

PERHITUNGAN WAKTU SIKLUS TOWER CRANE UNTUK PEKERJAAN PENGECORAN PADA PROYEK KONSTRUKSI (CASE STUDY GEDUNG PRINGGODIGDO SURABAYA)

Aghata Cahyani Ayuning Tiyas¹, Puguh Novi Prasetyono²

1) Program Studi Sarjana Terapan Teknik Sipil, Fakultas Vokasi, Universitas Negeri Surabaya

2) Pengajar Program Studi Terapan Teknik Sipil, Fakultas Vokasi, Universitas Negeri Surabaya
Jl. Ketintang, Kota Surabaya

E-mail : aghata.20034@mhs.unesa.ac.id

Abstrak

Proyek pembangunan Gedung Pringgodigdo Surabaya, merupakan suatu proyek pembangunan infrastruktur gedung bertingkat yang membutuhkan penggunaan alat berat tower crane untuk pekerjaan pengecoran. Dalam penggunaan tower crane tidak lepas dari adanya waktu siklus. Waktu siklus yang efektif dapat mempengaruhi produktivitas tower crane. Perlu dilakukan analisis terhadap waktu siklus tower crane untuk mengetahui cara kerja dan produktivitas tower crane. Waktu siklus mencakup waktu muat, bongkar, tunggu, kembali, waktu tempuh horizontal, waktu tempuh vertikal dan waktu tempuh rotasi. Data dikumpulkan berdasarkan observasi lapangan pada proyek Gedung Pringgodigdo Surabaya. Mengacu dari data yang telah dikumpulkan, kemudian dilakukan perhitungan berdasarkan rumus perhitungan waktu siklus. Berdasarkan perhitungan diketahui besar waktu tempuh vertikal, horizontal dan rotasi baik dengan beban maupun tanpa beban berada pada penelitian di hari ke 8. Besar waktu tempuh material dengan beban yaitu 135,88 menit untuk waktu vertikal, 35,27 untuk waktu horizontal, dan 20,68 untuk waktu rotasi dan besar waktu tempuh material tanpa beban adalah 67,94 menit untuk waktu vertikal, 18,24 menit untuk waktu horizontal, dan 20,68 menit untuk waktu rotasi. Melalui observasi di lapangan diketahui total waktu keseluruhan pengecoran lantai 4 s/d 14 dan lantai atap selama 10 hari menggunakan tower crane yaitu sebesar 32 jam.

Kata Kunci: Tower Crane, Waktu Siklus, Produktivitas

Abstract

The Pringgodigdo Surabaya Building construction project, is a multi-storey building infrastructure development project that requires the use of tower cranes for casting work. The use of tower cranes cannot be separated from the existence of cycle time. Effective cycle time can affect tower crane productivity. It is necessary to analyze the cycle time of the tower crane to find out how the work and productivity of the tower crane. Cycle time includes loading, unloading, waiting, returning, horizontal travel time, vertical travel time and rotation travel time. Data was collected based on field observations at the Pringgodigdo Building project in Surabaya. Referring to the data that has been collected, calculations are then made based on the cycle time calculation formula. Based on the calculation, it is known that the amount of vertical, horizontal and rotational travel time both with load and without load is in the study on day 8. The amount of material travel time with load is 135.88 minutes for vertical time, 35.27 for horizontal time, and 20.68 for rotation time and the amount of material travel time without load is 67.94 minutes for vertical time, 18.24 minutes for horizontal time, and 20.68 minutes for rotation time. Through observation in the field, it is known that the total time of the entire casting for 10 days using a tower crane is 32 hours..

Keywords: Tower Crane, Cycle Time, Productivity

PENDAHULUAN

Gedung bertingkat tinggi merupakan hal yang umum di Surabaya, sebuah kota dengan aktivitas pendidikan yang signifikan. Merenovasi gedung akademik bertujuan untuk meningkatkan kesejahteraan pendidikan publik. Proyek konstruksi yang sedang berjalan yaitu pembangunan Gedung Pringgodigdo, dengan ketinggian 14 lantai, terletak

di Kampus B Universitas Airlangga Surabaya. Konstruksi bertingkat tinggi memiliki tantangan yang signifikan, terutama dalam pekerjaan struktur beton (Ahmad et al., 2018).

Pengecoran beton sangat mempengaruhi kekuatan, keamanan, dan estetika struktur (Wibawa et al., 2017). Proses ini sering mengalami keterlambatan karena pekerjaan berulang di tiap lantai. Oleh karena itu, perencanaan yang cermat

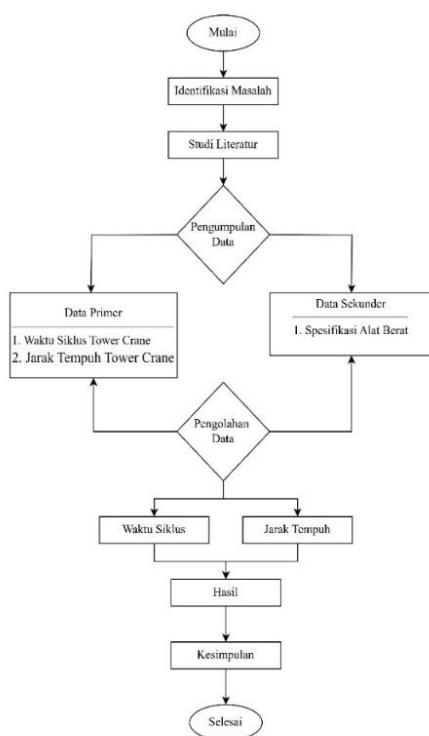
diperlukan untuk mengurangi pemborosan waktu dan biaya. Efisiensi waktu dan biaya dalam konstruksi bangunan sangat tergantung pada pemilihan alat berat yang tepat.

Alat berat yang banyak digunakan dalam proyek konstruksi bangunan tingkat tinggi adalah *tower crane*. *Tower crane* digunakan sebagai alat pengangkut material dari satu tempat ke tempat lain, baik secara vertikal horizontal maupun rotasi (Fadhevi, 2016). *Tower crane* sangat efektif dalam memindahkan material dan mengangkat material ke tingkat yang lebih tinggi. Dalam penggunaan *tower crane* tentunya tidak pernah lepas dari adanya waktu siklus (Maddeppungeng et al., 2023).

Waktu siklus yang dibutuhkan untuk memindahkan material sangat penting untuk diperhatikan. Waktu siklus ini mencakup waktu ikat, waktu lepas, waktu horizontal, vertikal, dan waktu tempuh rotasi (Amalia & Purwadi, 2017). Waktu siklus yang efektif dapat mempengaruhi produktivitas *tower crane*.

METODE

Penyusunan penelitian ini menggunakan metode pengumpulan data dengan observasi secara langsung di lapangan. Tahapan penelitian dapat dilihat pada diagram alir pelaksanaan penelitian, yang terdapat pada gambar 1 dibawah.



Gambar 2. Diagram Alir

Sumber: Dokumen Pribadi

Metode Analisa Data

Dalam proses analisis, penulis melaksanakan perhitungan volume material, waktu siklus, dan produktivitas. Sejumlah rumus perhitungan diaplikasikan pada tahapan ini beberapa diantaranya adalah:

1. Waktu Siklus Tower Crane

Berikut rumus perhitungan waktu siklus TC (Ahmad, 2018).

$$CT = DT + LT + HT + RT + ST \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

CT = *cycle time* (waktu siklus)

DT = *dumping time* (waktu bongkar)

LT = *loading time* (waktu muat)

HT = *hauling time* (waktu angkat)

RT = *returning time* (waktu kembali)

ST = *Spotting Time* (waktu Tunggu)

2. Jarak Tempuh Tower Crane

a) Jarak Tempuh Vertikal

Jarak tempuh total untuk mengangkat material menuju tujuan secara vertikal (hoist), rumusnya yaitu (Citra et al., 2016):

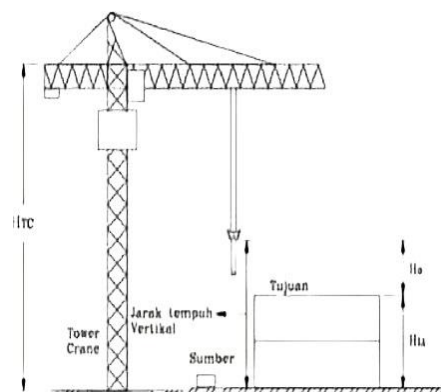
$$Dv = 2 \times (Zlt + Ho) \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan:

Dv = jarak tempuh vertikal (meter)

Zlt = elevasi tujuan (meter)

H0 = tinggi tambahan (meter)



Gambar 1. Jarak Tempuh Vertikal

Sumber: Google

b) Jarak Tempuh Horizontal

Rumus jarak tempuh horizontal *tower crane* (Abdelmegid et al., 2015) adalah:

$$L_i = \sqrt{(X_{si} - X_c)^2 + (Y_{si} - Y_c)^2}$$

$$L_j = \sqrt{(X_{dj} - X_c)^2 + (Y_{dj} - Y_c)^2}$$

$$L_{ij} = \sqrt{(X_{si} - X_{dj})^2 + (Y_{si} - Y_{dj})^2}$$

Sehingga:

$$L_{ij} = L_i - L_j \dots\dots\dots (3)$$

keterangan:

X_c, Y_c = titik koordinat TC

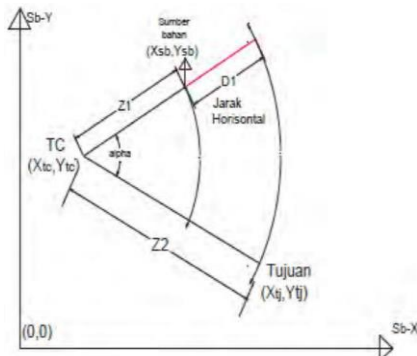
X_{si}, Y_{si} = titik koordinat sumber material

X_{dj}, Y_{dj} = titik koordinat tujuan material

L_i = jarak TC ke sumber material

L_j = jarak TC ke tujuan material

L_{ij} = jarak sumber & tujuan material



Gambar 3. Jarak Tempuh Horizontal

Sumber: Setiadi,2023

c) Jarak Tempuh Rotasi atau Sudut Slewing

Sudut yang terbentuk antara sumber dan tujuan letak material merupakan jarak rotasi dari TC. Jarak tempuh rotasi berupa sudut slewing dirumuskan sebagai berikut (Abdelmegid et al., 2015):

$$\theta_{ij} = \cos \left(\frac{L_i^2 + L_j^2 + L_{ij}^2}{2 \cdot L_i \cdot L_j} \right) \dots\dots\dots (4)$$

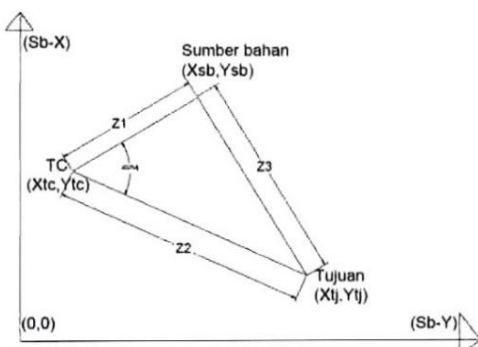
Keterangan:

θ_{ij} = jarak tempuh rotasi

L_i = jarak TC ke sumber material

L_j = jarak TC ke tujuan material

L_{ij} = jarak sumber & tujuan material



Gambar 4. Jarak Tempuh Rotasi

Sumber: Setiadi,2023

3. Waktu Tempuh *Tower Crane*

Waktu tempuh Terbagi menjadi waktu vertikal, horizontal dan rotasi. Berikut rumus perhitungan waktu siklus (Ahmad, 2018):

a) Waktu Tempuh Vertikal (T_v)

$$\text{Rumus: } T_v = \frac{D_v}{V_v} \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan:

T_v = waktu tempuh vertikal (menit)

D_v = jarak tempuh vertikal (m)

V_v = kecepatan hoist TC (m/menit)

b) Waktu Tempuh Rotasi (T_r)

$$\text{Rumus: } T_r = \frac{D_r}{V_r} \dots\dots\dots (7)$$

Keterangan:

T_r = waktu tempuh rotasi (menit)

D_r = jarak tempuh rotasi (m)

V_r = kecepatan swing TC (rad/menit)

c) Waktu Tempuh Horizontal (T_h)

$$\text{Rumus: } T_h = \frac{D_h}{V_h} \dots\dots\dots (8)$$

Keterangan:

T_h = waktu tempuh horizontal (menit)

D_h = jarak tempuh horizontal(m)

V_h = kecepatan trolley TC (m/menit)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Spesifikasi Tower Crane

Pada pembangunan Gedung Pringgodigdo menggunakan *tower crane* dengan spesifikasi sebagai berikut:

Jenis TC	: <i>Free Standing Tower Crane</i>
Merk TC	: Potain MCT205-SM/DM-10T
No seri/No Unit	: 608728/PX 655
Made in	: China, Tahun 2017
Tinggi TC	: ± 28 m
Panjang JIB	: 66.5 m
Hoist	: 44 m/menit
Trolley	: 30 m/menit
Slewing	: 0,7 rpm = 252° menit



Gambar 5. Tower Crane MCT 205

Sumber: Dokumen Pribadi

Pelaksanaan pengecoran menggunakan *tower crane* juga membutuhkan peralatan lain seperti *concrete bucket* kapasitas 0,8m³.



Gambar 6. *Concrete Bucket*

Sumber: Google

Waktu Siklus

Dalam proses perhitungan waktu siklus pengecoran menggunakan alat berat *tower crane*, melibatkan beberapa variabel seperti jarak tempuh, waktu tempuh, waktu tunggu, waktu muat, dan waktu bongkar. Analisis terhadap waktu siklus pada pekerjaan pengecoran plat, balok dan kolom.

1. Jarak Tempuh *Tower Crane*

a) Koordinat

Koordinat yang diperlukan meliputi titik berdirinya *tower crane*, lokasi sumber material, dan tujuan material, yang ditentukan berdasarkan jarak pada desain gambar autocad. Titik koordinat mencakup posisi awal *crane*, tempat asal material, dan lokasi tujuan material. Berikut merupakan beberapa contoh titik koordinat:

- Tower Crane: (4021:1623)
- Mixer Truck: (4020:1663)
- Kolom K2 as 1-F: (3981:1611)

b) Jarak *Tower Crane* ke Sumber dan Tujuan

Setelah mendapatkan data titik koordinat, kemudian dapat dilakukan perhitungan untuk mengetahui jarak antar titik.

1) *Tower Crane* dengan *Mixer Truck*

$$\begin{aligned}
 &= \sqrt{(X_{tc} - X_{mt})^2 + (Y_{tc} - Y_{mt})^2} \\
 &= \sqrt{(4021 - 4020)^2 + (1623 - 1663)^2} \\
 &= 39,95 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

2) *Tower Crane* dengan Kolom K2 as 1-F

$$\begin{aligned}
 &= \sqrt{(X_{tc} - X_{kl})^2 + (Y_{tc} - Y_{kl})^2} \\
 &= \sqrt{(4021 - 3981)^2 + (1623 - 1611)^2} \\
 &= 41,81 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

2. Jarak Tempuh Material

Perhitungan jarak tempuh dibagi menjadi beberapa komponen, yaitu jarak vertikal, jarak horizontal, dan jarak rotasi. Jarak vertikal mengacu pada pergerakan ke atas dan ke bawah, jarak horizontal mencakup pergerakan mendatar, dan jarak rotasi melibatkan pergerakan berputar atau berbelok. Berikut contoh perhitungan jarak tempuh material pada pekerjaan pengecoran kolom K1 lantai 5.

a) Jarak Tempuh Vertikal

$$D_v = 2 \times (Z_{lt} + H_o)$$

$$D_v = 2 \times (2,45 + 3,7)$$

$$D_v = 60,3 \text{ meter}$$

b) Jarak Tempuh Horizontal

Jarak tempuh horizontal pada *tower crane* mengacu pada sejauh mana *jib* atau *boom* horizontal *crane* dapat menjangkau untuk mengangkat dan memindahkan material secara lateral ke kanan atau ke kiri. Jarak ini diukur dari titik pusat rotasi *crane* ke titik terjauh yang dapat dijangkau oleh *jib*. Jangkauan *jib* atau *boom* menentukan seberapa jauh material dapat diangkut secara horizontal melintasi lokasi konstruksi. Berikut contoh perhitungan jarak tempuh horizontal menuju kolom K1 lantai 5:

$$L_{ij} = L_i - L_j$$

$$L_{ij} = 39,95 - 20,42$$

$$L_{ij} = 19,52 \text{ meter}$$

c) Jarak Tempuh Rotasi

Jarak tempuh rotasi mengacu pada besarnya sudut yang dibuat oleh rotasi *tower crane* saat memindahkan material. Pengukuran ini mencakup sejauh mana *jib* atau *boom* *crane* berputar di sekitar sumbu pusatnya untuk mengangkat material dari satu lokasi ke lokasi lain di lokasi konstruksi. Berikut contoh perhitungan jarak tempuh rotasi menuju kolom K1 lantai 5:

$$\theta_{ij} = \cos \left(\frac{L_i^2 + L_j^2 + L_{ij}^2}{2 \cdot L_i \cdot L_j} \right)$$

$$\theta_{ij} = \cos \left(\frac{39,95^2 + 20,42^2 + 19,52^2}{2 \times 39,95 \times 20,42} \right)$$

$$\theta_{ij} = 0,10 \text{ meter}$$

Pada tabel 1 dapat dilihat rekapitulasi total dari jarak tempuh *tower crane* selama 10 hari.

Tabel 1. Total Jarak Tempuh *Tower Crane*

Hari Ke-	Waktu Vertikal	Waktu Horizontal	Waktu Rotasi
	Meter	Meter	Meter
1	205.2	52.98	0.26
2	1107.3	152.35	1.66
3	180.9	72.46	1.23
4	607	72.55	0.23
5	841.1	26.00	3.61
6	620.6	37.41	3.09
7	577.8	120.52	0.35
8	94.9	16.80	0.26
9	577.8	1.77	3.14
10	631.8	1.77	3.14

3. Waktu tunggu , Muat, Bongkar

Waktu muat (LT) adalah saat mixer truck mulai menuangkan beton ready mix ke dalam concrete bucket untuk kemudian diangkut ke tujuan material. Proses pengangkutan ini disebut sebagai waktu angkut (HT), di mana material dipindahkan dari sumbernya ke tujuan akhir. Setelah itu, terjadi waktu pembongkaran material (DT), di mana beton ready mix dituangkan ke area target. Selanjutnya, ada waktu pengembalian (RT), di mana concrete bucket dikembalikan setelah proses pengecoran selesai. Terakhir, waktu tunggu (ST) adalah interval antara pengangkatan satu concrete bucket dengan yang berikutnya. Berikut adalah contoh dari beberapa item pekerjaan pengecoran. Pada tabel 2 penulis mencantumkan proses pengecoran pada kolom K2 yang terletak di lantai 4.

Tabel 2. Durasi Tunggu, Muat dan Bongkar

Lokasi	Waktu Muat	Waktu Angkut	Waktu Bongkar	Waktu Kembali	Waktu Tunggu
	Menit	Menit	Menit	Menit	Menit
Kolom K2	8.17	11	8.29	9.28	3.45
Kolom K2	8.23	9.07	6.57	9.16	15
Kolom K2	8.19	8.34	6.18	5.27	3
Kolom K2	8.05	7.05	6.14	4.17	0

Pada Tabel 3 dapat dilihat total durasi pengecoran per hari dan diketahui durasi terbesar ada pada hari ke-2 dengan jumlah durasi total sebesar 238,19 menit

Tabel 3. Rata-rata Durasi Pengecoran per hari

Hari Ke-	Waktu Muat	Waktu Angkut	Waktu Bongkar	Waktu Kembali	Waktu Tunggu
	Menit	Menit	Menit	Menit	Menit
1	32.64	35.46	27.18	27.88	21.45
2	18.58	39.6	37.71	18.06	124.24
3	18.69	21.14	18.47	14.11	23
4	40.66	49.99	59.54	28.49	9.43
5	13.65	24.72	37.14	6.83	3.22
6	42.46	49.81	43.68	32.25	13.15
7	29.84	33.39	24.21	27.2	8.9
8	121	170	130	170	50
9	25.84	24.3	28.55	17.89	7.85
10	22.48	23.6	31.17	17.91	5.62

4. Waktu Tempuh *Tower Crane*

Berikut contoh perhitungan waktu tempuh *tower crane* menuju kolom K1 lantai 5

a) Dengan Beban

1) Waktu Tempuh Vertikal

$$T_v = \frac{D_v}{V_v} \times k$$

$$T_v = \frac{60,3}{44} \times 4$$

$$T_v = 4,11 \text{ menit}$$

2) Waktu Tempuh Horizontal

$$T_h = \frac{D_h}{V_h} \times k$$

$$T_h = \frac{19,52}{30} \times 4$$

$$T_h = 1,95 \text{ menit}$$

3) Waktu Tempuh Rotasi

$$T_r = \frac{D_r}{V_r} \times k$$

$$T_r = \frac{0,10}{0,7} \times 4$$

$$T_r = 0,39 \text{ menit}$$

b) Tanpa Beban

1) Waktu Tempuh Vertikal

$$T_v = \frac{D_v}{V_v} \times k$$

$$T_v = \frac{60,3}{88} \times 4$$

$$T_v = 2,06 \text{ menit}$$

2) Waktu Tempuh Horizontal

$$T_h = \frac{D_h}{V_h} \times k$$

$$T_h = \frac{19,52}{58} \times 4$$

$$T_h = 1,01 \text{ menit}$$

3) Waktu Tempuh Rotasi

$$T_r = \frac{D_r}{V_r} \times k$$

$$T_r = \frac{0,10}{0,8} \times 4$$

$$T_r = 0,39 \text{ menit}$$

Pada tabel 4 terdapat total waktu tempuh *tower crane* pada saat membawa beban, sedangkan untuk rata-rata waktu siklus tanpa beban dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 4. Rata-Rata Waktu Tempuh Dengan Beban

Hari Ke-	Waktu Tempuh Vertikal	Waktu Tempuh Horizontal	Waktu Tempuh Rotasi
	Menit	Menit	Menit
1	18.65	7.06	1.28
2	28.88	9.11	6.95
3	16.45	9.87	6.96
4	34.35	13.70	9.77
5	19.12	0.87	4.51
6	51.87	2.29	13.22
7	32.83	11.26	5.05
8	135.88	35.27	20.68
9	32.83	1.08	9.71
10	35.90	1.08	9.71

Tabel 5. Rata-Rata Waktu Tempuh Tanpa Beban

Hari Ke-	Waktu Tempuh Vertikal	Waktu Tempuh Horizontal	Waktu Tempuh Rotasi
	Menit	Menit	Menit
1	9.33	3.65	1.28
2	14.44	4.71	6.95
3	8.22	5.10	6.96
4	17.17	7.09	9.77
5	9.56	0.45	4.51
6	25.93	1.18	13.22
7	16.41	5.83	5.05
8	67.94	18.24	20.68
9	16.41	0.56	9.71
10	17.95	0.56	9.71

5. Waktu Siklus Total

Total waktu siklus didapat dari total keseluruhan waktu tunggu, waktu muat, waktu bongkar, dan waktu tempuh. Terdapat contoh perhitungan total waktu siklus pada proses pengecoran Kolom K2 di lantai 4.

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

$$CT = 8.23 + 9.07 + 6.57 + 9.16 + 15 \text{ menit}$$

$$CT = 48.03 \text{ menit}$$

$$CT = 0.8 \text{ jam}$$

Tabel 6. Total Waktu Siklus Tower Crane

Hari Ke-	Waktu Siklus
	Jam
1	2.41
2	3.97
3	1.59
4	3.14
5	1.43
6	3.02
7	2.06
8	10.68
9	1.74
10	1.68
Total	32

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan pemaparan perhitungan waktu siklus dapat disimpulkan bahwa durasi pengecoran terbesar terdapat di hari ke-6 dengan, jumlah total waktu muat (*loading time*) 42,46 menit, waktu angkut (*hauling time*) 50,21 menit, waktu bongkar (*dumping time*) 44.08 menit, waktu waktu kembali (*returning time*) 32.25 menit dan waktu tunggu (*spotting time*) terbesar berada pada hari kedua pengamatan yaitu sebesar 124.24 menit.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdelmegid, M. A., Shawki, K. M., & Abdel-Khalek, H. (2015). GA optimization model for solving tower crane location problem in construction sites. *Alexandria Engineering Journal*, 54(3), 519-526.
- Ahmad, I.A, Suryanto, M, 2018, Analisis Produktivitas dan Biaya Operasional Tower Crane Pada Proyek Puncak Central Business Distric Surabaya, Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
- Amalia, S. D., & Purwadi, D. (2017). Analisis Produktivitas *Tower Crane* pada Proyek Pembangunan Gedung Tunjungan Plaza 6 Surabaya. *Rekayasa Teknik Sipil*, 1(1), 144-155.
- Citra, P. L. P., Sihkawekas, G., Hidayat, A., & Yuniarto, R. (2016). Perbandingan Produktivitas *Luffing Crane* Dengan *Hammer Head Crane* Pada Proyek *High Rise Building* Studi Kasus: Menara Astra Project, Jakarta. *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 5(2), 116-127. Dengan, C., Struktur, M., & Bertulang, B. (2013). 3764-10246-1-pb. VIII(1), 520-527
- Fadhevi, R., G. (2016) "Studi Kasus Perubahan Letak Dan Pondasi *Tower Crane Static* Menjadi *Tower Crane Climbing* Pada Proyek *At District 8* Senopati Jakarta Selatan." *Jurnal Forum Mekanika*, 2016
- Maddeppungeng, A., Asyiah, S., Intari, D. E., Hakim, B. I., & Setiawati, D. N. (2023). Analysis of Heavy Equipment Productivity Tower Crane in The Construction Project of

Viteks/ Agustus 2024 Volume 2 No. 2

Sultan Maulana Hasanudin State Islamic University Building. Fondasi: Jurnal Teknik.

Setiadi, A. B. (2023). Analisis Perbandingan Pelat Konvensional Dengan Pelat Precast Half Slab Ditinjau Dari Segi Waktu Dan Biaya Pada Proyek Rumah Negara KPP Pratama Sidoarjo Selatan. *Doctoral dissertation, Universitas Narotama*.

Wibawa, I. G. S., Wiguna, I. P. R. S., Tapayasa, I. M., & Santiana, I. M. A. 2017. Perbandingan Kebutuhan Biaya Pekerjaan Pengecoran Pelat Lantai Metode Konvensional Dengan Metode *Floor Deck* Studi Kasus Pada Pembangunan Proyek *The Hattens Wines* Bali. *Logic: Jurnal Rancang Bangun dan Teknologi*, 17(1), 60-66.