

ANALISIS PENGGUNAAN *MOBILE CRANE* YANG PALING EFEKTIF DAN EFISIEN PADA PELAKSANAAN ERECTION PROYEK PEMBANGUNAN PABRIK PLANT 4 PT SURYARAYA RUBBERINDO INDUSTRIES

Ainaya Al Hafni¹, Ida Bagus Putu Bintana², I Wayan Suparta³

¹Mahasiswa Program Studi Diploma III Teknik Sipil Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali,
Jalan Kampus Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Badung, Bali–80364

^{2,3}Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bali, Jalan Kampus Bukit Jimbaran,
Kuta Selatan, Badung, Bali–80364

Email korespondensi: nayahafni@gmail.com

ABSTRACT

The erection stage of steel structures is a critical phase in construction projects, particularly for large-scale developments such as the Plant 4 Factory Construction Project of PT Suryaraya Rubberindo Industries. This study aims to analyze and compare the time and cost efficiency between two mobile crane utilization methods: using a single mobile crane and using two mobile cranes simultaneously. The research adopts a descriptive quantitative approach through field observations, interviews, and calculations of equipment productivity and operational costs. The findings indicate that the single mobile crane method requires a total duration of 175.25 hours with an operational cost of IDR 372.000.000. In contrast, the two-crane method only requires 88.66 hours with an operational cost of IDR 339,000,000. Although the two-crane method presents a higher coordination risk, it is proven to be more efficient in terms of both time and cost. Therefore, the two-crane method is recommended as the most optimal erection approach for this project, provided that strict and structured safety risk management is implemented.

Keywords : *mobile crane, erection, time efficiency, operational cost, construction project*

ABSTRAK

Analisis Penggunaan *Mobile Crane* Yang Paling Efektif dan Efisien Pada Pelaksanaan Erection Proyek Pembangunan Pabrik Plant 4 PT Suryaraya Rubberindo Industries. Pada pelaksanaan erection struktur baja merupakan tahapan krusial dalam proyek konstruksi, khususnya untuk proyek berskala besar seperti pembangunan Pabrik Plant 4 PT Suryaraya Rubberindo Industries. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan efisiensi waktu dan biaya antara dua metode penggunaan *mobile crane*, yaitu satu *mobile crane* dan dua *mobile crane* yang digunakan secara bersamaan. Metode penelitian yang digunakan adalah deskriptif kuantitatif dengan pendekatan studi lapangan, wawancara, serta penghitungan produktivitas dan biaya operasional alat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode penggunaan satu *mobile crane* membutuhkan waktu total 175,25 jam dengan biaya operasional sebesar Rp372.000.000. Sementara itu, metode dua *mobile crane* hanya membutuhkan waktu 88,66 jam dengan biaya operasional sebesar Rp339.000.000. Meskipun metode dua *mobile crane* memiliki risiko koordinasi yang lebih tinggi, namun terbukti lebih efisien dalam hal waktu dan biaya. Oleh karena itu, metode dua *mobile crane* direkomendasikan sebagai metode paling optimal dalam pelaksanaan erection proyek ini, dengan catatan manajemen risiko keselamatan harus diterapkan secara ketat dan terstruktur.

Kata Kunci: *mobile crane, erection, efisiensi waktu, biaya operasional, proyek konstruksi*

PENDAHULUAN

Mobile crane berperan penting dalam proyek konstruksi, khususnya pada pekerjaan erection struktur baja bentang panjang seperti pabrik, karena mampu mengangkat dan menempatkan elemen struktural dengan presisi. Pemilihan jumlah *crane* mempengaruhi efisiensi waktu dan biaya: penggunaan satu *crane* lebih ekonomis namun memakan waktu lebih lama, sedangkan dua *crane* mempercepat proses namun meningkatkan biaya sewa dan risiko koordinasi.

Proyek Pembangunan Pabrik Plant 4 PT Suryaraya Rubberindo Industries memiliki tantangan besar dalam menjaga stabilitas struktur, efisiensi, keselamatan, serta pengendalian biaya. Faktor cuaca di Bogor yang memiliki curah hujan tinggi menjadi kendala tambahan, berpotensi memperlambat pekerjaan, meningkatkan risiko keselamatan, dan menimbulkan kerugian material. Keterlambatan dapat mengakibatkan denda sebesar 2,5% dari nilai pekerjaan per hari. Oleh karena itu, diperlukan solusi inovatif yang mampu menyeimbangkan efisiensi, biaya, dan keselamatan dalam pelaksanaan erection.

Berdasarkan pertimbangan tersebut, diperlukan analisis penggunaan *mobile crane* yang paling efektif dan efisien pada pelaksanaan erection Proyek Pembangunan Pabrik Plant 4 PT Suryaraya Rubberindo Industries (SRI). Sebagai contoh, studi terkait penempatan dan penggunaan alat berat seperti tower *crane* di Indonesia menunjukkan bahwa penempatan yang optimal berperan besar dalam meningkatkan produktivitas dan mengurangi durasi siklus kerja proyek konstruksi [1].

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui metode mana yang paling efisien dan efektif dari segi biaya dan waktu dalam pekerjaan erection menggunakan *mobile crane*. Diharapkan penelitian ini akan memberikan informasi yang jelas tentang keuntungan dan kerugian dari setiap metode, sehingga kontraktor dan pengelola proyek dapat membuat keputusan yang tepat sesuai dengan situasi dan keadaan di lapangan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif untuk mengukur efisiensi dan efektivitas metode pelaksanaan erection menggunakan *mobile crane* pada Proyek Pembangunan Pabrik Plant 4 PT Suryaraya Rubberindo Industries. Data yang dianalisis berupa angka hasil pengamatan langsung di lapangan, dilengkapi data sekunder dari dokumen proyek dan literatur. Lokasi dan waktu penelitian dilakukan di Proyek Pembangunan Pabrik Plant 4 PT Suryaraya Rubberindo Industries, Kawasan Industri Menara Permai, Cileungsi, Kabupaten Bogor, Jawa Barat. Waktu pelaksanaan berlangsung selama 10 bulan (September 2024–Juni 2025), mencakup perencanaan, pengumpulan data, dan analisis.

Sumber Data penelitian ini yaitu data primer : hasil observasi lapangan dan wawancara meliputi spesifikasi dan jumlah *crane*, kapasitas angkat, waktu operasional, waktu setiap tahapan erection, serta pengukuran hasil kerja. Data sekunder : laporan proyek, jurnal dan buku terkait penggunaan *mobile crane*, standar operasional dan keselamatan, serta data biaya sewa dari penyedia jasa.

Teknik pengumpulan data yang dilakukan pada penelitian ini yaitu observasi lapangan untuk mencatat waktu dan urutan pekerjaan erection, wawancara dengan operator *crane* dan manajer proyek untuk mengetahui metode kerja dan kendala, dan studi literatur untuk mengkaji teori, biaya, dan standar keselamatan (OSHA, SNI). Instrumen Penelitian pada penelitian ini menggunakan alat yang digunakan meliputi stopwatch, formulir observasi, dan dokumen pendukung untuk pencatatan waktu pemasangan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proyek pembangunan Pabrik Plant 4 PT Suryaraya Rubberindo Industries di Kawasan Industri Menara Permai, Cileungsi, Kabupaten Bogor, menggunakan struktur baja dengan proses erection yang memerlukan alat berat berupa *mobile crane*. Dua jenis *crane* yang digunakan adalah Kato SR-500L dan Kato SR-300R, dengan dua skenario metode kerja:

- 1) Metode 1 – Satu *mobile crane* (Kato SR-500L), dioperasikan secara bergantian untuk pemasangan kolom, balok, dan rafter.
- 2) Metode 2 – Dua *mobile crane* (Kato SR-500L dan Kato SR-300R) yang bekerja paralel untuk mempercepat pemasangan elemen struktur.

Observasi lapangan dilakukan dengan metode sampling pada tiap jenis elemen struktur, menghitung waktu pemasangan, produktivitas *crane*, dan hambatan kerja. Spesifikasi alat, berat material, serta durasi kerja tiap unit digunakan untuk menghitung produktivitas (ton/jam) dan total waktu erection.

Tabel 1. Data Erection 1 Mobile Crane Kato SR-500L

NO	PEKERJAAN	TITIK	JUMLAH	WAKTU (menit)
1	KOLOM1	1A	1	22.34
2		2A	1	21.05
3		3A	1	18.51
4		4A	1	20.25
5	KOLOM 2	1G	1	22.15
6		2G	1	23.2
7		3G	1	22.2
8		4G	1	23.15

NO	PEKERJAAN	TITIK	JUMLAH	WAKTU (menit)
9	BALOK 1	A1-2	2	15.12
10		A2-3	2	15.1
11		A3-4	2	14.35
12		A1-B1	2	15.22
13		B1-C1	2	15.2
14		C1-D1	2	14.44
15	BALOK 2	G1-2	2	15.34
16		G2-3	2	15.2
17		G3-4	2	14.35
18		G1-H1	2	14.55
19		H1-I1	2	15.22
20		I1-J1	2	15.2
21	RAFTER	1A-1G	1	45.15
22		2A-2G	1	44.23
23		3A-3G	1	48.15
24		4A-4G	1	55.17

Dalam penelitian ini, waktu siklus (*cycle time*) yang digunakan sebagai dasar perhitungan produktivitas adalah waktu terlama proses erection pada masing-masing elemen. Pemilihan waktu terlama digunakan karena nilai tersebut dianggap sebagai kondisi paling aman untuk dijadikan acuan analisis. Dengan waktu terlama, hasil perhitungan akan mencerminkan estimasi kebutuhan waktu yang realistis di lapangan, sekaligus mengantisipasi adanya hambatan, keterlambatan, maupun faktor teknis lainnya. Dengan demikian, hasil analisis tidak hanya menggambarkan kondisi ideal, tetapi juga mencerminkan kemungkinan terburuk yang dapat terjadi.

Tabel 2. Data *Erection* Menggunakan *Mobile Crane* Kato SR-300R

NO	ELEMENT	TITIK	JUMLAH	WAKTU (MENIT)
1	KOLOM 1	1M	1	23.24
2		2M	1	22.45
3		3M	1	23.20
4	KOLOM 2	5G	1	22.30
5		6G	1	23.25
6		7G	1	22.57
7	BALOK 1	M1-2	2	15.22
8		M2-3	2	15.30

NO	ELEMENT	TITIK	JUMLAH	WAKTU (MENIT)
9		M3-4	2	15.45
10	BALOK 2	G4-5	2	16.22
11		G5-6	2	15.34
12		G6-7	2	15.22
13	RAFTER	1G-M	1	55.20
14		2G-M	1	47.56
15		3G-M	1	53.35

a. Produktivitas dan Waktu Pelaksanaan *Erection Mobile Crane*

Pada pekerjaan *erection* ini *mobile crane* jenis Kato SR-500L dan Kato SR-300R yang digunakan. Waktu pengangkatan yang dilakukan *mobile crane* dihitung berdasarkan jarak hoisting, kecepatan alat melakukan pulang-pergi dan waktu kembali.

Rumus :

$$\text{produktivitas (Q)} = \frac{60 \times q}{\text{cycle time}} \times \text{efisiensi} \dots\dots\dots 1$$

Keterangan :

Q = Produktivitas perjam (ton/jam)

q = Kapasitas angkut material (ton)

Cycle time = Waktu siklus (menit)

Efisiensi = Efisiensi alat

Tabel 3. Hasil Perhitungan Waktu Pelaksanaan Erection Metode 1

NO	ELEMEN	WAKTU (JAM)	TOTAL WAKTU (JAM)
1	Kolom 1	36.80	175.25
2	Kolom 2	14.33	
3	Balok 1	33.83	
4	Balok 2	22.11	
5	Rafter	68.18	

Tabel 4. Hasil Perhitungan Pelaksanaan Erection Metode 2

NO	ELEMENT	WAKTU (JAM)	TOTAL WAKTU (JAM)
1	KOLOM 1	18.68	88.66
2	KOLOM 2	7.16	
3	BALOK 1	17.05	
4	BALOK 2	11.68	
5	RAFTER	34.09	

b. Biaya Operasional *Mobile Crane*

Perhitungan biaya operasional *mobile crane* dilakukan dengan mempertimbangkan beberapa komponen utama, yaitu :

- Biaya sewa *mobile crane*
- Biaya Mobilisasi dan demobilisasi
- Biaya bahan bakar
- Biaya Operator

Untuk data biaya, diperoleh dari hasil wawancara penulis dengan pihak kontraktor yang bersangkutan.

Tabel 5. Biaya Operasional Metode 1

NO	Keterangan	Satuan	Qty	Harga Satuan	Total (Qty x Harga Satuan)
1	Sewa Mobile Crane	Shift	36 (Hari)	Rp. 10.000.000,00	Rp. 360.000.000,00
2	Operator	Shift	36 (Hari)	Rp. 250.000,00	Rp. 9.000.000,00
3	Mob demobilisasi	Unit		Rp. 2.000.000,00	Rp. 2.000.000,00
4	PPN 10%			Rp. 1.000.000,00	Rp. 1.000.000,00
Total Keseluruhan					Rp. 372.000.000,00

Dalam pelaksanaan erection di lapangan, *mobile crane* hanya beroperasi selama 5 jam efektif per hari, menyesuaikan dengan kondisi di lapangan. Namun, biaya sewa *mobile crane* tetap dihitung per shift penuh (8 jam) sesuai ketentuan. Biaya sewa alat sudah termasuk biaya BBM. Maka dapat dihitung biaya operasional sebagai berikut :

Tabel 6. Biaya Operasional Metode 2

NO	Keterangan	Biaya Operasional
1	Biaya Operasional Kato SR-500L	Rp. 187.500.000,00
2	Biaya Operasional Kato SR-300R	Rp. 151.500.000,00
Total		Rp. 339.000.000,00

c. Analisis Risiko Keselamatan

Pelaksanaan *erection* struktur baja menggunakan *mobile crane* mengandung berbagai potensi risiko yang dapat berdampak pada keselamatan pekerja, peralatan, serta keberlangsungan proyek secara keseluruhan. Oleh karena itu, analisis keselamatan dan identifikasi risiko menjadi bagian penting dalam menentukan metode pelaksanaan yang tidak hanya efektif dan efisien, namun juga aman. Analisis risiko ini berdasarkan hasil pengamatan di lapangan dan wawancara dengan pihak operator dan kontraktor. Berikut adalah uraian analisis keselamatan dan risiko dari masing-masing metode :

1) Metode 1 – Satu *Mobile Crane* (Kato SR-500L).

- Koordinasi kerja relatif sederhana karena hanya melibatkan satu unit *crane* dan satu operator.
- Risiko tabrakan alat atau benturan antar-beban dapat diminimalkan, namun durasi kerja yang panjang meningkatkan paparan pekerja terhadap potensi bahaya.
- Risiko utama mencakup kelebihan beban (*overload*) jika perhitungan tidak tepat, kegagalan sling akibat pengikatan yang kurang benar, kelelahan operator karena siklus kerja berulang, paparan cuaca buruk, serta ketidakstabilan tanah yang dapat memengaruhi *outrigger*.
- Penerapan pengendalian seperti pemeriksaan rutin alat, penggunaan *rigger* berpengalaman, pembatasan beban sesuai load chart, rotasi operator, dan pemantauan cuaca secara berkala dapat menurunkan risiko.

Meskipun demikian, residual risk masih berada pada kategori sedang, terutama akibat durasi kerja yang panjang dan potensi perubahan kondisi lapangan secara mendadak.

2) Metode 2 – Dua *Mobile Crane* (Kato SR-500L dan Kato SR-300R)

- Penggunaan dua *mobile crane* secara bersamaan mempercepat waktu pekerjaan dan mengurangi paparan terhadap cuaca, namun menambah kompleksitas koordinasi di lapangan.

- b) Risiko yang menonjol pada metode ini adalah ketidaksinkronan pergerakan *crane* yang dapat menyebabkan beban tidak seimbang, potensi tabrakan boom, misal *alignment* saat pengangkatan, serta benturan beban ke struktur atau pekerja.
- c) Penggunaan dua *crane* pada area yang sama meningkatkan beban dinamis pada tanah yang berpotensi memengaruhi kestabilan *outrigger*.

Pengendalian dapat dilakukan melalui penyusunan SOP khusus *tandem lifting*, penunjukan satu signalman untuk mengendalikan komunikasi, pembagian tugas yang jelas antar-operator, penggunaan sistem komunikasi radio, pengaturan radius kerja, serta simulasi pengangkatan sebelum pelaksanaan aktual. Setelah penerapan kontrol yang tepat, residual risk dapat ditekan ke tingkat sedang, meskipun kompleksitas koordinasi tetap menyisakan potensi human error dan gangguan teknis.

d. Perbandingan dan Rekomendasi Optimal

Berdasarkan analisis waktu, biaya, dan keselamatan dapat disimpulkan perbandingan kedua metode sebagai berikut :

Tabel 7. Perbandingan Metode erection

Aspek	Metode 1 <i>Crane</i>	Metode 2 <i>Crane</i>
Waktu Pelaksanaan	36 Hari	18 Hari
Biaya Operasional	Rp. 372.000.000,00	Rp. 339.000.000,00
Risiko Keselamatan	Sedang	Tinggi

Dari hasil tabel diatas dapat dilihat total waktu dari masing-masing metode untuk menyelesaikan pekerjaan yaitu metode satu 36 hari dengan menghabiskan biaya sebesar Rp. 372.000.000,00. Sedangkan total waktu pekerjaan menggunakan metode dua yaitu 18 hari dengan menghabiskan biaya sebesar Rp. 339.000.000,00.

1) Rekomendasi Metode Erection yang Optimal

Berdasarkan analisis, **Metode 2 (penggunaan dua *mobile crane*)** adalah metode yang paling optimal untuk proyek pembangunan pabrik Plant 4 PT Suryaraya Rubberindo Industries :

- **Efisiensi Waktu:** Metode ini secara signifikan mengurangi durasi pekerjaan, yang krusial untuk proyek berskala besar dengan target waktu yang ketat. Waktu pengerjaan yang lebih singkat juga dapat mengurangi biaya tidak langsung proyek (misalnya, biaya pengawasan, biaya overhead proyek, dan denda keterlambatan).

- **Efisiensi Biaya:** Meskipun biaya operasional lebih tinggi, total biaya untuk menyelesaikan pekerjaan jauh lebih rendah karena percepatan waktu pengerjaan. Ini menunjukkan bahwa investasi awal yang lebih besar untuk menyewa dua *crane* akan menghasilkan penghematan biaya keseluruhan proyek yang substansial.
- **Keselamatan (dengan mitigasi):** Meskipun risiko koordinasi lebih tinggi, risiko ini dapat dimitigasi secara efektif melalui perencanaan yang tepat, pelatihan operator yang memadai, penggunaan sistem komunikasi yang jelas, dan pengawasan yang ketat. Manfaat dari durasi pekerjaan yang lebih pendek juga berkontribusi pada pengurangan total paparan risiko di lapangan, yang merupakan faktor penting dalam keselamatan kerja.

2) Implikasi dan Pertimbangan Tambahan

- **Manajemen Risiko yang Kuat:** Untuk mengimplementasikan Metode 2 secara efektif dan aman, PT Suryaraya Rubberindo Industries harus berinvestasi lebih banyak dalam pelatihan operator untuk operasi tandem, pengembangan prosedur komunikasi yang sangat jelas, dan pengawasan keselamatan yang intensif oleh personel yang kompeten.
- **Ketersediaan dan Kondisi Alat:** Pastikan ketersediaan dua *mobile crane* dengan spesifikasi yang sesuai dan dalam kondisi prima.
- **Kondisi Lapangan:** Meskipun analisis ini mempertimbangkan faktor cuaca, kondisi lapangan yang spesifik (misalnya, ruang manuver yang terbatas, kondisi tanah yang tidak rata) harus dievaluasi lebih lanjut untuk memastikan kelayakan operasional dua *crane* secara bersamaan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan pada Bab IV, dapat ditarik beberapa kesimpulan terkait penggunaan *mobile crane* yang paling efektif dan efisien pada pelaksanaan *erection* Proyek Pembangunan Pabrik Plant 4 PT Suryaraya Rubberindo Industries :

1. Produktivitas alat, Biaya Operasional dan Risiko Keselamatan

Berdasarkan hasil analisis, produktivitas *mobile crane* pada proyek pembangunan Pabrik Plant 4 PT Suryaraya Rubberindo Industries dipengaruhi oleh kapasitas *crane*, waktu siklus, serta biaya operasional. Setiap metode penggunaan *crane* menunjukkan perbedaan kinerja, baik dari sisi waktu pengerjaan maupun besarnya biaya. Perhitungan menunjukkan bahwa semakin besar kapasitas *crane*, waktu siklus *erection* semakin singkat, namun biaya operasional juga meningkat. Sebaliknya, penggunaan *crane* dengan kapasitas lebih kecil menghasilkan biaya

lebih rendah, tetapi membutuhkan waktu yang lebih lama untuk menyelesaikan pekerjaan. Berikut kesimpulannya :

a) Metode 1 (Satu *Mobile Crane* - Kato SR-500L)

Pada metode ini, proses *erection* dilaksanakan menggunakan satu unit *mobile crane*. Hasil analisis menunjukkan bahwa durasi total pelaksanaan *erection* untuk 350 elemen struktur baja mencapai 175.25 jam atau sekitar 36 hari kerja. Total biaya operasional yang dikeluarkan adalah sebesar Rp. 372.000.000,00. Meskipun metode ini memiliki keunggulan dari sisi tingkat koordinasi yang lebih sederhana dan risiko keselamatan kerja yang lebih rendah, namun terdapat kelemahan signifikan dalam hal durasi pengerjaan yang lebih lama dan biaya operasional yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan metode lainnya.

b) Metode 2 (Dua *Mobile Crane* - Kato SR-500L dan Kato SR-300R) : Pada metode ini, dua unit *mobile crane* digunakan secara bersamaan dalam proses *erection*. Berdasarkan hasil perhitungan, durasi total pelaksanaan *erection* berkurang secara signifikan menjadi 88.66 jam atau 18 hari dan total biaya operasional Rp 339.000.000,00 untuk 350 elemen struktur. Meskipun metode ini memiliki risiko koordinasi yang lebih tinggi, namun durasi pekerjaan yang jauh lebih singkat dan biaya total yang lebih rendah.

2. Penggunaan Metode yang Paling Optimal

Secara keseluruhan, dapat disimpulkan bahwa Metode 2 dengan dua *mobile crane* memberikan hasil paling optimal dalam pelaksanaan *erection* struktur baja pada proyek ini, baik dari segi waktu penyelesaian maupun efisiensi biaya. Namun, metode ini tetap memerlukan dukungan dari sistem manajemen keselamatan kerja yang ketat untuk meminimalkan potensi risiko kerja.

Berdasarkan kesimpulan di atas, berikut adalah beberapa saran yang dapat diberikan untuk pelaksanaan proyek serupa di masa mendatang, khususnya yang melibatkan pekerjaan *erection* struktur baja dengan penggunaan alat berat berupa *mobile crane* :

1. Implementasi Penggunaan Metode Dua *Mobile Crane* :

Disarankan untuk menggunakan metode penggunaan dua *mobile crane* untuk pekerjaan *erection* yang berskala besar dan melibatkan jumlah elemen struktur yang banyak. Metode ini terbukti secara signifikan dapat mempercepat durasi pelaksanaan dan mengurangi total biaya operasional, sehingga sangat layak diterapkan dalam proyek-proyek konstruksi industri maupun bangunan bertingkat lainnya.

2. Peningkatan Manajemen Keselamatan:

Mengingat metode penggunaan dua *mobile crane* memiliki tantangan besar dalam hal koordinasi, maka diperlukan peningkatan aspek keselamatan kerja dengan langkah berikut :

- a) Mengembangkan dan menerapkan prosedur operasi standar (SOP) yang sangat detail untuk operasi tandem *mobile crane*, termasuk protokol komunikasi yang jelas (misalnya, penggunaan radio dua arah, sinyal tangan standar).
- b) Memberikan pelatihan teknis dan sertifikasi lanjutan kepada operator *mobile crane* dan personel terkait, agar memiliki kemampuan untuk melakukan kerja sama dalam pengoperasian dua *mobile crane* secara bersamaan dengan aman dan efisien.
- c) Melakukan identifikasi dan analisis risiko (risk assessment) sebelum memulai proses erection, guna mendeteksi potensi bahaya dan merancang tindak mitigasi secara tepat. Evaluasi ini perlu dilakukan secara berkala pada tiap shift kerja.

3. Perencanaan Logistik dan Ketersediaan Alat Berat

- a) Kesiapan Alat dan Perawatan Berkala
Pastikan bahwa kedua unit *mobile crane* yang digunakan memiliki spesifikasi teknis yang sesuai dengan kebutuhan di lapangan dan berada dalam kondisi baik. Jadwal perawatan rutin juga harus disusun dengan baik untuk menghindari gangguan teknis selama proses erection.
- b) Pengaturan Area Kerja yang Optimal :
Dalam proyek dengan ruang kerja terbatas, perencanaan tata letak dan akses *mobile crane* sangat penting. Perlu dirancang zona kerja yang memungkinkan pergerakan bebas kedua *mobile crane* tanpa saling mengganggu, serta menghindari risiko benturan atau overlap lintasan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Kulo, "Analisa Produktivitas Alat Berat Untuk Pekerjaan Pembangunan Jalan," *J. Sipil Statik*, vol. 5, no. 7, pp. 465–474, 2017.
- [2] L. Putri and B. Haryanto, "Efisiensi energi menggunakan bahan bangunan tradisional alang-alang dalam konstruksi ramah lingkungan," *J. Energi Terbarukan dan Lingkung.*, vol. 5, no. 4, pp. 121–130, 2020.
- [3] H. Muliawan and A. Nursin, "Optimasi Penempatan Tower Crane terhadap Waktu Siklus pada Proyek X," *RekaRacana J. Tek. Sipil*, vol. 8, no. 1, p. 22, Apr. 2022, doi: 10.26760/rekaracana.v8i1.22.
- [4] M. Rhida, "Perbandingan Biaya dan Waktu Pemakaian Alat Berat Tower Crane dan Mobil Crane Pada Proyek Rumah Sakit Haji Surabaya," Institut Teknologi Sepuluh Nopember., 2011.
- [5] Jawat, "Metode Pelaksanaan Konstruksi," *Paduraksa*, vol. 6, no. 2, pp. 161–177, 2017.

- [6] M. F. Wicaksono, “Analisis Perbandingan Metode Erection Girder menggunakan Crawler Crane dan Launcher Girder pada Pembangunan Under Bridge STA 03+ 550 Jalan Tol Pandaan– Malang,” Universitas Muhammadiyah Malang, 2018.
- [7] M. D. A. B. Erki S, Sumaidi, “PERENCANAAN JEMBATAN STEEL BOX GIRDER TIPE KOMPOSITE DUA MATERIAL BAJA-BETON DENGAN DUA GELAGAR SERAGAM,” *J. ENVIROTEK*, vol. 10, no. 2, Dec. 2018, doi: 10.33005/envirotek.v10i2.1230.
- [8] S. Fatena, *Alat Berat untuk Proyek Konstruksi*. Jakarta: Penerbit Rineka Cipta, 2008.
- [9] S. F. Rostiyanti, *Alat berat untuk proyek konstruksi*. Jakarta: Penerbit Rineka Cipta, 2002.
- [10] R. R. Sunur and A. Kurniawan, “Program perhitungan efektivitas penggunaan tower crane pada bangunan bertingkat,” Petra Christian University, 2007.
- [11] Rochmanhadi, *Perhitungan Biaya Pelaksanaan Dengan Menggunakan AlatAlat Berat*. Badan Penerbit Department Pekerjaan Umum Penerbit Department Pekerjaan Umum, 1994.
- [12] H. F. Nurdiansyah, “Analisis Pemilihan Alat Berat Material Hoist dan Mobile Crane pada Pekerjaan Rangka Atap Baja Proyek Pembangunan Fakultas Hukum Uii,” Universitas Islam Indonesia, 2018.
- [13] A. P. Mangkunegara, *Manajemen Sumber Daya Manusia*. Bandung: Remaja Rosdakarya, 2015.
- [14] A. Rika, *Manajemen pabrik: pendekatan system untuk efesiensi dan efektifitas*. Jakarta: Bumi Aksara, 2009.
- [15] R. L. Mathis and J. H. Jackson, *Manajemen Sumber Daya Manusia*. 2002.
- [16] W. S. Kuswana, *Ergonomi dan k3 kesehatan keselamatan kerja*. Bandung: PT Remaja Rosdakarya, 2014.