Waktu (menit)	Kecepatan (m/menit)	Tinggi (m)	Waktu (menit)	(menit)
a	b	c	d = c/b	e	f	g = f/e	h	i	j = i/h	k	l	m = l/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

Sumber: data diolah penulis

4.4.2. Perhitungan waktu kembali angkat precast menggunakan MMTC

Untuk perhitungan lengkap waktu kembali dari angkat *precast* menggunakan alat MMTC seperti yang ditunjukkan pada tabel 5.

Tabel 5. Perhitungan Waktu Kembali dari Angkat *Precast* Menggunakan MMTC

Nomor Bed	HOISTING			SLEWING			TROLLEY			LANDING			WAKTU TOTAL
	Kecepatan (m/menit)	Tinggi (m)	Waktu (menit)	Kecepatan (m/menit)	Sudut (derajad)	Waktu (menit)	Kecepatan (m/menit)	Panjang (m)	Waktu (menit)	Kecepatan (m/menit)	Tinggi (m)	Waktu (menit)	(menit)
a	b	c	d = c/b	e	f	g = f/e	h	i	j = i/h	k	l	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

Sumber: data diolah penulis

4.4.3. Perhitungan waktu siklus MMTC

1. Waktu Pergi Angkat *Precast* = 31,38 menit
2. Waktu Kembali dari Angkat *Precast* = 17,63 menit

Total Waktu Siklus = 49,01 menit

4.5. Analisa Perbandingan Biaya

4.5.1. Perhitungan biaya pelaksanaan dengan *mobile crane* (MC)

a. Data peralatan
   1. Type *Mobile Crane* = Mobile Crane Tadano TR-450XL
b. Biaya sewa
   1. Harga sewa MC = Rp 3.000.000,- / hari
   2. Biaya Operator MC = Rp 200.000,- / hari
c. Biaya operasional peralatan

1. Harga bahan bakar solar industri = Rp 7.500,- / liter
   a. Satu jam menghabiskan 10 liter BBM = 10 lt x 7.500 = 75.000/jam
   b. Satu hari beroperasional selama 8 jam = 75.000 x 8 jam = 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 *mobile crane* dapat dilihat pada Tabel 6. di bawah ini :

Tabel 6. 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**
			TOTAL (A) + (B) + (C) =	**Rp 1,581,884,624.73**

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

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 m^2 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 Volum = Rp 132.147,57 x 3.966,44 m^2
   = Rp 524.155.396,58

4.5.2. Perhitungan biaya pelaksanaan dengan mini moveable tower crane (MMTC)

a. Data peralatan
   1. Type *Crane* = MMTC R6M-3T
   2. Power listrik = Genset 150 KVA

b. Harga pembuatan *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 beroperasional selama 8 jam = Rp 37.500,- x 8 jam
         = Rp 300.000,- / hari

   2. Maka biaya *Mini Moveable Tower Crane* per-hari adalah :
      a. Biaya Investasi = Rp – (dikalkulasi total diakhir)
      b. Biaya Operator = Rp 200.000,-
      c. Biaya Bahan Bakar = Rp 300.000,- +
         Jumlah = Rp 500.000,- / hari

Untuk perhitungan biaya total pelaksanaan pekerjaan dinding *precast* menggunakan alat berat *mini moveable tower crane (MMTC)* dapat dilihat pada Tabel 7 di bawah ini

Tabel 7. Perhitungan Biaya Total Pekerjaan Precast dengan Alat bantu MMTC

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 (MINI MOVEABLE TC)				
1 Biaya Operasional MMTC	90.00	Hari	Rp 500,000.00	Rp 45,000,000.00
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
- Upah Tenaga Pembuatan	3,703.53	Kg	Rp 1,022.67	Rp 3,787,500.00 +
			Jumlah :	**Rp 115,115,000.00**
			TOTAL (A) + (B) + (C) =	**Rp 1,344,999,624.73**

Sumber: data diolah penulis

Biaya total pekerjaan *precast* dinding jika menggunakan alat bantu angkat *mini moveable tower crane* (MMTC) adalah sebesar Rp 1.344.999.624,73. Dengan luas total dinding *precast* sebesar 3.966,44 m^2 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) $= \frac{1.344.999.624,73}{3.966,44}$

= 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 m^2
= Rp 761.040.396,58

4.6. Pembahasan

4.6.1. Analisa perbandingan waktu

Dari analisa perbandingan waktu yang sudah diulas pada sub-bab sebelumnya, waktu siklusnya bisa dikomparasi / dibandingkan antara penggunaan alat berat satu dengan alat berat lainnya (MC : MMTC) seperti yang ditunjukkan pada Tabel 8. dibawah

Tabel 8. Perbandingan Waktu Siklus Penggunaan Alat Berat

No	Waktu Siklus	MC (Menit)	
1	Waktu Pergi Angkat *Precast*	7.35	
2	Waktu Kembali dari Angkat *Precast*	6.33	
	Total Waktu Siklus Sehari =	**13.68**	
	Total Waktu Siklus 90 hari =	**1.231,50**	

Sumber: data diolah penulis

Pada tabel 4.8. ditunjukkan bahwa alat berat *mobile crane* sebagai alat bantu angkat produksi *precast* dinding membutuhkan waktu 13,68 menit dalam sekali bongkar keseluruhan precast pada bed produksi (16 bed), sedangkan alat *mini moveable tower crane* membutuhkan waktu 49,01 menit dalam sekali bongkar keseluruhan *precast.z*

4.6.2. Analisa perbandingan biaya

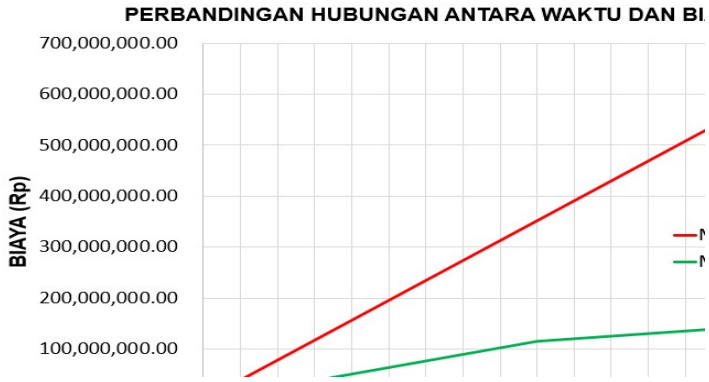
Dari analisa perbandingan biaya yang sudah diulas pada sub-bab sebelumnya, total biaya sampai dengan total keuntungannya bisa dikomparasi / dibandingkan atara penggunaan alat berat satu dengan alat berat satunya (MC : MMTC) seperti yang ditunjukkan pada Tabel 9.

Tabel 4.9. Perbandingan Total Biaya Penggunaan Alat Berat

No	URAIAN	MC
1	Volume Dinding Precast (m2)	3,966.44
2	Harga Satuan RAP	530,964.80
3	Harga Satuan *Real Cost* (RC)	398,817.23
4	Selisih Harga Satuan (RAP-RC)	132,147.57

Sumber : data penulis

Bisa dilihat pada tabel 4.9. diatas, alat berat *mini moveable tower crane* sebagai alat bantu angkat produksi *precast* dinding dengan total profit sebesar Rp 761.040.396,58. Dan *mobile crane* dengan total profit sebesar Rp 524.155.396,58. Dari analisa perbandingan waktu dan biaya, bisa dibuat grafik hubungan antara waktu dan biaya untuk pekerjaan *precast* dinding seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.4.



Sumber: data diolah penulis

Gambar. 1. Grafik Perbandingan Waktu dan Biaya

Grafik hubungan antara waktu dan biaya pada perbandingan penggunaan *mobile crane*, dan *mini moveable tower crane* seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.4. 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 bertambah sampai dengan akhir produksi. Berbeda dengan penggunaan *mini moveable tower crane*, setelah hari ke-90 (durasi produksi precast terlama) grafik cenderung landai karena biaya operasional dari alat ini cenderung murah (karena merupakan investasi).

DAFTAR PUSTAKA

Aswanto, *et al* . 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

Cahyono, Fajar. 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.

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.

Rostiyanti, S. 2002. *Alat Berat Untuk Proyek Konstruksi. Edisi Ke-2.* Penerbit Rineka Cipta: Jakarta.

Soeharto, Iman. 1997. *Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operasional***.** Erlangga: Jakarta.

Soemartomo, Braham. 2015. *Studi Tentang Pemilihan Jenis Crane untuk Proyek Bangunan Industri*. Tugas Akhir. Universitas Negeri Surabaya. Surabaya.

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. Nomer 1. Desember 2014. Universitas Muhammadiyah Jakarta.