

ANALISIS PRODUKTIVITAS PENGECORAN DITINJAU DARI ASPEK BIAYA DAN WAKTU MENGGUNAKAN *TOWER CRANE* DAN *CONCRETE PUMP*

Muhammad Ma'mun Harits Abdullah^{1*}, Raihan Setyo Nugroho², Alfia Magfirona²

¹ Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta

² Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. A. Yani, Pabelan, Kartasura, Sukoharjo, Jawa Tengah

*Email: s100230003@student.ums.ac.id, am389@ums.ac.id

Abstrak

Pengecoran pada proyek pembangunan Gelanggang Inovasi dan Kreativitas (GIK) UGM menggunakan dua jenis alat berat pengecoran, yaitu Tower Crane (TC) dan Concrete Pump (CP). Penggunaan kedua alat ini telah umum digunakan untuk pengecoran balok dan plat ramp, namun masih memerlukan kajian lebih lanjut dari aspek biaya dan waktu. Kajian ini bertujuan untuk menganalisis produktivitas dan membandingkan aspek biaya serta waktu pengecoran antara kedua alat berat tersebut. Data primer diperoleh dari hasil pengamatan langsung berupa jumlah alat, waktu siklus, dan total pekerja pengecoran balok dan pelat ramp. Data sekunder berupa harga campuran beton readymix $fc' 35$ MPa dari PT. Merak Jaya Beton. Metode analisis meliputi perhitungan produktivitas, biaya per m^3 pekerjaan dan waktu siklus riil lapangan. Hasil analisis menunjukkan produktivitas alat menggunakan Tower Crane menghasilkan $4,24 m^3/jam$, biaya pengecoran Rp1.239.850,00 dan membutuhkan waktu sebesar 14,15 menit/ m^3 . Concrete Pump menghasilkan $12,44 m^3/jam$, biaya pengecoran Rp1.155.214,69 dan membutuhkan waktu sebesar 3,62 menit/ m^3 . Berdasarkan komparasi biaya dan waktu terlihat bahwa Concrete Pump 7,32% lebih ekonomis dari sisi biaya dan 2,94 kali lebih efisien dari sisi waktu untuk pengecoran balok dan pelat ramp.

Kata kunci: biaya, concrete pump, produktivitas, tower crane, waktu

Abstract

The UGM Innovation and Creativity Center (GIK) construction project employed two heavy casting equipment types: Tower Crane (TC) and Concrete Pump (CP), typically utilized for casting beams and ramp plates. However, further examination regarding cost and time efficiency is necessary. This study aims to analyze productivity and compare costs and casting times between these two tools. Primary data, including equipment count, cycle time, and worker numbers, were collected through direct observation. Secondary data comprised the price of ready mix concrete mix $fc' 35$ MPa. Analysis involved productivity calculation, cost per m^3 of work, and real cycle time. Results revealed Tower Crane productivity at $4,24 m^3/hour$, costing Rp1.239.850,00, with a casting time of 14,15 minutes/ m^3 . Concrete Pump showed productivity of $12,44 m^3/hour$, costing Rp1.155.214,69 with a casting time of 3,62 minutes/ m^3 . Comparing cost and time, Concrete Pump was 7,32% more cost-effective and 2,94 times faster in casting beams and ramp plates.

Keywords: concrete pump, cost, productivity, time, tower crane

1. PENDAHULUAN

Dalam industri teknik sipil, alat-alat berat dimanfaatkan untuk mendukung pekerjaan manusia dalam proses pembangunan struktur bangunan. Keberadaan alat berat kini menjadi krusial dalam proyek-proyek konstruksi yang berskala besar (Rostiyanti, 2008). Alat berat adalah bagian integral dari proses konstruksi infrastruktur dan fasilitas. Penggunaan alat berat memberikan keunggulan dibandingkan dengan tenaga manusia karena dapat menyelesaikan proyek pembangunan dengan lebih cepat,

memastikan pencapaian target waktu secara optimal (Handayani, 2015).

Dalam proyek konstruksi atau pembangunan yang besar, peran alat berat menjadi sangat penting dan tidak bisa diabaikan (Listyawan dkk, 2021). Suatu proyek dianggap berhasil jika kontraktor dapat memperoleh keuntungan maksimal, sementara pemilik proyek menerima hasil yang memuaskan dan proyek selesai tepat waktu (Nunnally, 2000). Sebelum memulai suatu proyek, kontraktor perlu memilih dengan cermat alat berat yang nantinya akan digunakan. Pemilihan ini adalah faktor kunci

dalam kesuksesan proyek tersebut. Alat berat yang dipilih harus sesuai dengan jenis, ukuran, dan jumlah yang dibutuhkan. Kesesuaian ini sangat penting untuk kelancaran jalannya proyek. Kesalahan ketika penentuan alat berat kemungkinan besar dapat mengganggu progres proyek, menyebabkan keterlambatan, dan pada akhirnya meningkatkan biaya. Produktivitas yang rendah dan waktu yang diperlukan untuk mengganti alat yang tidak cocok dapat menyebabkan peningkatan biaya yang signifikan (Rostiyanti, 2008).

Studi yang dilakukan oleh Asyurhok (2014) menunjukkan bahwa produktivitas pengecoran menggunakan *concrete pump* pada ketinggian 4 m senilai 21,57 m³/jam, ketinggian 7,5 m senilai 15,40 m³/jam, dan pada ketinggian 7 m senilai 16,16 m³/jam. Pengecoran dengan *tower crane* pada elevasi 31,5 m sebesar 9,10 m³/jam, elevasi 35 m sebesar 7,83 m³/jam, dan elevasi 38,5 m sebesar 6,76 m³/jam. Penelitian oleh Fajar, M. N. (2019) mengemukakan bahwa metode yang diterapkan dalam pengecoran untuk Proyek Pembangunan Gedung Fakultas Hukum Universitas Islam Indonesia telah dianggap sesuai dengan penggunaan alat bantu pengecoran *concrete pump*. Keputusan ini didasarkan pada pertimbangan efisiensi biaya dan waktu, serta ketersediaan ruang yang mencukupi di area proyek untuk memudahkan akses alat bantu tersebut selama proses pengecoran.

Alat berat yang digunakan harus menyesuaikan dengan situasi di tempat pelaksanaan, contohnya dalam hal jangkauan atau akses jalan yang dapat ditempuh. *Tower Crane* dan *Concrete Pump* merupakan yang sering digunakan dalam pelaksanaannya. Setiap alat berat yang digunakan memiliki produktivitas yang bervariasi, yang mempengaruhi durasi dan biaya yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek tersebut. Maka dari itu, pemilihan peralatan yang sesuai dalam suatu proyek dapat mereduksi waktu dan upaya yang dibutuhkan, sehingga menaikkan produktivitas secara keseluruhan (Riyanto dkk, 2022). Untuk mendapatkan acuan dalam menyelesaikan hal tersebut perlu adanya kajian tentang analisis alat berat lebih lanjut agar kontraktor dapat memperkirakan pilihan yang optimal dalam pelaksanaannya.

Proyek pembangunan Gelanggang Inovasi dan Kreativitas (GIK) UGM yang dikerjakan oleh PT. Waskita – Amarta KSO dimulai sejak 21 Juni 2022 sampai 30 April 2024. Proyek ini berlokasi di Jl. Pancasila No. 1, Kecamatan Depok,

Kabupaten Sleman, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Proyek ini berupa pembangunan gedung 3 lantai yang berfungsi sebagai tempat kegiatan kemahasiswaan milik Universitas Gajah Mada dengan luas tanah seluas 49.500 m² dan memiliki luas bangunan total 76.933,90 m². Proyek tersebut memiliki medan yang agak sulit dilalui sehingga diperlukan alat berat *tower crane* dan *concrete pump* untuk membantu proses pekerjaan pengecoran. Kajian ini dilakukan bertujuan untuk menganalisis produktivitas dan membandingkan aspek biaya serta waktu pengecoran tersebut dengan kedua alat berat tersebut.

2. METODOLOGI

Pada metodologi penelitian ini, akan dibagi menjadi pengumpulan data dan metode analisis untuk mendapatkan hasil dari proses yang sistematis dan terstruktur.

2.1. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dimulai dengan menentukan lokasi berdasarkan peralatan pengecoran, ketinggian bangunan, dan mutu bahan konstruksi (beton). Dalam proyek tersebut, data yang dikumpulkan terdiri dari dua jenis, yaitu data primer dan data sekunder.

Data primer merupakan data yang diperoleh langsung di lapangan. Data yang dipilih pada kegiatan analisis ini adalah Proyek Pembangunan Gelanggang Inovasi dan Kreativitas (GIK) Universitas Gajah Mada, Yogyakarta. Proyek ini menggunakan kedua alat pengecoran yaitu *tower crane* dan *concrete pump*. Alat berat tersebut digunakan untuk pekerjaan pengecoran beton pada balok dan plat ramp zona F. Data primer dalam kasus ini mencakup jumlah tenaga kerja, jenis peralatan pengecoran yang digunakan, waktu kerja peralatan pengecoran, dan produktivitas peralatan pengecoran.

Data sekunder ini diperoleh melalui media perantara atau secara tidak langsung, seperti buku, catatan, bukti yang ada, atau arsip, baik yang dipublikasikan maupun tidak. Data sekunder dalam analisis ini mencakup upah tenaga kerja, biaya sewa, serta jenis peralatan yang digunakan (*tower crane* dan *concrete pump*). Data tersebut bersumber dari kontraktor pelaksana serta *batching plant* beton.

2.2. Metode Analisis

Metode analisis dilakukan mulai dari perhitungan produktivitas, harga satuan pekerjaan, dan waktu pengerjaan. Perhitungan

produktivitas alat ditentukan dengan cara mengamati waktu siklus alat berat saat melakukan pengecoran. Harga satuan pekerjaan diperoleh dari penentuan harga sewa alat, harga beton, dan upah tenaga kerja. Biaya sewa berasal dari RAB kontraktor, namun hanya berdasarkan biaya sewa yang dikeluarkan saat pelaksanaan pengecoran saja. Biaya material diambil dari RAB kontraktor dan *batching plant*. Upah tenaga kerja dihitung dari koefisien dan upah tenaga kerja yang telah dilakukan. Perolehan waktu pengecoran didapatkan dengan data produktivitas alat berat.

2.2.1 Produktivitas alat

Produktivitas adalah rasio antara hasil yang diperoleh (output) dan semua sumber daya yang digunakan (input) (Jawat dkk., 2018). Produktivitas alat bergantung pada kapasitas dan waktu siklus alat. Rumus dasar untuk menghitung produktivitas alat adalah (Rostiyanti, 2008) :

$$\text{Produktivitas} = \frac{\text{Kapasitas}}{CT} \quad (1)$$

atau

$$\text{Produktivitas} = \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{CT} \quad (2)$$

Efisiensi dalam produktivitas sangat bergantung pada kapasitas dan waktu siklus dari peralatan yang digunakan. Dalam merencanakan jadwal pekerjaan, hal penting yang harus dipertimbangkan adalah sejauh mana volume pekerjaan yang dapat diselesaikan oleh setiap alat dengan produktivitas yang optimal. Biasanya, waktu siklus dinyatakan dalam satuan menit, sementara produktivitas alat diukur dalam satuan produksi per jam (Randan dkk., 2021). Ketika faktor efisiensi alat diperhitungkan, rumusnya menjadi seperti berikut:

$$\text{Produktivitas} = \text{kapasitas} \times \frac{60}{CT} \times \text{efisiensi} \quad (3)$$

dengan :

Produktivitas alat diukur dalam m³/jam, dengan waktu alat ditetapkan dalam satuan menit (60 menit)

Kapasitas = kapasitas *bucket* untuk menampung beton dalam m³

CT = *cycle time* atau waktu siklus (menit)

Efisiensi = waktu efektif alat bekerja dalam satu jam (menit/jam)

Pelaksanaan yang dilakukan di lapangan, untuk menetapkan tingkat efisiensi alat seringkali rumit, namun dengan memperhitungkan pengalaman-pengalaman sebelumnya, kita dapat mengestimasi efisiensi yang lebih dekat dengan realitas seperti pada Tabel 1 (Rochmanhadi, 1985)

Tabel 1
Efisiensi kerja

Kondisi Operasi Alat	Pemeliharaan Mesin				
	Baik Sekali	Baik	Sedang	Buruk	Buruk Sekali
Baik Sekali	0,83	0,81	0,76	0,70	0,63
Baik	0,78	0,75	0,71	0,65	0,60
Sedang	0,72	0,69	0,65	0,6	0,54
Buruk	0,63	0,61	0,57	0,52	0,45
Buruk Sekali	0,52	0,50	0,47	0,42	0,32

2.2.2 Waktu siklus

Siklus kerja pemindahan material melibatkan serangkaian tindakan berulang, yang meliputi memuat, memindahkan, membongkar muatan, dan kembali ke tahap awal. Durasi yang dibutuhkan untuk menyelesaikan serangkaian tindakan tersebut disebut waktu siklus atau cycle time (CT) (Rostiyanti, 2008).

$$CT = LT + HT + DT + RT + ST \quad (4)$$

dengan :

LT = waktu muat atau *loading time*

HT = waktu angkut atau *handling time*

DT = waktu pembongkaran atau *dumping time*

RT = waktu kembali atau *return time*

ST = waktu tunggu atau *spotting time*

Pengamatan langsung di lapangan untuk mencatat durasi waktu (waktu siklus) dari masing-masing peralatan, yaitu *tower crane* dan *concrete pump*, menggunakan tabel pengamatan.

2.2.3 Biaya peralatan

Biaya peralatan mencakup biaya sewa peralatan, biaya mobilisasi dan demobilisasi, biaya pemasangan dan pembongkaran. Selain itu, ada juga biaya tambahan untuk menjalankan peralatan, seperti pembelian bahan bakar, pelumas, biaya operator, pembelian suku cadang, dan biaya mobilisasi dan demobilisasi (Putra, 2017).

2.2.4 **Biaya material**

Untuk menghitung perkiraan biaya material, dibuatlah daftar bahan yang mencantumkan jumlah, ukuran, berat, dan spesifikasi lain yang diperlukan. Harga bahan yang digunakan adalah harga bahan di lokasi proyek, yang sudah termasuk biaya transportasi, pengangkatan, dan penurunan (Frederika, dkk., 2017)

2.2.5 **Upah tenaga kerja**

Produktivitas tenaga kerja merujuk pada kemampuan mereka untuk menyelesaikan unit produksi dalam interval waktu tertentu. Dalam proyek konstruksi, dengan mengetahui berbagai variabel seperti volume pekerjaan, durasi, dan produktivitas, kita dapat menentukan jumlah tenaga kerja yang diperlukan untuk melaksanakan jenis pekerjaan tertentu. Hal ini memungkinkan perhitungan biaya yang diperlukan untuk upah tenaga kerja (Sudipta, 2018).

2.2.6 **Konsep waktu**

Durasi suatu pekerjaan mengacu pada waktu yang diperlukan oleh tenaga kerja untuk menyelesaikan tugas tertentu. Mengukur waktu kerja menjadi aspek penting sebagai evaluasi dan kontrol waktu, serta untuk penjadwalan proyek secara keseluruhan (Nugroho, 2021). Lamanya waktu pengecoran dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Waktu pengecoran} = \frac{60}{\text{Produktivitas alat dan tenaga kerja}}$$

Menurut Wignjosoebroto (2003) teknik pengukuran waktu kerja dapat dikelompokkan menjadi dua macam, antara lain.

1. Pengukuran waktu kerja secara langsung (*direct time*)
2. Pengukuran waktu kerja secara tidak langsung (*indirect time*)

3. **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pembahasan yang dilakukan pada penelitian ini meliputi produktivitas, harga satuan pekerjaan, waktu pengecoran, dan pengecoran balok dan plat ramp zona F.

3.1. **Produktivitas**

Hasil perhitungan produktivitas yang diperoleh terbagi berdasarkan tinjauan alat berat yang digunakan yaitu *tower crane* dan *concrete pump*.

3.1.1 **Produktivitas tower crane**

Berdasarkan pengamatan langsung di lapangan serta kondisi operasi dan pemeliharaan peralatan yang ditunjukkan pada Gambar 1. Pengecoran dengan *Tower Crane* diasumsikan secara baik karena ketika dilakukan pengecoran semua alat berjalan dengan lancar, maka dari itu diambil nilai efisiensi sebesar 0,75. Pengamatan waktu siklus untuk *truck mixer* pertama berkapasitas 6 m³ disajikan pada Tabel 2.



Gambar 1. Pengecoran dengan *Tower Crane*

Tabel 2
Waktu siklus dengan *tower crane*

Bucket	Waktu Siklus (detik)					Waktu	
	LT	HT	DT	RS	ST	detik	menit
1	27	40	410	25	9	511	8,5
2	22	39	410	25	7	503	8,4
3	23	39	375	24	12	473	7,9
4	25	42	365	27	8	467	7,8
5	27	45	360	28	7	467	7,8
6	24	41	540	25	10	640	10,7
7	23	42	370	38	9	482	8,0
\bar{x}	24,7	41,0	410,0	25,7	8,8	510,2	8,5

Untuk setiap setoran beton *ready mix* sebesar 6 m³ dalam pengecoran, digunakan sebanyak 7 mobilisasi *bucket*. Hal ini didasarkan pada asumsi bahwa setiap *bucket* memiliki kapasitas 80% dari total 1 m³. Proses pergantian *truck mixer* memerlukan waktu sesuai dengan tabel yang disediakan, namun waktu siklus dihitung ketika *truck mixer* sudah tersedia di lokasi pengecoran ditambah dengan waktu menunggu *truck* berikutnya.

$$\begin{aligned} &\text{Perhitungan waktu tiap pengecoran } 6 \text{ m}^3 \\ &= 7 \times 8,5 \text{ menit} \\ &= 59,52 \text{ menit} \end{aligned}$$

Perhitungan produktivitas alat dan tenaga kerja

$$= \text{kapasitas} \times \frac{60}{CT} \times \text{efisiensi}$$

$$= 0,8 \times \frac{60}{8,5} \times 0,75$$

$$= 4,24 \text{ m}^3/\text{jam}$$

3.1.2 Produktivitas concrete pump

Berdasarkan pengamatan langsung di lapangan serta kondisi operasi dan pemeliharaan peralatan yang ditunjukkan pada Gambar 2. Pengecoran dengan *Concrete Pump* diasumsikan secara baik karena ketika dilakukan pengecoran semua alat berjalan dengan lancar, maka dari itu diambil nilai efisiensi sebesar 0,75. Adapun pengamatan waktu siklus untuk *truck mixer* dengan volume 6 m³ disajikan pada Tabel 3.



Gambar 2. Pengecoran dengan *Concrete Pump*

Tabel 3
Waktu siklus dengan *concrete pump*

Mo- len	Waktu Siklus (menit)					Total Waktu (menit) f = a+b+ c+d+e
	LT	HT	DT	RT	ST	
	a	b	c	d	e	
1	6	0	10,7	0	9	25,7
2	0	0	9,2	0	2,5	17,7
\bar{x}	6	0	9,95	0	5,75	21,7

Perhitungan produktivitas alat dan tenaga kerja

$$= \text{kapasitas} \times \frac{60}{CT} \times \text{efisiensi}$$

$$= 6 \times \frac{60}{21,7} \times 0,75$$

$$= 12,44 \text{ m}^3/\text{jam}$$

3.2. Harga Satuan Pekerjaan (HSP)

Hasil perhitungan harga satuan pekerjaan yang diperoleh terbagi berdasarkan tinjauan alat berat yang digunakan yaitu *tower crane* dan *concrete pump*.

3.2.1 HSP pengecoran dengan *tower crane*

Koefisien tenaga kerja dihitung berdasarkan jumlah pekerja dibagi dengan produktivitas yang dihasilkan. Perhitungan koefisien tenaga kerja pengecoran balok dan plat ramp zona F dapat disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4
Koefisien tenaga kerja dengan *tower crane*

Man- dor	Peker- ja	Produkti- fitas (m ³ /jam)	Koefisien	
			Man- dor	Peker- ja
a	b	c	d=a/c	e=b/c
1	6	4,24	0,236	1,415

Perhitungan upah tenaga kerja untuk pekerjaan pengecoran Balok dan plat ramp di Zona F didasarkan pada perkalian antara koefisien pekerja cor dengan tarif upah pekerja dijabarkan pada Tabel 5.

Tabel 5
Upah tenaga kerja dengan *tower crane*

Jumlah		Koefisien		Total Upah (Rp)
Man- dor	Peker- ja	Man-dor	Peker- ja	
a	b	c	d	e=(a.c) + (b.d)
0,236	1,415	125.000	90.000	127.350

Biaya yang dikeluarkan setiap bulannya untuk sewa *tower crane* sebesar Rp90.000.000,00. Perhitungan sewa untuk pengecoran dimulai dengan menentukan biaya sewa per jamnya yaitu biaya sewa per bulan dibagi dengan 240 jam (1 hari kerja = 8 jam), sehingga didapat biaya sewa per jamnya adalah Rp375.000,00. Adapun perhitungan biaya sewa *tower crane* per m³ untuk lantai 1 adalah:

$$\text{Perhitungan biaya sewa } \textit{tower crane} \text{ per m}^3$$

$$= \frac{CT}{60} \times \frac{\text{sewa peralatan/m}^3}{6}$$

$$= \frac{59,52}{60} \times \frac{375.000}{6}$$

$$= \text{Rp}62.500,00$$

Harga beton f'cr 35 MPa diambil berdasarkan harga beton *readymix* dari PT. Merak Jaya Beton sebesar Rp1.050.000,00

Tabel 6
Harga satuan pekerjaan beton dengan tower crane

Harga Satuan			
Harga Upah	Tukang + mandor	Rp	127.350,00
Harga Sewa Alat	Tower Crane	Rp	62.500,00
Harga Material	Beton f'c 35 Mpa	Rp	1.050.000,00
Total		Rp	1.239.850,00

3.2.2 HSP pengecoran dengan concrete pump

Koefisien tenaga kerja dihitung dengan membagi jumlah pekerja oleh produktivitas yang dihasilkan. Perhitungan koefisien tenaga kerja untuk pengecoran balok dan pelat ramp di Zona F disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Koefisien Tenaga Kerja dengan Concrete Pump

Man-dor	Peker-ja	Produkti-fitas (m ³ /jam)	Koefisien	
			Man-dor	Peker-ja
a	b	c	d=a/c	e=b/c
1	9	12,44	0,080	0,723

Upah tenaga kerja dapat dihitung dengan mengalikan koefisien pekerja cor dengan tarif upah per jam pekerja tersebut. Perhitungan upah tenaga kerja pengecoran Balok dan plat ramp zona F dijabarkan pada Tabel 8.

Tabel 8
Upah tenaga kerja dengan concrete pump

Jumlah		Koefisien		Total
Man-dor	Peker-ja	Man-dor	Peker-ja	Upah (Rp)
a	b	c	d	e=(a.c) + (b.d)
0,080	0,723	125.000	90.000	75.070

Biaya sewa alat berat *concrete pump* untuk sekali pengecoran (selama 8 jam kerja) sebesar Rp3.000.000,00, maka untuk sewa 1 jam yaitu Rp375.000,00.

$$\begin{aligned} &\text{Perhitungan biaya sewa concrete pump per m}^3 \\ &= \frac{\text{biaya per jam}}{\text{volume pengerjaan per jam}} \\ &= \frac{375.000}{12,44} \\ &= \text{Rp}30.144,69 \end{aligned}$$

Harga beton f'cr 35 MPa diambil berdasarkan harga beton *readymix* dari PT. Merak Jaya Beton sebesar Rp1.050.000,00

Tabel 9
Harga satuan pekerjaan beton dengan concrete pump

Harga Satuan			
Harga Upah	Tukang + mandor	Rp	75.070,00
Harga Sewa Alat	Concrete Pump	Rp	30.144,69
Harga Material	Beton f'c 35 Mpa	Rp	1.050.000,00
Total		Rp	1.155.214,69

3.3. Waktu Pengecoran

Hasil perhitungan waktu pengecoran yang diperoleh terbagi berdasarkan tinjauan alat berat yang digunakan yaitu *tower crane* dan *concrete pump*.

3.3.1 Waktu pengecoran dengan tower crane

$$\begin{aligned} &\text{Perhitungan waktu pengecoran} \\ &= \frac{60}{\text{Produktivitas alat dan tenaga kerja}} \\ &= \frac{60}{4,24} \\ &= 14,15 \text{ menit/m}^3 \end{aligned}$$

3.3.2 Waktu pengecoran dengan concrete pump

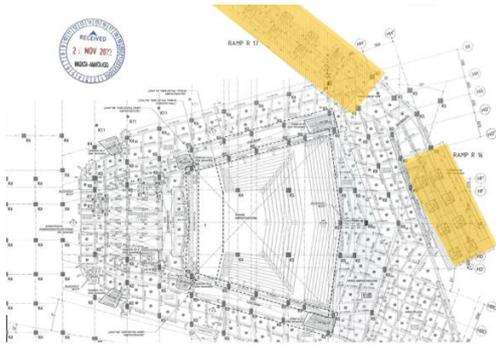
$$\begin{aligned} &\text{Perhitungan waktu pengecoran} \\ &= \frac{60}{\text{Produktivitas alat dan tenaga kerja}} \\ &= \frac{60}{12,44} \\ &= 4,82 \text{ menit/m}^3 \end{aligned}$$

3.4. Pengecoran Balok dan Pelat Ramp Zona F

Hasil perhitungan pengecoran balok dan plat ramp zona F yang diperoleh terbagi berdasarkan tinjauan alat berat yang digunakan yaitu *tower crane* dan *concrete pump*.

3.4.1 Pengecoran dengan tower crane

Berdasarkan Gambar 3, volume pengecoran balok dan plat ramp zona F menggunakan *tower crane* yaitu sebesar 36,87 m³.



Gambar 3. Shop drawing pekerjaan pengecoran dengan tower crane

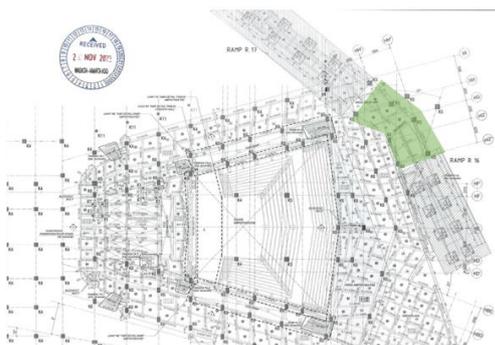
Perhitungan total biaya dan waktu pengecoran

$$\begin{aligned} \text{Total biaya} &= \text{total volume} \times \text{biaya} \\ &= 36,87 \text{ m}^3 \times \text{Rp}1.239.850,00 \\ &= \text{Rp}45.713.269,50 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total waktu} &= \text{total volume} \times \text{waktu} \\ &= 36,87 \text{ m}^3 \times 14,15 \text{ menit/m}^3 \\ &= 521,71 \text{ menit} \\ &= 8 \text{ jam } 22 \text{ menit} \end{aligned}$$

3.4.2 Pengecoran dengan concrete pump

Berdasarkan Gambar 4, volume pengecoran balok dan plat ramp zona F menggunakan concrete pump yaitu sebesar 13,58 m³.



Gambar 4. Shop drawing pekerjaan pengecoran dengan concrete pump

Perhitungan total biaya dan waktu pengecoran

$$\begin{aligned} \text{Total biaya} &= \text{total volume} \times \text{biaya} \\ &= 13,58 \text{ m}^3 \times \text{Rp}1.155.214,69 \\ &= \text{Rp}15.687.815,49 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total waktu} &= \text{total volume} \times \text{waktu} \\ &= 13,58 \text{ m}^3 \times 4,82 \text{ menit/m}^3 \\ &= 65,46 \text{ menit} \\ &= 1 \text{ jam } 5 \text{ menit} \end{aligned}$$

4. KESIMPULAN

Hasil dan analisis dari studi yang telah dilakukan menyimpulkan beberapa poin penting sebagai berikut:

1. Produktivitas pengecoran dengan tower crane yaitu 4,24 m³/jam sedangkan concrete pump sebesar 12,44 m³/jam. Berdasarkan perbedaan nilai produktivitas kedua alat berat tersebut disimpulkan bahwa produktivitas pengecoran menggunakan concrete pump jauh lebih optimal.
2. Harga satuan beton tiap 1 m³ dengan menggunakan tower crane sebesar Rp1.239.850,00 dan Rp1.155.214,69 untuk pengecoran dengan concrete pump yang mencakup biaya sewa alat berat, beton ready mix, dan upah tenaga kerja. Perbandingan harga satuan kedua alat berat tersebut menunjukkan bahwa biaya pengecoran menggunakan concrete pump 7,32% lebih murah daripada menggunakan tower crane.
3. Waktu pengecoran dalam 1 m³ menggunakan tower crane memakan waktu 14,15 menit sedangkan pengecoran dengan concrete pump sebesar 4,82 menit. Deviasi yang ditimbulkan antara kedua alat tersebut sebesar 9,33 menit yang mengartikan bahwa pengecoran menggunakan concrete pump 2,94 lebih cepat daripada menggunakan tower crane.
4. Berdasarkan komparasi biaya dan waktu terlihat bahwa Concrete Pump lebih efisien dari sisi waktu dan lebih ekonomis dari sisi biaya untuk pengecoran balok dan plat ramp.

DAFTAR PUSTAKA

- Asyurhok, D. S., Ashari, I., Suparjo, S., 2017, Produktivitas Pengecoran Beton Ready-Mixed dengan Concrete Pump dan Tower Crane, *Spektrum Sipil*, No. 1, Vol. 1, 13-20.
- Fajar, M. N., 2019, Analisis Perbandingan Biaya dan Waktu Pengecoran Menggunakan Concrete Pump dan Tower Crane, *Skripsi*, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Frederika, A., Widhiawati, I., 2017, Analisis Produktivitas Metode Pelaksanaan Pengecoran Beton Ready Mix pada Balok dan Pelat Lantai Gedung, *Jurnal Spektran*, No. 1, Vol. 5, 56-63.

- Handayani, E., 2015, Efisiensi Penggunaan Alat Berat pada Pekerjaan Pembangunan TPA (Tempat Pemrosesan Akhir) Desa Amd Kec. Muara Bulian Kab. Batanghari, *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*, No. 3, Vol. 15, 90-95.
- Jawat, W., Rahadiani, A., Armaeni, A., 2018, Produktivitas *Truck Concrete Pump* dan *Truck Mixer* pada Pekerjaan Pengecoran Beton *Ready Mix*, *Paduraksa*, No. 2, Vol. 7, 164-183.
- Listyawan, A. B., Sahid, M. N., Mulyono, G. S., Fadhlullah, H. K., 2021, Perbandingan Waktu dan Biaya Pekerjaan Pemindahan Tanah pada Pembangunan RSUD Pondok Aren Tangerang Selatan, *Dinamika Teknik Sipil*, No. 1, Vol. 14, 8-12.
- Nugroho, A. S., 2021, Perbandingan Produktivitas dan Biaya pada Pekerjaan Pengecoran antara Alat *Concrete Pump* dan *Concrete Bucket*, *Skripsi*, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Nunnally, S. W., 2000, *Managing Construction Equipment*, Ed. 2, Prentice Hall, Glendale.
- Putra, I. P., 2017, Perbandingan Biaya dan Waktu Pemakaian *Tower Crane* dan *Mobile Crane* pada Proyek Pembangunan RSUD Syarifah Ambami Rato Ebu Bangkalan, *Skripsi*, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Randan, F., Mara, J., Tangdialla, L. T., 2021, Produktivitas Alat Berat Pengecoran Kolom pada Pembangunan Apartemen 31 Sudirman Suites Makassar, *Paulus Civil Engineering Journal*, Vol. 3, 10-20.
- Riyanto, A. dan Magfirona, A., 2022, *Pemindahan Tanah Mekanis & Alat berat Proyek Tenik Sipil*, Muhammadiyah University Press, Surakarta.
- Rochmanhadi, 1988, *Perhitungan Biaya Pelaksanaan Pekerjaan dengan Menggunakan Alat-Alat Berat*, Departemen P.U. dan Tenaga Listrik, Jakarta.
- Rostiyanti, S. F., 2008, *Alat Berat untuk Proyek Konstruksi*, Ed. 2, Rineka Cipta, Jakarta.
- Sudipta, G. K., 2018, Perbandingan Pengecoran Menggunakan *Tower Crane* dan *Concrete Pump*, *laporan penelitian*, Pembangunan Sekolah Internasional “*Australian Independent School*”, Universitas Udayana, Bali.
- Wignjosobroto, S., 2003, *Ergonomi, Studi Gerak dan Waktu: Teknik Analisis untuk Peningkatan Produktivitas Kerja*, Ed. 1, Guna Widya, Surabaya.