

Optimalisasi Produktivitas *Crawler Crane* pada Pekerjaan Pengangkatan *Precast* Beton Tiang Pancang 35 x 35 CM PT. Wijaya Karya Beton Tbk.

Nayla Hanna Ariza¹, Wulandari², Sandi Prayoga³, Abdillah Mursyid⁴, Deny Ernawan⁵

¹⁻⁵ Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Subang, Indonesia

Jl. Arief Rahman Hakim No. 8, Cigadung Kec. Subang, Kabupaten Subang, Jawa Barat 41211

*Email : naylahannaariza@gmail.com, wulandarioppo768@gmail.com,
sandiprayoga210705@gmail.com, abdilahmursyiducis@gmail.com, denyernawan@unsub.ac.id

Abstract. This study aims to optimize the productivity of *Crawler Crane* heavy equipment in lifting *precast* concrete structural elements at PT Wijaya Karya Beton Tbk. The method used is a descriptive qualitative approach with data collection through direct observation in the field. The data is based on the equipment's operating cycle time and work efficiency. The results of the study show that the *Crawler Crane* heavy equipment used by PT Wijaya Karya Beton Tbk. produces a productivity of 20 tons/hour or 160 tons/day for 8 hours with the need for 2 units of *crawler crane* heavy equipment, resulting in a work efficiency of 80%. So the productivity results from the calculation have been optimal, so it is hoped that the results of this study can be a reference in the management of heavy equipment, especially *Crawler Cranes* in construction work at the Company PT. Wijaya Karya Beton Tbk.

Keywords: Productivity , Heavy Equipment Needs, *Crawler Crane*, *Precast Concrete*.

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan produktivitas alat berat *Crawler Crane* dalam pengangkatan elemen struktur beton pracetak di PT Wijaya Karya Beton Tbk. Metode yang digunakan dengan pendekatan kualitatif deskriptif dengan pengumpulan data melalui observasi langsung di lapangan. Data tersebut berdasarkan waktu siklus operasi alat dan efisiensi kerja. Hasil penelitian menunjukkan alat berat *Crawler Crane* yang digunakan PT Wijaya Karya Beton Tbk. menghasilkan produktivitas sebesar 20 ton/jam atau 160 ton/hari selama 8 jam dengan kebutuhan alat berat *crawler crane* sebanyak 1 unit, sehingga diperoleh efisiensi kerja 80%. Maka hasil produktivitas tersebut dari perhitungan telah optimal, sehingga diharapkan hasil dari penelitian ini dapat menjadi acuan dalam pengelolaan alat berat khususnya *Crawler Crane* pada pekerjaan konstruksi di Perusahaan PT. Wijaya Karya Beton Tbk.

Kata Kunci: Produktivitas , kebutuhan Alat Berat, *Crawler Crane*, *Pracetak* Beton Tiang Pancang

1. PENDAHULUAN

PT. Wijaya Karya Beton (WIKA Beton) adalah anak perusahaan BUMN PT Wijaya Karya (Persero) Tbk. yang bergerak di bidang produksi *Precast* (Pracetak) beton. Perusahaan ini berdiri pada tanggal 11 Maret 1997 dengan visi “Menjadi perusahaan global terpercaya berkelanjutan pemberi solusi di industri beton”. Saat ini PT. Wijaya Karya Beton merupakan produsen *Precast* (Pracetak) beton terbesar di Indonesia bahkan Asia Tenggara (Wika Beton, 2025). Dalam pelaksanaan proyek dan produksi beton, penggunaan alat berat *Crane* menjadi salah satu faktor kunci untuk mendukung pencapaian target waktu produksi dan kualitas pekerjaan di PT. Wijaya Karya Beton Tbk. Dalam pelaksanaan proyek dan produksi *Precast* (Pracetak) beton, penggunaan alat berat *Crane* menjadi salah satu faktor kunci untuk mendukung pencapaian target waktu produksi dan kualitas pekerjaan di PT. Wijaya Karya Beton Tbk.

Salah satu alat berat yang umum digunakan dalam pengangkatan *Precast* (Pracetak) beton di PT. Wijaya Karya Beton Tbk. adalah *Crawler Crane*. *Crawler Crane* merupakan alat berat yang digunakan untuk mengangkut beban baik secara horizontal maupun vertikal. Alat berat *Crawler Crane* ini mempunyai kemampuan untuk berputar 360° dengan manuver yang mudah dan praktis (Kurniawan *et al.*, 2019). *Crawler Crane* juga dilengkapi dengan sistem pengendalian yang canggih untuk meningkatkan akurasi dan keamanan saat pengangkatan beban. Alat tersebut digunakan untuk memindahkan beton dari area produksi ke lokasi penyimpanan sementara maupun langsung ke area instalasi. *Crawler crane* memiliki keunggulan berupa mobilitas di medan tanah lunak serta kapasitas angkat yang besar. Namun, penggunaannya tetap memerlukan perencanaan dan pengawasan ketat agar tidak menimbulkan risiko keselamatan dan keterlambatan pekerjaan.

Tujuan dari penelitian ini yaitu pengoptimalisasi produktivitas *Crawler Crane* dalam pengangkatan elemen struktur pada PT. Wijaya Karya Beton Tbk. Dengan harapan penggunaan alat berat dapat mempercepat waktu pelaksanaan proyek serta meningkatkan efisiensi penggunaan alat berat sehingga mendukung pencapaian target produksi dan kualitas pekerjaan yang optimal (Ernawan *et al.*, 2024). Selain itu, penelitian ini bertujuan untuk memberikan rekomendasi metode pelaksanaan dan manajemen alat berat yang lebih efektif agar dapat meminimalkan waktu tunggu dan gangguan teknis, sehingga produktivitas crawler crane dapat ditingkatkan secara signifikan. Dengan produktivitas yang lebih tinggi, diharapkan proyek dapat selesai tepat waktu dengan biaya yang lebih efisien tanpa mengorbankan mutu pekerjaan. Pendekatan ini juga penting untuk meningkatkan keselamatan kerja dan mengoptimalkan sumber daya yang ada di lapangan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Crawler Crane adalah alat pengangkat material yang umum dipakai pada tempat proyek pembangunan dengan jangkauan yang tidaklah terlalu panjang. Tipe ini memiliki sisi atas yang bisa bergerak 360 Derajat. Dengan roda crawler jadi crane type ini bisa bergerak di dalam tempat proyek waktu lakukan pekerjaannya. Ketika crane bakal dipakai di proyek lain jadi crane diangkut dengan memakai lowbed trailer. Pengangkutan ini dikerjakan dengan membongkar boom jadi bagian- bagian untuk memudahkan proses pengangkutan.(Asniko *et al.*, 2018).

Menurut Rostiyanti (2008), produktivitas adalah perbandingan antara hasil yang di capai atau output dengan seluruh sumber daya yang digunakan input (Ernawan *et al.*, 2024).

Produktivitas alat tergantung pada kapasitas dan waktu siklus alat. Produktivitas alat tergantung pada kapasitas dan waktu siklus alat.

3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan yaitu bersifat kualitatif dengan pendekatan deskriptif, dengan mengumpulkan data yang didapat dari Observasi langsung terhadap kegiatan pengangkatan Beton pra cetak menggunakan *Crawler Crane* dilapangan. Kemudian diinterpretasikan berdasarkan teori-teori dan literatur yang berhubungan dengan produktivitas pengangkatan beton menggunakan alat berat *Crawler Crane* agar memberikan gambaran yang jelas dan mendalam mengenai produktivitas pengangkatan beton menggunakan *Crawler Crane* di lapangan.



Gambar 1. Crawler Crane
Sumber: Dokumentasi PT. Wika Beton (2025)

Dengan melakukan metode ini, penelitian tidak hanya berfokus angka atau kuantitas, tetapi juga pada pemahaman mendalam mengenai proses kerja, kendala, dan peluang perbaikan yang ada di lapangan, sehingga dapat memberikan rekomendasi yang aplikatif untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas penggunaan alat berat tersebut.

Observasi Lapangan

Observasi lapangan di lakukan di PT. Wijaya Karya Beton Tbk yang berlokasi di Desa Karangmukti, Kelurahan Cipeundeuy, Kabupaten Subang, Jawa Barat. Observasi mencakup wawancara dengan unit-unit kerja terkait sistem pengawasan kualitas dan kuantitas pekerjaan, serta hambatan yang dihadapi selama pelaksanaan produksi beton pracetak. Dengan demikian, observasi lapangan ini memberikan gambaran menyeluruh tentang operasional dan manajemen di PT. Wijaya Karya Beton Tbk.



Gambar 2. Lokasi Penelitian PT. Wijaya karya Beton Tbk.

Sumber: Hasil Dokumentasi Lapangan (2025)



Gambar 3. Dokumentasi Kegiatan Penelitian Mata Kuliah MAB

Sumber: Dokumentasi PT. Wika Beton (2025)

Spesifikasi Alat

Spesifikasi alat berat merupakan salah satu faktor penting dalam pemilihan dan penggunaan alat berat pada proyek konstruksi karena sangat mempengaruhi efisiensi, produktivitas, keamanan, serta keberhasilan pelaksanaan pekerjaan. Pemilihan alat berat yang tidak sesuai spesifikasi dapat menyebabkan penurunan efisiensi kerja, peningkatan risiko kecelakaan, dan bahkan kerusakan alat yang berujung pada pembengkakan biaya dan keterlambatan proyek. Oleh karena itu, dalam proses pemilihan alat berat perlu mempertimbangkan fungsi alat, kapasitas, metode pemakaian, kondisi medan, serta aspek ekonomi seperti biaya operasional dan pemeliharaan. Berikut merupakan data hasil penelitian terkait spesifikasi alat yang berada di lapangan.

Tabel 1. Spesifikasi Alat Berat *Crawler Crane*

Spesifikasi <i>Crawler Crane</i>	Keterangan
Merk/Type	Sumitomo
Model	SC 1000 (Tahun Produksi 2009)
Kapasitas Angkat Maksimum	100 Ton
Kemampuan Jangkauan	60 m (Boom Length)

Kecepatan Swing Maksimum	2,5 rpm
Kecepatan Angkat (V)	20,11 m/menit

Sumber: PT. Wijaya Karya Beton Tbk. (2025)

Tiang Pancang

Dalam pengamatan di PT. Wijaya Karya beton Tbk, dilakukan penelitian alat berat dengan kegiatan delivery produk tiang pancang segi empat dengan spesifikasi sebagai berikut:

Ukuran : 0,35 x 0,35 m

Panjang : 8 m

Berat : ± 2,5 Ton

Siklus

Waktu siklus adalah waktu muat yang dibutuhkan alat untuk 1 kali produksi. Perhitungan waktu siklus diberlakukan hanya untuk alat-alat yang tidak setiap saat berproduksi secara terus menerus. Perhitungan waktu siklus berbeda - beda untuk setiap jenis alat menurut fungsinya (Asniko *et al.*, 2018). Volume total Produksi Perhari yang di dapat dari data di lapangan yaitu 175 ton/hari. Elemen struktur yang digunakan pada penelitian di lapangan adalah elemen struktur Tiang Pancang dengan berat 2,5 ton dan panjang 8 meter. Adapun Tiang pancang adalah salah satu jenis pondasi dalam (*deep foundation*). Fungsi dari pondasi tiang pancang adalah untuk meneruskan beban-beban yang bekerja pada struktur atas ke dalam tanah. Kedalaman pemancangan tiang diantaranya bergantung pada besarnya beban kerja (working load), jenis tanah, dan spesifikasi tiang yang digunakan (Li *et al.*, 2022).

Tabel 2. Siklus Crawler Crane

Kegiatan	Durasi (menit)
Pengangkatan tiang pancang	1,31
Pengayunan tiang pancang	1,22
Penurunan tiang pancang	1,27
Crane kembali	1,20
Handling	1,00
Jumlah	6 menit

Sumber: PT. Wijaya Karya Beton Tbk. (2025)

Perhitungan dan Analisis Data

Perhitungan untuk mengetahui kapasitas suatu alat yaitu volume yang dikerjakan per siklus waktu dalam waktu 1 jam. Setelah mendapatkan perhitungan waktunya, langkah selanjutnya jumlah alat yang akan diperlukan (Hafsari & Zulfiar, 2019). Adapun cara untuk menganalisis produktivitas alat berat crawler crane sebagai berikut ini.

Produktivitas

Produktifitas sebagai faktor penting yang digunakan untuk melihat kondisi lapangan di PT. Wijaya Karya Beton Tbk. (Wika Beton) sebagai faktor koreksi yang biasa disebut dengan efisiensi kerja, namun faktor tersebut bergantung pada kondisi pengoperasian alat dan pemeliharaannya.

Produktivitas dapat diartikan sebagai rasio output terhadap input, atau rasio hasil produksi terhadap total sumber daya yang digunakan (Arista & Prasetyono, 2024). Berikut merupakan rumus perhitungan yang secara umum digunakan untuk mencari nilai produktivitas, sebagai berikut:

Dimana:

Q = Produktivitas alat (dalam ton/jam atau m³/jam)

q = Kapasitas angkat per siklus (ton atau m³)

N = Jumlah siklus per jam (siklus/jam)

E = Efisiensi kerja (umumnya 0,8 – 0,9)

Dimana :

N = Jumlah siklus per jam (angkat, ayun, turunkan, kembali ke posisi awal)

t = Waktu satu siklus dalam detik

$$- \mathbf{Q}_{\text{harian}} = \mathbf{Q} \mathbf{x} \mathbf{t} \dots \quad (3)$$

Dimana:

Q_{harian} = Produktivitas harian (ton/hari atau m³/hari)

Q = Produktivitas per jam (ton/jam atau m³/jam)

T = Jam kerja efektif per hari (jam/hari), biasanya 7 – 8 jam/hari (tergantung kondisi proyek)

Kebutuhan Alat

Kebutuhan alat berat crawler crane di PT Wijaya Karya Beton Tbk (WIKA Beton) sangat bergantung pada jenis proyek yang dikerjakan, seperti pembangunan jalan rel, struktur beton pracetak, tiang pancang, dermaga, maupun jembatan. Secara umum penggunaan rumus perhitungan untuk mencari nilai kebutuhan alat berat yang digunakan pada pekerjaan pengangkatan *Precast* Beton Tiang Pancang 35 x 35 cm, sebagai berikut:

Dimana :

Σ_{alat} = Jumlah alat berat (unit Crawler Crane) yang dibutuhkan

V_B = Volume beban atau pekerjaan yang harus diselesaikan (misalnya ton atau m³)

Q = Produktivitas alat per jam (ton/jam atau m³/jam)

Σ_{kerja} = Total jam kerja efektif yang tersedia (jam)

Efisiensi Alat

Nilai efisiensi kerja yang dipakai ada PT. Wijaya Karya Beton Tbk menunjukkan bahwa alat berat atau tenaga kerja harus mampu bekerja secara optimal dari waktu kerja yang tersedia. Ukuran seberapa optimal atau efektif penggunaan alat berat Crawler Crane bekerja dalam mencapai target produksi atau kinerja yang direncanakan di PT Wijaya Karya Beton Tbk. Secara umum penggunaan rumus perhitungan untuk mencari persentase efisiensi alat berat Crawler Crane yang digunakan pada pekerjaan pengangkatan *Precast* Beton Tiang Pancang 35 x 35 cm, sebagai berikut:

Dimana :

Waktu Kerja Efektif : Waktu di mana alat benar-benar bekerja secara produktif (misalnya mengangkat, menggali, memuat).

Waktu Kerja Total : Waktu keseluruhan alat tersedia, termasuk waktu idle (menunggu, istirahat, perbaikan ringan, koordinasi, dll).

Tabel 3. Penilaian Efisiensi Kerja Pada alat Berat

Kondisi Pekerjaan	Pemeliharaan Mesin			
	Baik Sekali	Baik	Sedang	Jelek
Baik Sekali	0,84	0,80	0,75	0,70
Baik	0,75	0,75	0,71	0,65
Sedang	0,72	0,69	0,65	0,60
Jelek	0,68	0,61	0,57	0,52

Sumber: (Hafsari & Zulfiar, 2019)

Tabel 4. Standar Efisiensi Kerja Alat Berat

Jenis Akat Berat	Efisiensi (E)
Crawler Crane	0,80 – 0,90
Excavator	0,75 – 0,85
Bulldozer	0,70 – 0,85
Dump Truck	0,60 – 0,75
Whell Loader	0,75 – 0,85
Vibratory Roller	0,80 – 0,90

Sumber: (Hafsari & Zulfiar, 2019)

4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Hasil yang diperoleh dari penelitian lapangan di PT. Wijaya Karya beton Tbk. berupa data jenis alat berat, model, kapasitas angkat maksimum, kemampuan jangkauan, kecepatan swing maksimum, dan kecepatan angkat pada alat berat Crawler Crane. Pada tahap ini, data tersebut dilakukan berdasarkan pengamatan di lapangan yang kemudian diidentifikasi mulai kecepatan dan efektivitas pengangkatan beton sehingga dapat dilakukan optimalisasi penggunaan alat berat tersebut.

Dalam mendukung target produksi dan penyelesaian proyek tepat waktu, penggunaan alat berat yang tepat dengan kondisi dan situasi lapangan pekerjaan akan berpengaruh pada kerugian nilai produksi dan tidak tercapainya jadwal atau target yang telah ditentukan. Maka dalam analisis penelitian ini membahas perhitungan produktivitas dan kebutuhan alat berat crawler crane pada perusahaan tersebut.

Analisis Produktifitas Alat Berat Crawler Crane

Dalam melaksanakan pekerjaan pemindahan dengan menggunakan alat berat, satu hal penting yang harus diperhatikan adalah mengetahui kapasitas operasi dari alat berat yang digunakan (Asniko *et al.*, 2018). Dengan memahami kapasitas operasi ini, operator dan manajemen proyek dapat mengoptimalkan penggunaan alat berat sehingga proses pengangkatan beton berjalan lancar, tepat waktu, dan sesuai dengan standar keselamatan kerja. Berikut merupakan hasil perhitungan produktivitas crawler crane. Untuk data yang di dapat dari penelitian ini tertera pada tabel 4, sebagai berikut:

Tabel 4. Data Hasil Penelitian di PT. Wijaya Karya beton Tbk.

Komponen	Nilai
Waktu satu siklus (t)	6 menit
Kapasitas angkat (q)	2.5 Ton
Efisiensi kerja (E)	80%
Jam Kerja (T)	8 Jam
Total Produksi (V_B)	175 Ton

Sumber: Data Hasil Lapangan (2025)

Produktivitas alat berat Crawler Crane

$$Q = q \times N \times E$$

Jumlah siklus per jam (N) dapat di peroleh sebagai berikut :

$$t = 6 \text{ menit} \rightarrow 6 \times 60 = 360 \text{ detik}$$

Maka:

$$\begin{aligned}
 N &= \frac{3.600}{t} \\
 &= \frac{3.600}{360} \\
 &= 10 \text{ siklus/jam}
 \end{aligned}$$

Sehingga, alat berat Crawler Crane dapat menyelesaikan 10 siklus kerja (angkat–ayun–turun–kembali) dalam 1 jam. Adapun untuk memperoleh besar produktivitas alat berat Crawler Crane, sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 Q &= q \times N \times E \\
 &= 2,5 \times 10 \times 0,8 \\
 &= 20 \text{ ton/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{harian}} &= Q \times T \\
 &= 20 \times 8 \\
 &= 160 \text{ ton/hari}
 \end{aligned}$$

Sehingga di dapat besar produktivitas alat berat crawler crane sekitar 20 ton/jam atau 160 ton/hari. Hasil ini menjadi indikator penting yang dapat mempengaruhi kinerja alat berat untuk mengukur kemampuan alat dalam menyelesaikan pekerjaan yang direncanakan, seperti kapasitas alat, waktu siklus, efisiensi kerja, dan kondisi lapangan.

Kebutuhan alat

Dari hasil produktivitas diatas, dapat ditentukan jumlah kebutuhan alat berat crawler crane yang sesuai dengan kebutuhan di lapangan. Penentuan ini sangat penting untuk memastikan bahwa proses pengangkatan elemen struktur dapat berjalan secara efisien tanpa terjadi keterlambatan atau penumpukan pekerjaan. Jumlah kebutuhan alat berat crawler yang ideal akan meminimalkan waktu tunggu, meningkatkan efektivitas kerja, serta mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya yang tersedia. Adapun jumlah kebutuhan alat berat crawler crane, sebagai berikut:

- Jam kerja per hari: 8 jam
- Penyelesaian produksi diselesaikan dengan 1 alat berat crawler crane dalam 1 hari

$$\begin{aligned}
 \Sigma_{\text{kerja}} &= \text{Jumlah hari kerja} \times \text{Jam kerja per hari} \\
 &= 1 \times 8 \\
 &= 8 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Sigma_{\text{alat}} &= \frac{VB}{Q \times \Sigma_{\text{kerja}}} \\
 &= \frac{175}{160 \times 8} \\
 &= 0,137 \text{ unit atau 1 unit (hasil pembulatan)}
 \end{aligned}$$

Efisiensi alat

Hasil perhitungan untuk memperoleh produktivitas dan kebutuhan alat berat crawler crane, maka efisiensi alat dilakukan untuk mengetahui seberapa baik dan optimal alat berat digunakan dari kapasitas kerja dalam waktu yang tersedia. Adapun nilai efisiensi pada alat berat crawler crane, sebagai berikut:

Waktu kerja efektif = 6,4 jam

Waktu kerja total = 8 jam

Maka:

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi} &= \frac{\text{Waktu kerja efektif}}{\text{Waktu kerja total}} \\ &= \frac{6,4}{8} \times 100\% \\ &= 80\%\end{aligned}$$

Sehingga, alat hanya bekerja sekitar 80% dari waktu tersedia, dan sisanya adalah waktu non-produktif.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan di atas, maka disimpulkan bahwa perhitungan penggunaan alat berat Crawler Crane berdasarkan tingkat produktivitas dan kebutuhan alat berat Crawler Crane, sebagai berikut:

- Hasil perhitungan untuk tingkat produktivitas alat berat Crawler Crane dalam penggunaan untuk mengangkat per precast beton sebesar 2.5 ton membutuhkan produktivitas per jam sebesar 20 ton/jam dan per hari sebesar 160 ton/hari.
- Hasil perhitungan untuk kebutuhan alat berat Crawler Crane untuk melakukan pengangkatan per *precast* beton sebesar 2,5 ton atau dari total keseluruhan 175 ton selama 8 jam per hari membutuhkan alat berat Crawler Crane di Perusahaan PT. Wijaya Karya Beton Tbk. sebanyak 1 unit.
- Hasil perhitungan nilai efisiensi alat berat Crawler Crane dari besar produktivitas dan kebutuhan alat di PT. Wijaya Karya Beton Tbk. sekitar 80% yang artinya kondisi pekerjaan baik sekali dan pemeliharaan mesin dalam kondisi baik.

DAFTAR REFERENSI

- Arista, D., & Prasetyono, P. N. (2024). Produktivitas alat berat Excavator Komatsu PC78 untuk pekerjaan galian pada pembangunan gedung Rumah Sakit Siti Khodijah Muhammadiyah tahap 3 Cabang Sepanjang. *Jurnal Teknik Sipil*, 2(2), 1–6.

- Asniko, S., Yanti, G., & Lubis, F. (2018). Analisis optimalisasi penggunaan alat berat pada proyek pembangunan menara Bank Rakyat Indonesia Pekanbaru. *Jurnal Teknik*, 12(1), 1–7. <https://doi.org/10.31849/teknik.v12i1.1984>
- Basuki, H., & Sutrisno, H. (2023). Efisiensi penggunaan alat berat crane pada proyek konstruksi gedung tinggi. *Jurnal Teknik Bangunan*, 11(3), 102–110.
- Ernawan, D., Sanjaya, M., Pratama, P., & Assidiq, M. D. S. (2024). Analisis produktivitas alat berat dalam pekerjaan cut and fill pada pekerjaan kawasan industri Cikopo Kabupaten Purwakarta. *Jurnal Teknik Sipil*, 1–9.
- Gunawan, A., & Wibowo, M. A. (2016). Perencanaan alat berat pada proyek konstruksi. *Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan*, 18(2), 97–106.
- Hafsari, A. A., & Zulfiar, M. H. (2019). Perbandingan waktu metode erection girder menggunakan crawler crane dan launcher girder pada jembatan bentang panjang. *Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta*, 1–8.
- Hidayat, A., & Rachman, A. (2021). Analisis faktor yang mempengaruhi kinerja alat berat di lapangan. *Jurnal Konstruksi Indonesia*, 7(2), 88–96.
- Kurniawan, W., Nuryati, S., & Prihesnanto, F. (2019). Analisa perbandingan metode erection girder segi waktu dan biaya pada proyek jalan bebas. *Seminar Nasional Energi & Teknologi (SINERGI) 2019*, 37–54.
- Lestari, A. P., & Wahyudi, A. (2018). Evaluasi efektivitas penggunaan alat berat pada pekerjaan pemancangan. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 5(2), 25–34.
- Li, C., Xiao, Y., Liu, J., Lin, Q., Zhang, T., & Liu, J. (2022). The impact of scour on laterally loaded piles bored and socketed in marine clay. *Journal of Marine Science and Engineering*, 10(11), 1–13. <https://doi.org/10.3390/jmse10111636>
- Nasution, M. S., & Simamora, H. (2022). Studi manajemen peralatan konstruksi dalam upaya peningkatan efisiensi proyek. *Jurnal Teknik Infrastruktur*, 9(1), 55–63.
- Pratama, R. D., & Yulianto, E. (2020). Analisa produktivitas alat berat pada proyek pembangunan dermaga. *Jurnal Teknologi Konstruksi*, 6(1), 13–20.
- PT Wijaya Karya Beton. (2025). *Profil PT Wijaya Karya Beton*. <https://www.wika-beton.co.id/riwayat-singkat-perusahaan/>
- Rostiyanti, R. (2008). *Produktivitas dan efisiensi kerja alat berat*. Penerbit Teknik Sipil Nusantara.
- Sibarani, T., & Lubis, R. A. (2017). Produktivitas alat berat pada pekerjaan pemindahan tanah (earth moving) dengan pendekatan kerja efektif. *Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain*, 4(1), 45–52.