

Evaluasi Kinerja Operasional *Tower Crane* Berdasarkan Pendekatan *Utilization Rate* pada Proyek Gedung Riset dan Inovasi FILKOM UB Tahap I

Fathurahman¹, Lila Ayu Ratna Winanda², dan Deviany Kartika³

¹Jurusan Teknik Sipil S-1, ITN Malang, Jl. Sigura-gura no.2, Malang

E-mail: faturrhmn44@gmail.com

²Prodi Teknik Sipil, ITN Malang, Jl. Sigura-gura no.2, Malang

E-mail: lilawinanda@lecturer.itn.ac.id

³Prodi Teknik Sipil, ITN Malang, Jl. Sigura-gura no.2, Malang

E-mail: anstruk1.devi@gmail.com

ABSTRACT

The use of tower cranes in high-rise building construction projects plays a crucial role in improving time efficiency and structural work productivity. This study aims to analyze the effectiveness of tower crane utilization in the Phase I Construction of the Research and Innovation Building at the Faculty of Computer Science, Universitas Brawijaya, using the utilization rate method. Observations were conducted over seven working days on column and floor slab structural works by comparing tower crane performance during effective working hours (08:00–16:00) and overtime hours (16:00–21:00). The research method employed direct field observation with data collection including cycle time, productivity, and equipment operating time. The results show that the average productivity of the tower crane during effective working hours was 6,900.30 kg/hour, while during overtime hours it was 4,635.47 kg/hour, indicating higher productivity during effective working hours. The effectiveness calculation using the utilization rate method resulted in a value of 75.45%, which falls into the moderately effective category.

Keywords : Construction Project, Effectiveness, Productivity, Tower Crane, Utilization Rate.

ABSTRAK

Penggunaan tower crane pada proyek konstruksi gedung bertingkat memiliki peranan penting dalam menunjang efisiensi waktu dan produktivitas pekerjaan struktur. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas penggunaan tower crane pada Proyek Pembangunan Gedung Riset dan Inovasi Tahap I Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya dengan menggunakan metode *utilization rate*. Pengamatan dilakukan selama tujuh hari kerja pada pekerjaan struktur kolom dan pelat lantai, dengan membandingkan kinerja tower crane pada jam kerja efektif (08.00–16.00 WIB) dan jam kerja lembur (16.00–21.00 WIB). Metode penelitian yang digunakan adalah observasi langsung di lapangan dengan pengumpulan data berupa waktu siklus, produktivitas, serta waktu penggunaan alat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata produktivitas tower crane pada jam kerja efektif sebesar 6.900,30 kg/jam, sedangkan pada jam kerja lembur sebesar 4.635,47 kg/jam, sehingga jam kerja efektif memiliki tingkat produktivitas yang lebih tinggi. Perhitungan efektivitas menggunakan metode *utilization rate* menghasilkan nilai sebesar 75,45%, yang berada pada kategori cukup efektif.

Kata kunci : Efektivitas, Produktivitas, Proyek Konstruksi, Tower Crane, Utilization Rate.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan pembangunan gedung bertingkat menuntut penggunaan alat berat yang mampu menunjang efisiensi waktu dan produktivitas pekerjaan konstruksi. Salah satu alat yang memiliki peran penting dalam pekerjaan struktur adalah tower crane, yang berfungsi untuk mengangkat dan memindahkan material secara vertikal maupun horizontal. Tingginya biaya sewa dan operasional tower crane menuntut pengelolaan yang tepat agar

penggunaannya normal dan tidak menimbulkan pemborosan waktu maupun biaya proyek (Putra A. E., 2020).

Efektivitas penggunaan tower crane dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti waktu kerja, kondisi lapangan, cuaca, serta manajemen operasional. Oleh karena itu, diperlukan analisis yang mampu mengukur tingkat pemanfaatan alat secara objektif. Metode *utilization rate* digunakan untuk menilai efektivitas tower crane berdasarkan perbandingan

antara waktu operasi aktual dengan waktu kerja yang tersedia. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat efektivitas penggunaan tower crane pada proyek konstruksi gedung bertingkat serta membandingkan kinerjanya pada jam kerja normal dan jam kerja lembur (Rostiyanti dkk., 2008).

2. DASAR TEORI

Tower crane merupakan alat angkat yang umum digunakan pada proyek gedung bertingkat untuk memindahkan material berat secara efisien. Kinerja tower crane dapat dinilai melalui parameter waktu siklus dan produktivitas. Waktu siklus mencakup rangkaian aktivitas pengangkatan material mulai dari

pemuatan, pengangkutan, pembongkaran, hingga kembali ke posisi awal (Putra A. E., 2020).

Produktivitas tower crane didefinisikan sebagai jumlah beban yang dapat dipindahkan dalam satuan waktu tertentu. Sementara itu, efektivitas penggunaan alat dapat diukur menggunakan metode utilization rate, yaitu perbandingan antara waktu kerja normal dengan total waktu kerja yang tersedia. Nilai utilization rate digunakan untuk mengklasifikasikan tingkat efektivitas penggunaan tower crane menjadi rendah, cukup, atau tinggi. Metode ini banyak digunakan dalam penelitian konstruksi karena mampu memberikan gambaran nyata tentang tingkat pemanfaatan alat di lapangan (Mandala dkk., 2023).

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode observasi langsung pada proyek pembangunan gedung bertingkat. Data dikumpulkan melalui pengamatan aktivitas *tower crane* selama periode pengamatan tertentu, yang meliputi jam kerja normal dan jam kerja lembur. Data yang dikumpulkan berupa waktu siklus, waktu operasi alat, serta volume beban yang diangkat.

Analisis data dilakukan dengan menghitung waktu siklus dan produktivitas *tower crane*, kemudian menentukan tingkat efektivitas penggunaan alat menggunakan metode *utilization rate*. Pengolahan data dilakukan secara kuantitatif untuk memperoleh nilai produktivitas dan persentase efektivitas *tower crane*.

Dalam studi ini, subjek yang dimaksud adalah pelaksanaan pekerjaan struktur lantai 7 yang menggunakan alat berat *tower crane*.

Berikut ini data-data teknis *tower crane* yang digunakan dalam proyek pembangunan Gedung Riset dan Inovasi Tahap I Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya Malang:

- Nama alat : *Tower crane*
- Merk / Type : *Potain 744 CS*
- No. seri / No. unit : 68385 / TC. 01
- Pabrik pembuat : *MachineryWorks Prancis*
- Tahun pembuatan : 1991
- Kapasitas : 5.000 kg (5 Ton)
- Radius : 45 meter
- Kecepatan angkat : 56 – 60 meter/menit
- Tinggi angkat : 40 meter



Gambar 1. Pemasangan *Tower Crane* di Lapangan.

Penerapan Metode *Utilization Rate*

Metode ini adalah metode analisis yang digunakan untuk menilai tingkat efektivitas penggunaan *tower crane* dengan membandingkan waktu kerja normal alat terhadap total waktu kerja yang tersedia selama periode pengamatan (Putra A. E., 2020).

Menghitung Waktu Siklus

Perhitungan waktu siklus dilakukan dengan mengamati rangkaian proses pengangkatan beton *ready mix*, mulai dari pengisian ke dalam *concrete bucket* hingga tahap pembongkaran muatan. Penentuan waktu siklus dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$CT = DT + LT + HT + RT$$

Diketahui:

Menghitung Produktivitas *Tower Crane*

Analisis produktivitas *tower crane* dilakukan pada dua periode waktu, yaitu saat jam kerja normal dan jam kerja lembur. Penentuan nilai produktivitas *tower crane* selanjutnya dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

Metode *utilization rate* didefinisikan sebagai persentase pemanfaatan alat berat, yang dihitung dari selisih antara total waktu penggunaan *tower crane* dengan waktu berhenti (*downtime*), kemudian dibandingkan dengan total waktu kerja yang tersedia.

- CT = waktu siklus (*cycle time*) (191645,50 detik)
- DT = waktu bongkar (*dumpling time*) (4761,00 detik)
- LT = waktu loading (*loading time*) (2912,00 detik)
- HT = waktu angkut (*hauling time*) (153562,50 detik)
- RT = waktu kembali (*returning time*) (17798,00 detik)

Produktivitas = Output/Input
Jam kerja normal = **6900 kg/jam**
Jam kerja lembur = ±4635 kg/jam

Diketahui:

Output : Volume beban yang diangkat (kg).
Input : Waktu siklus (jam).

Menghitung Persentase Efektivitas *Tower Crane*

Analisis efektivitas penggunaan *tower crane* dilakukan dengan pendekatan *Utilization Rate* untuk mengetahui persentase pemanfaatan alat selama proyek berlangsung. Perhitungan nilai tersebut menggunakan formula sebagai berikut:

$$Utilization Rate = (Waktu kerja normal / Total Waktu) \times 100\%$$

Diketahui:

- Waktu kerja normal = total waktu penggunaan crane – waktu berhenti (*downtime*) (jam).
- Total waktu = total waktu penggunaan crane (jam).

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil analisis dalam perhitungan waktu siklus, pekerjaan pengecoran menggunakan alat *concrete bucket* memiliki kapasitas sebesar 1m³ beton *ready mix* yang diasumsikan satu siklus pekerjaan memiliki berat yang sama dengan kapasitas terisi 100%. Jam normal penggunaan *tower crane* dimulai pukul 08.00-16.00 WIB dengan waktu istirahat 1 jam pada pukul

12.00–13.00 WIB. Sedangkan waktu lembur pada penggunaan *tower crane* dimulai pukul 16.00 WIB sampai dengan selesai pekerjaan. Namun, pada penelitian ini pengamatan jam lembur hanya sampai dengan pukul 21.00 WIB.

Dan berikut adalah hasil rekapitulasi dari perhitungan analisis waktu siklus *tower crane* pada jam kerja normal dan jam kerja lembur.

Tabel 1. Perhitungan waktu siklus perhari *Tower Crane* Pada Jam Kerja normal.

No.	Tanggal	Uraian	Waktu Muat		Total Waktu Angkat (detik)	Total Waktu Putar (detik)	Total Waktu Bongkar Muat (detik)	Total Waktu Kembali (detik)	Total (detik)	Jumlah Beban (kg)
			Truck Mixer ke pompa pengecoran (detik)	Pompa ke Concrete Bucket (detik)						
			1.	08/11/24						

2.	Pengecoran kolom	49,00	79,00	32,00	1687,50	44,00	195,00	2112,50	4150
3.	Angkat cor beton	44,00	75,00	32,00	1687,50	52,00	210,00	2126,50	4200
4.	Pengecoran kolom	50,00	67,00	32,00	1687,50	51,00	198,00	2111,50	4100
5.	Angkat cor beton	52,00	61,00	32,00	1687,50	49,00	201,00	2108,50	4330
6.	Pengecoran kolom	43,00	73,00	32,00	1687,50	44,00	189,00	2094,50	4000
7.	Angkat cor beton	48,00	59,00	32,00	1687,50	62,00	203,00	2117,50	3900
8.	Pengecoran kolom	41,00	51,00	32,00	1687,50	61,00	176,00	2074,50	4230
9.	Bongkar Besi	45,00	62,00	32,00	1687,50	65,00	210,00	2127,50	4620
10.	Bongkar Besi	36,00	57,00	32,00	1687,50	49,00	188,00	2075,50	4750
11.	Bongkar Besi	39,00	65,00	32,00	1687,50	50,00	211,00	2110,50	4100
12.	Angkat cor beton	43,00	63,00	32,00	1687,50	43,00	195,00	2089,50	4140
13.	Pengecoran kolom	47,00	58,00	32,00	1687,50	46,00	187,00	2083,50	4500
Total				416,00	21937,00	663,00	2542,00	27337,50	55170,00

Berdasarkan tabel di atas, waktu angkat pada setiap siklus relatif konstan sebesar 32 detik, begitu pula waktu putar yang bernilai 21.937,00 detik pada seluruh kegiatan. Variasi waktu terjadi pada tahapan muat, bongkar muat, dan kembali, yang dipengaruhi oleh jenis aktivitas serta kondisi pelaksanaan di

lapangan. Total waktu yang dibutuhkan untuk setiap siklus pekerjaan berkisar antara 2.074,50 detik hingga 2.127,50 detik. Secara keseluruhan, akumulasi waktu penggunaan *tower crane* selama empat siklus pekerjaan mencapai 23.337,50 detik, dengan total beban yang diangkat sebesar 55.170 kg.

Tabel 2. Perhitungan waktu siklus perhari *Tower Crane* Pada Jam Kerja Lembur.

No.	Tanggal	Uraian	Waktu Muat		Total Waktu Angkat (detik)	Total Waktu Putar (detik)	Total Waktu Bongkar Muat (detik)	Total Waktu Kembali (detik)	Total (detik)	Jumlah Beban (kg)
			Truck Mixer ke pompa pengecoran (detik)	Pompa ke Concrete Bucket (detik)						
1.	08/11/24	Angkat cor beton	52,00	61,00	32,00	1687,50	64,00	201,00	2123,70	2900
2.		Pengecoran kolom	43,00	73,00	32,00	1687,50	67,00	254,00	2182,70	3100
3.		Angkat cor beton	36,00	57,00	32,00	1687,50	58,00	225,00	2121,70	2850
4.		Pengecoran kolom	47,00	58,00	32,00	1687,50	62,00	238,00	2150,70	2800
Total					128,00	6750,00	251,00	918,00	8578,80	11650

Berdasarkan tabel di atas, waktu angkat pada setiap siklus relatif konstan sebesar 32 detik, begitu pula waktu putar yang bernilai 1.687,50 detik pada seluruh kegiatan. Variasi waktu terjadi pada tahapan muat, bongkar muat, dan kembali, yang dipengaruhi oleh jenis aktivitas serta kondisi pelaksanaan di lapangan.

Total waktu yang dibutuhkan untuk setiap siklus pekerjaan berkisar antara 2.121,70 detik hingga 2.182,70 detik. Secara keseluruhan, akumulasi waktu penggunaan *tower crane* selama empat siklus pekerjaan mencapai 8.578,80 detik, dengan total beban yang diangkat sebesar 11.650 kg.

Tabel 3. Hasil Rekapitulasi Waktu Siklus *Tower Crane* Pada Jam Kerja normal.

No.	Tanggal	Total Waktu Angkat	Total Waktu Putar	Total Waktu Geser	Total Waktu Turun	Total Waktu Bongkar Muat	Total Waktu Kembali	Total Waktu Siklus
		(detik)	(detik)	(detik)	(detik)	(detik)	(detik)	(detik)
1.	05/11/24	416,00	21937,50	286,00	52,00	689,00	2507,00	27383,50
2.	06/11/24	416,00	21937,50	286,00	52,00	687,00	2480,00	27323,50
3.	07/11/24	416,00	21937,50	286,00	52,00	671,00	2542,00	27386,50
4.	08/11/24	416,00	21937,50	286,00	52,00	663,00	2542,00	27337,50
5.	09/11/24	416,00	21937,50	286,00	52,00	686,00	2566,00	27430,50
6.	10/11/24	416,00	21937,50	286,00	52,00	702,00	2688,00	27529,50
7.	11/11/24	416,00	21937,50	286,00	52,00	663,00	2473,00	27254,50
Total								191645,50

Berdasarkan tabel diatas, didapatkan total waktu siklus penggunaan *tower crane* pada jam kerja normal pada pukul 08.00–16.00 WIB selama 7 hari, sebesar 191645,50 detik = 53,23 jam.

Tabel 4. Hasil Rekapitulasi Waktu Siklus *Tower Crane* Pada Jam Kerja Lembur.

No.	Tanggal	Total Waktu Angkat	Total Waktu Putar	Total Waktu Geser	Total Waktu Turun	Total Waktu Bongkar Muat	Total Waktu Kembali	Total Waktu Siklus
		(detik)	(detik)	(detik)	(detik)	(detik)	(detik)	(detik)
1.	05/11/24	96,00	5062,50	66,00	12,60	179,00	545,00	6298,10
2.	06/11/24	96,00	5062,50	66,00	12,60	208,00	651,00	6417,10
3.	07/11/24	96,00	5062,50	66,00	12,60	274,00	669,00	6520,10
4.	08/11/24	128,00	6750,00	88,00	4,20	251,00	918,00	8578,80
5.	09/11/24	128,00	6750,00	88,00	16,80	251,00	850,00	8547,80
6.	10/11/24	128,00	6750,00	88,00	16,80	249,00	850,00	8544,80
7.	11/11/24	160,00	8437,50	110,00	21,00	302,00	1044,00	10618,50
Total								55525,20

Berdasarkan tabel diatas, didapatkan total waktu siklus penggunaan *tower crane* pada jam kerja lembur pada dimulai pukul 16.00 WIB selama 7 hari sebesar 55525,20 detik = 15,42 jam.

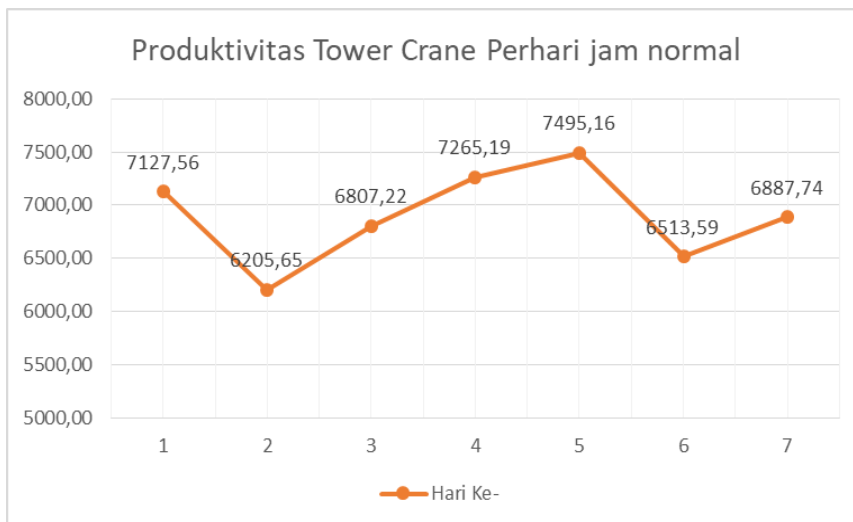
Perhitungan Produktivitas Tower Crane

Setelah melakukan perhitungan waktu siklus, maka selanjutnya dapat melakukan perhitungan produktivitas *tower crane*. Perhitungan produktivitas *tower crane* dihitung dengan membagi output dengan input.

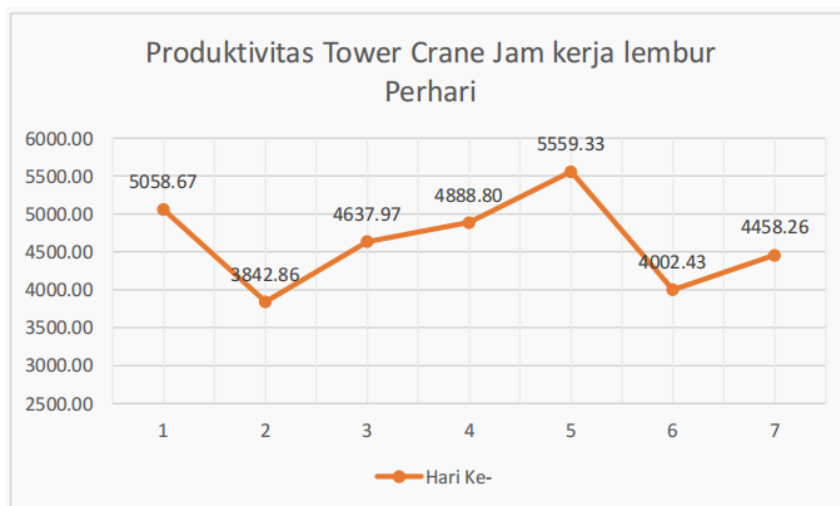
Perhitungan produktivitas *tower crane* dilakukan dengan membandingkan besarnya output terhadap input waktu kerja yang digunakan. Output berupa total beban material yang diangkat oleh *tower crane*, sedangkan input adalah total waktu siklus yang dibutuhkan dalam setiap proses pengangkatan, meliputi waktu muat, angkat, putar, geser, turun,

bongkar, dan kembali. Nilai produktivitas diperoleh dengan membagi total beban yang diangkat dengan total waktu siklus dalam satuan jam, sehingga menghasilkan produktivitas *tower crane* dalam satuan kg/jam. Perhitungan ini digunakan untuk mengetahui kemampuan kerja *tower crane* serta sebagai dasar evaluasi tingkat efisiensi dan efektivitas penggunaannya pada proyek konstruksi.

Berikut ini adalah grafik rekapitulasi produktivitas *tower crane* saat jam kerja normal dan jam kerja lembur perhari:

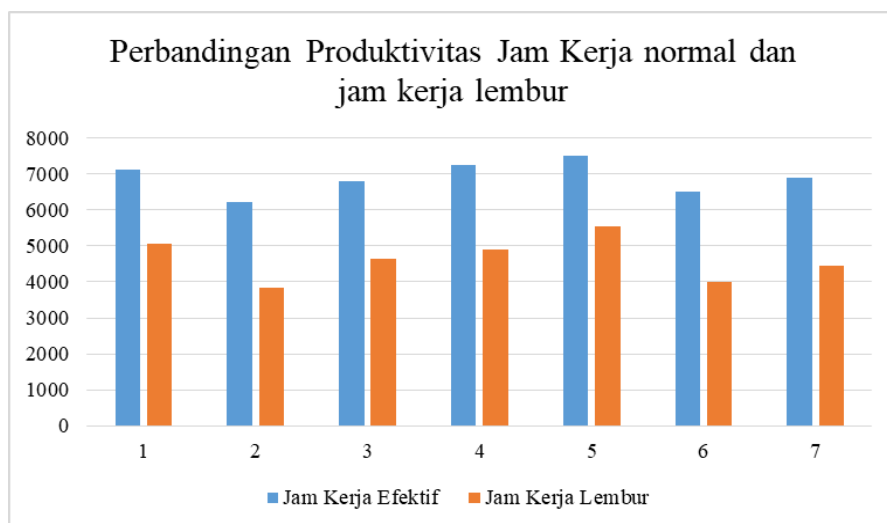


Gambar 2. Grafik rekapitulasi produktivitas *tower crane* saat jam kerja normal perhari.



Gambar 2. Grafik rekapitulasi produktivitas *tower crane* saat jam kerja lembur perhari.

Berikut adalah grafik perbandingan jam kerja *tower crane* pada saat jam normal dan jam lembur:



Gambar 4. Grafik Perbandingan Produktivitas Jam Kerja *Tower Crane*.

Dan Berdasarkan hasil analisis grafik, penggunaan *tower crane* menunjukkan dominasi aktivitas pada jam kerja normal dibandingkan dengan jam kerja lembur. Nilai produktivitas tertinggi pada jam kerja normal terjadi pada hari ke-5, yaitu tanggal 9 November 2024, dengan capaian sebesar 7.495,16 kg/jam, sedangkan produktivitas terendah tercatat pada hari ke-2 tanggal 6 November 2024 sebesar 6.205,65 kg/jam. Sementara itu, pada jam kerja lembur, produktivitas tertinggi juga terjadi pada hari ke-5 dengan nilai sebesar 5.559,33 kg/jam, dan nilai terendah terjadi pada hari ke-2 tanggal 6 November 2024 sebesar 3.842,86 kg/jam.

Hasil perhitungan produktivitas rata-rata *tower crane* selama periode pengamatan 7 hari menunjukkan bahwa rata-rata produktivitas pada jam kerja normal sebesar 6.900,30 kg/jam, sedangkan rata-rata produktivitas pada jam kerja lembur sebesar 4.635,47 kg/jam. Perbedaan nilai tersebut menunjukkan bahwa kinerja *tower crane* pada jam kerja normal lebih optimal dibandingkan dengan jam kerja lembur, dengan selisih rata-rata produktivitas sebesar 2.264,83 kg/jam.

Persentase efektivitas penggunaan *tower crane* dianalisis menggunakan metode *utilization rate*. Penelitian dilaksanakan pada Proyek Pembangunan Gedung Riset dan Inovasi Tahap I Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya Malang selama 7 hari pengamatan, dengan durasi kerja harian selama 13 jam, yaitu dari pukul 08.00 WIB hingga 21.00 WIB. Berdasarkan hasil pengamatan, diperoleh rata-rata waktu operasi *tower crane* sebesar 9,81 jam yang merupakan gabungan dari jam kerja normal dan jam kerja lembur. Perhitungan nilai *utilization rate* ditentukan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Utilization Rate} &= (9,81 \text{ jam} / 13 \text{ jam}) \times 100\% \\ &= 75,45\%. \end{aligned}$$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa tingkat efektivitas penggunaan *tower crane* pada proyek pembangunan Gedung Riset dan Inovasi Tahap I Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya Malang mencapai **75,45%**. Nilai tersebut berada dalam rentang **60–80%** berdasarkan metode *utilization rate*, sehingga penggunaan *tower crane* pada proyek ini dapat dikategorikan dalam tingkat efektivitas yang cukup baik.

Tingkat efektivitas *tower crane* tidak hanya dipengaruhi oleh kapasitas dan spesifikasi alat, tetapi juga oleh faktor lingkungan, perencanaan teknis, kompetensi tenaga kerja, serta dukungan sistem dan teknologi yang digunakan. Juga dipengaruhi oleh beberapa faktor operasional. Kondisi cuaca seperti hujan, angin kencang, dan petir dapat menyebabkan penghentian sementara pekerjaan pengecoran

sehingga aktivitas *tower crane* tidak dapat berjalan optimal. Selain itu, keterlambatan penyediaan material mengakibatkan waktu tunggu yang panjang dan membuat *tower crane* berada dalam kondisi menganggur. Faktor lainnya adalah keterbatasan pencahayaan pada pekerjaan malam hari maupun saat cuaca buruk, yang berdampak pada terjadinya keterlambatan dalam proses pengangkatan material. Oleh karena itu, untuk memperoleh nilai *utilization rate* yang lebih optimal, diperlukan perencanaan yang matang serta pengelolaan operasional yang normal sejak tahap perencanaan hingga tahap pelaksanaan proyek (Putra A. E., 2020; Mandala dkk., 2023).

5. KESIMPULAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis, dapat disimpulkan bahwa penggunaan *tower crane* pada proyek konstruksi gedung bertingkat adalah sebagai berikut:

- Kinerja *tower crane* pada jam kerja normal lebih baik dibandingkan jam kerja lembur. Hal ini terlihat dari waktu siklus dan tingkat produktivitas yang lebih tinggi pada jam kerja reguler, sehingga pelaksanaan pekerjaan struktur menjadi lebih efisien.
- Rata-rata produktivitas *tower crane* pada jam kerja normal mencapai sekitar **6.900 kg/jam**, sedangkan pada jam kerja lembur sebesar ± 4.635 kg/jam. Perbedaan ini dipengaruhi oleh beberapa faktor lapangan, seperti kondisi cuaca, beban yang diangkat, pencahayaan, serta kondisi operasional di lokasi proyek.
- Tingkat efektivitas penggunaan *tower crane* yang dihitung menggunakan metode *utilization rate* sebesar **75,45%**. Nilai tersebut termasuk dalam kategori cukup efektif yang menunjukkan bahwa pemanfaatan *tower crane* pada proyek konstruksi gedung ini telah berjalan cukup optimal, meskipun masih terdapat peluang untuk peningkatan kinerja.

Saran

Untuk meningkatkan efektivitas penggunaan *tower crane*, diperlukan perencanaan tata letak alat yang lebih optimal serta pengelolaan waktu kerja yang lebih efisien. Selain itu, penyediaan pencahayaan yang memadai pada pekerjaan lembur dan pengaturan suplai material yang lebih baik diharapkan dapat mengurangi waktu tunggu alat. Penelitian selanjutnya disarankan untuk membandingkan lebih dari satu jenis atau konfigurasi *tower crane* guna memperoleh hasil analisis yang lebih komprehensif.

DAFTAR PUSTAKA

- Amalia, S. D., & Purwadi, D. (2017). *Analisis Produktivitas Tower Crane Pada Proyek Pembangunan Gedung Tunjungan Plaza 6 Surabaya*.
- Cahyani, A., Tiyas1, A., & Prasetyono2, N. (2024). *Perhitungan Waktu Siklus Tower Crane Untuk Pekerjaan Pengecoran Pada Proyek Konstruksi (Case Study Gedung Pringgogigdo Surabaya)*. 2.
- Fathoni, A. N. (2021). *Pemilihan Tower Crane Berdasarkan Efektivitas Waktu dan Biaya The Selection Of Tower Crane Based On Time And Cost Effectiveness*.
- Ma'mun, M., Abdullah, H., Setyo Nugroho, R., Magfirona, A., Yani, J. A., & Tengah, J. (2024). *Analisis Produktivitas Pengecoran Ditinjau Dari Aspek Biaya Dan Waktu Menggunakan Tower Crane Dan Concrete Pump*.
- Mandala, A. A., Octaviani, M., & Apriliani, R. A. (2023). *Analisis Efektivitas Tower Crane Pada Pembangunan Proyek Gedung Universitas Airlangga*. CONCRETE: Construction & Civil Technology, 1. <https://doi.org/10.25139/concrete.v1i02.709>.
- Putra, A. E. (2020). *Efisiensi Produktivitas Waktu Dan Biaya Alat Berat Tower Crane (Studi kasus pada Proyek Apartemen Yudhistira Tower)*.
- Rostiyanti, susi F. (2008). *Alat Berat Untuk Proyek Konstruksi (Edisi 2)*. PT Rineka Cipta.
- Sakti, B. D., & Tjendani, H. T. (2023). *Analisis Pengaruh Penempatan Terhadap Produktivitas Pada Tower Crane Proyek Pembangunan Gedung Guest Hotel Nganjuk*. *Jurnal Sondir*, 7(1), 86–93. <https://ejournal.itn.ac.id/index.php/sondir>.
- Sinaga, F. Z., & Solikin, M. (2023a). *Produktivitas Alat Berat Tower Crane Untuk Pengecoran Pada Pembangunan Gedung*.
- Sinaga, F. Z., & Solikin, M. (2023b). *Produktivitas Alat Berat Tower Crane Untuk Pengecoran Pada Pembangunan Gedung (Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung XYZ di Jl. Pemuda)*.
- Utari, R. P., & Afrida, I. N. (2023). *Analisis Perbandingan Efisiensi Produktivitas Tower Crane Proyek Pembangunan Apartemen Di Surabaya Barat Comparative Analysis of Tower Crane Productivity Efficiency Apartment Construction Project in West Surabaya (Vol. 08, Nomor 01)*. <http://ejurnal.unmuhjember.ac.id/index.php/HEXAGON>.