

VOLUME 22 NO. 1 MEI 2023

p-ISSN 1412-9299
e-ISSN 2745-4738

JURNAL TEKNIK SIPIL - ARSITEKTUR



**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS JAYABAYA**

JURNAL

TEKNIK SIPIL – ARSITEKTUR

SUSUNAN DEWAN REDAKSI

- Penanggung Jawab** : Dekan FTSP Universitas Jayabaya.
- Pimpinan Redaksi** : Drs. Amirudin Kurdi, MM.
- Reviewer Internal** : Dr. Ir. Eri Setia Romadhon, MT, (Scopus ID: 58102363200) Dekan Fakultas Teknik Sipil Universitas Jayabaya, Indonesia.
Ir. Agus Hadi Santoso, MSc. PhD, (Scopus ID: 6507944306) Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, Jakarta Pusat, Indonesia.
Dr.(c) Ir. Darmadi, MM.,MT. Kepala Program Studi Teknik Sipil, Universitas Jayabaya, Indonesia.
Dr. Ir. Nanang Sofwan S., MPL. Kepala Program Studi Arsitektur, Universitas Jayabaya, Indonesia.
- Reviewer Eksternal** : Dr. Ir. Rachmat Mudiyo, Pd.D (Scopus ID: 57212150517), Dekan Fakultas Teknik Sipil, Universitas Islam Sultan Agung, Semarang, Indonesia.
Dr. Ir. Bambang Endro Yuwono, MT (Scopus ID: 57170529800), Kepala Program Studi, Universitas Trisakti, Jakarta Indonesia.
Dr.(c) Ir. Siti Wardiningsih, MT (Scopus ID: 57362408500), Kepala Program Studi Arsitektur Landscape Institut Sains dan Teknologi Nasional, Jakarta, Indonesia.
Dr.(c) Ir. Widy Subianto, MT (Scopus ID: 57439588000), Praktisi Jasa Konstruksi.
Dr. Ir. Asnun Parwanti, MT (Scopus ID: 57209975373), Kepala Program Studi Teknik Sipil, Universitas Darul Ulum, Jombang, Indonesia.

Dr. Ir. Bambang Widodo, MT (Scopus ID: 57126095400), Kepala Program Studi Teknik Sipil, Universitas 17 Agustus Semarang, Indonesia.

Dr. Ir. Rachmat Mudiyo, MT (Scopus ID: 57212150517), Dekan Fakultas Teknik Sipil, Universitas Islam Sultan Agung Semarang, Indonesia

Dr. Ir. Agung Wahyudi Biantoro, MT (Scopus ID: 57202910849), Dosen Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Universitas Mercubuana, Jakarta, Indonesia.

Secretariat

: M. Shidiq Ashar, SE., MM.

Muhammad Nafhan Isfahani, ST.

Yusanti Setya Putri, SSi.

JURNAL TEKNIK SIPIL – ARSITEKTUR

Jurnal Teknik Sipil-Arsitektur adalah wadah informasi bidang Teknik Sipil dan Arsitektur berupa hasil penelitian, kajian, studi kepustakaan maupun tulisan ilmiah terkait. Terbit pertama tahun 2002. Terbit dua kali setahun pada bulan Mei dan Nopember. ISSN 1412-9299

DAFTAR ISI

Susunan Dewan Redaksi	i
Daftar Isi	ii
ANALISA TARIF JALAN TOL BERDASARKAN PENDEKATAN WILLINGNESS TO PAY (WTP) DAN ABILITY TO PAY (ATP) STUDI KASUS : JALAN TOL PEKANBARU – DUMAI Evi Linawaty Parsaulian, Sudarwati.....	1-8
EVALUASI TINGKAT KERUSAKAN JALAN MENGGUNAKAN METODE PCI (PAVEMENT CONDITION INDEX) PADA RUAS JALAN KERKOF CIMAHI Yuni Fidyningrum, Sudarwati	9-14
ANALISIS PERBANDINGAN TEBAL PERKERASAN LENTUR DENGAN METODE MANUAL DESAIN PERKERASAN BINA MARGA 2017 DAN METODE AASHTO 1993 PADA JALAN SIMPANG GEDANGAN SIDOARJO Arrasis Sandekala, Doni Haidra Nur.....	15-23
REKAYASA LALU LINTAS PENERAPAN SISTEM SATU ARAH DI JALAN JENDERAL SUDIRMAN KOTA SUKABUMI Muchamad Eldi Nugraha, Muhammad Nafhan Isfahani.....	24-32
PERENCANAAN DESAIN STRUKTUR BFR TOWER MENGGUNAKAN SOFTWARE SAP2000 Recky Dwi Prasetyo, Indartono Rivai	33-40
ANALISA DAYA DUKUNG PONDASI TIANG PANCANG PADA PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG ARSIP DINAS BINA MARGA PROVINSI DKI JAKARTA Allamah Kamil, Fatmawati Oemar	41-51

JURNAL TEKNIK SIPIL – ARSITEKTUR

Jurnal Teknik Sipil-Arsitektur adalah wadah informasi bidang Teknik Sipil dan Arsitektur berupa hasil penelitian, kajian, studi kepustakaan maupun tulisan ilmiah terkait. Terbit pertama tahun 2002. Terbit dua kali setahun pada bulan Mei dan Nopember. ISSN 1412-9299

EVALUASI PERHITUNGAN METODE PAVEMENT CONDITION INDEX (PCI) STUDI KASUS JALAN RAYA LETNAN SUKARNA KECAMATAN CIAMPEA KABUPATEN BOGOR Muhamad Bagus Santri Aji, Muhammad Nafhan Isfahani	52-61
ANALISIS STABILITAS TANAH SUBGRADE PADA PROYEK PEMBANGUNAN JALAN TOL JAKARTA-CIKAMPEK 2 SELATAN PAKET 3 Yoan Hovandinata Sembiring, Doni Haidar Nur	62-70
PERBANDINGAN METODE ERECTION PIERHEAD SEGMENTAL MENGGUNAKAN BEAM LIFTER DAN CRAWLER CRANE DARI SEGI WAKTU DAN BIAYA Oksi Rachmat Sila, Eri Setia Romadhon	71-83
Pengaruh Perencanaan Dan Perilaku Pekerja Proyek Terhadap Implementasi K4 (Keamanan, Keselamatan, Kesehatan Dan Keberlanjutan) Pada Pekerjaan Apartemen The Stature Jakarta Mujiman, Doni Haidar Nur, Darmadi	84-90
ANALISIS DAMPAK LALU LINTAS PEMBANGUNAN GUDANG DI KALIMALANG KABUPATEN BEKASI Agung Sopyan Pramono, Sri Yuniarti, Sri Widayati	91-102
ANALISIS BETON SELF COMPACTED MENGGUNAKAN SEMEN PCC Muhammad Imamy Romadhon, Indartono Rivai.....	103-112
PENGENDALIAN BIAYA KONTRAKTOR PT. GREENSTAR ARTEK INDONESIA PADA PROYEK JAKARTA GARDEN CITY Nathaniel Solomasi Zega, Eri Setia Romadhon.....	113-122
Template Journal	123

Alamat Redaksi :

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Jayabaya
Jl. Raya Bogor Km 28,8 Jakarta Timur
Telp/Fak (021)8714822

Web. : www.jurnalftapjayabaya.ac.id | E-mail : jurnalftspjayabaya@gmail.com

**PERBANDINGAN METODE *ERECTION PIERHEAD*
SEGMENTAL MENGGUNAKAN *BEAM LIFTER* DAN *CRAWLER*
CRANE DARI SEGIWAKTU DAN BIAYA**

(1) Oksi Rahmad Sila, (2) Dr. Ir. Eri Setia Romadhon, M.T

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Jayabaya,
Jakarta, Indonesia

Proyek Toll Jakarta – Cikampek Elevated 2 merupakan salah satu proyek strategis nasional dan salah satu proyek percepatan, maka dari itu pada area PT Acset Indonusa Tbk ini dipilih dan dipakai 2 metode erection pierhead segmental dengan menggunakan beam lifter dan crawler crane secara bersamaan untuk mempercepat waktu selesainya proyek. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan produktivitas metode erection pierhead segmental menggunakan beam lifter dan crawler crane dari segi waktu dan biaya. Data atau informasi yang digunakan pada penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Data primer yang digunakan yaitu dengan pengamatan langsung di lapangan serta dokumentasi. Sedangkan data sekunder yang digunakan berupa data proyek serta referensidari buku dan jurnal-jurnal terkait erection pierhead segmental. Berdasarkan data yang sudah diolah didapat hasil perhitungan produktivitas pada pekerjaan erection pierhead segmental dari segi waktu menggunakan beam lifter yaitu 358,444 menit sedangkan menggunakan crawler crane yaitu 321,172 menit. Hasil perhitungan produktivitas pada pekerjaan erection pierhead segmental dari segi biaya menggunakan beam lifter sebesar Rp. 23.775.280,- sedangkan menggunakan crawler crane yaitu Rp. 27.518.430,-.

Kata Kunci: *erection pierhead, beam lifter, crawler crane, waktu, biaya*

Pendahuluan

Pembangunan konstruksi mengalami peningkatan sangat pesat dalam hal teknologi yang digunakan, seperti salah satu contohnya perkembangan teknologi dalam pembangunan struktur jembatan maupun viaduct. Menurut Supriyadi & Muntohar (2016) dalam bukunya yang berjudul “Jembatan”, jembatan bukan hanya konstruksi yang berfungsi sebagai penghubung suatu tempat ke tempat lain akibat terhalang suatu rintangan, namun jembatan merupakan sistem transportasi. Jembatan saat ini penggunaannya bukan hanya sebagai penghubung area satu dengan area lainnya, tapi juga bisa berfungsi sebagai system transportasi seperti jalan tol, jalur kereta dsb. Jembatan yang dibangun di dalam

kota atau dengan kata lain di bawahnya terdapat jalan raya biasa disebut juga viaduct. Tipe struktur viaduct mengalami perkembangan yang sejalan dengan sejarah peradaban manusia, dari tipe yang sederhana sampai dengan tipe yang kompleks, dengan material yang sederhana sampai material yang modern. Jenis struktur viaduct yang terus berkembang dan beraneka ragam mengakibatkan seorang perencana harus tepat memilih tipe struktur yang sesuai dengan kondisi area proyek dan area sekitar.

Salah satu perkembangan konstruksi struktur viaduct saat ini yaitu terdapat pada proyek Toll Jakarta – Cikampek Elevated 2. Penerapan teknologi pada struktur viaduct yang masih tergolong baru, diterapkan pada proyek Toll Jakarta – Cikampek Elevated 2.

Proyek Toll Jakarta – Cikampek Elevated 2 sepanjang 36,4 KM terbentang dari Cikunir (KM 9+500) hingga Karawang Barat (KM 47+500). Pada proyek Toll Jakarta – Cikampek Elevated 2 semua strukturnya elevated yang terdiri dari borepile, pilecap, kolom, pierhead, kolom, pierhead, slab dan aspal terdapat dua kontraktor utama yang mengerjakan proyek tersebut yaitu PT. Waskita Karya Tbk Menurut Dwi Laga (2019), salah satu komponen dari struktur viaduct tersebut yaitu Pierhead. Pierhead merupakan dudukan Upper Structure yang berfungsi untuk menyalurkan beban dari struktur di atasnya ke Pier hingga ke Borepile. Pierhead yang digunakan pada proyek Toll Jakarta – Cikampek 2 Elevated khususnya di area PT Acset Indonusa Tbk ini adalah pierhead segmental yang terbagi menjadi 3 segment. Banyak metode pierhead yang digunakan pada saat ini dari segi pembuatan hingga ke metode pengangkatan erection pierhead tersebut ke atas pier seperti pada proyek Toll Jakarta – Cikampek 2 Elevated area PT Acset Indonusa Tbk yang dimana pengangkatan pierhead pada area tersebut menggunakan metode beam lifter dan metode crawler crane. Biasanya metode pengangkatan pierhead disesuaikan dengan lokasi sekitar proyek tersebut.

Menurut Dimas Prima (2019), erection pierhead segmental dengan metode beam lifter seharusnya lebih mempercepat schedule proyek dan lebih mudah serta lebih safety dari segi pengangkatannya, namun dibutuhkan biaya yang tidak sedikit. Sedangkan erection pierhead dengan metode crawler crane lebih sulit dalam hal mobilisasi karena akan menutup lajur dan mengganggu pengguna jalan tol serta dari segi keamanannya pun diragukan, namun biaya yang dibutuhkan lebih murah.

Erection pierhead segmental menggunakan beam lifter salah satu metode erection terbaru. Namun dari metode erection pierhead segmental tersebut ada metode erection lain yang bisa kita gunakan pada proyek Toll Jakarta – Cikampek Elevated 2 yaitu metode erection pierhead segmental menggunakan crawler crane. Menurut Ical (2019), penggunaan metode erection pierhead segmental menggunakan crawler crane didasari karena erection menggunakan beam lifter ternyata tidak sesuai dengan yang direncanakan, dimana yang seharusnya menggunakan beam lifter lebih mempercepat schedule proyek akan tetapi aktual pengerjaan dilapangan membutuhkan waktu yang lebih lama oleh karena itu di carilah metode lain yaitu menggunakan crawler crane dengan kapasitas 250 Ton. Karena proyek Toll Jakarta – Cikampek Elevated 2 salah satu proyek strategis nasional dan merupakan salah satu proyek percepatan, maka dari itu pada area PT Acset Indonusa Tbk ini dipilih dan dipakai 2 metode erection pierhead segmental dengan menggunakan beam lifter dan crawler crane secara bersamaan untuk mempercepat waktu selesainya proyek. Maka dari itu penulis akan membandingkan dari segi biaya dan waktu antara metode erection pierhead segmental menggunakan beam lifter dan erection pierhead segmental menggunakan crawler crane dari total keseluruhan pierhead yang ada yaitu 158 pierhead.

Metode Penelitian

Pengamatan ini dilakukan pada Proyek Toll Jakarta – Cikampek Elevated 2 area PT. Acset Indonusa, Tbk dari KM 28+000 hingga 37+500. Adapun alasan pemilihan lokasi pada tempat tersebut karena Toll Japek Elevated 2 termasuk sebagai mega proyek yang disorot banyak kalangan dan

metode erection pierhead segmental menarik untuk dibahas lebih dalam. Sehingga penulis memutuskan untuk mengamati metode erection pierhead segmental dari segi waktu dan biaya.

Sumber Data

Salah satu pertimbangan dalam memilih masalah penelitian adalah ketersediaan sumber data. Pada penelitian ini data diperoleh dari data primer dan data sekunder.

a. Data Primer

Data primer merupakan sumber data yang diperoleh secara langsung dari sumber asli atau pihak pertama. Data primer adalah data yang diperoleh secara langsung meliputi dokumen-dokumen perusahaan berupa sejarah perkembangan perusahaan, struktur organisasi dan lain- lain yang berhubungan dengan penelitian (Sugiyono, 2017). Pada penelitian ini data primer yang digunakan adalah pengamatan langsung dilapangan, wawancara pakar dan responden serta dokumentasi.

b. Data sekunder

Data sekunder merupakan sumber data yang diperoleh peneliti secara tidak langsung melalui media perantara. Data sekunder adalah data yang dikumpulkan melalui pihak kedua, biasanya diperoleh melalui instansi yang bergerak dibidang pengumpulan data seperti Badan Pusat Statistik dan lain-lain (Sugiyono, 2017). Pada penelitian ini data sekunder yang digunakan berupa data proyek serta referensi dari buku dan jurnal-jurnal terkait erection pierhead segmental.

Instrumen Penelitian

Menurut Sugiyono (2017) instrumen penelitian adalah suatu alat yang digunakan untuk mengukur fenomena alam maupun sosial (data) dalam suatu penelitian. Adapun instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah dua alat berat yang digunakan untuk pekerjaan erection pierhead segmental yaitu beam lifter dan crawler crane.

Beam lifter yang digunakan pada proyek Jalan Toll Jakarta – Cikampek Elevated 2 mempunyai kapasitas angkut sebesar 250 ton sedangkan crawler crane yang digunakan sebanyak 2 buah dan masing-masing memiliki kapasitas 250 ton.

Metode Analisis

Setelah semua data yang dibutuhkan sudah terkumpul, kemudian dilakukan analisis data dengan cara kuantitatif, yaitu hasil pengamatan dilapangan, kuesioner responden dan wawancara dari pakar diolah sesuai dengan metode analisis yang digunakan.

Analisis waktu

Durasi pekerjaan pada proyek dilakukan dengan cara menghitung waktu siklus (cycle time). Waktu siklus (cycle time) adalah waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan produksi satu unit dari awal hinggaakhir. Setelah menghitung waktu siklus (cycle time) adalah menghitung produktivitas. Produktivitas adalah perbandingan antara hasil yang dicapai (output) dengan seluruh sumber daya yang digunakan (input) seperti ditampilkan pada persamaan 3.1. Sedangkan produktivitas alat tergantung pada kapasitas dan waktu siklus alat tersebut. Rumus dasar untuk menghitung produktivitas alat ditampilkan dalam Persamaan 3.2.

Rumus Produktivitas :

$$\text{Produktivitas} = \frac{\text{output}}{\text{input}} \dots\dots\dots 3.2$$

Rumus Produktivitas Alat :

$$\text{Produktivitas} = \frac{\text{kapasitas}}{\text{cycle time}} \dots\dots\dots 3.3$$

Pada umumnya cycle time masing-masing alat ditetapkan dalam menit sedangkan produktivitas alat dihitung dalam produksi/jam sehingga perlu adanya perubahan dari menit menjadi jam. Jika faktor efisiensi alat dimasukkan maka persamaan di atas akan menjadi seperti Persamaan 3.3 di bawah ini.

$$\text{Produktivitas} = q \times \frac{60}{\text{cycle time}} \times \text{efisiensi} \dots\dots\dots 3.3$$

Keterangan:

Q = kapasitas alat

Cycle Time = waktu siklus (menit)

efisiensi = efisiensi alat

Disamping itu, efisiensi alat dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti kemampuan operator pemakai alat, pemilihan dan pemeliharaan alat, perencanaan dan pengaturan letak alat, topografi dan volume pekerjaan, kondisi cuaca, serta metode pelaksanaan alat. Penentuan efisiensi alat umumnya dilakukan dengan menghitung berapa menit alat tersebut bekerja secara efektif dalam satu jam, atau berapa jam alat tersebut dapat bekerja dalam satu hari. Untuk menentukan efisiensi alat jika dalam satu hari ditentukan 8 jam kerja sedangkan waktu efektif kerja adalah 6 jam maka efisiensi alat adalah 6/8 atau 0.75 (Rostiyanti, 2008).

Setelah mengetahui produktivitas alat, maka kita dapat menghitung berapa jumlah maksimal pierhead segmental yang diangkat dalam durasi satu hari kerja yaitu 8

jam. Untuk menghitungnya maka dapat dilakukan dengan persamaan 3.4.

$$\text{Durasi} = \text{produktivitas alat} \times \text{jam kerja perhari} \dots\dots\dots 3.4$$

Analisis Biaya

Perbandingan biaya pekerjaan erection pierhead segmental akan dilakukan dengan menggunakan indeks kinerja masing-masing alat. Setelah diketahui indeks pada masing-masing alat maka dapat diketahui total harga pemasangan satu buah pierhead segmental dengan beam lifter dan crawler crane. Perhitungan jumlah dapat diketahui dengan menggunakan persamaan 3.6

Tahap berikutnya mencari presentase selisih dari biaya pekerjaan pada masing-masing alat. Tujuannya untuk mengetahui alat berat apa yang tepat untuk digunakan dalam segi biaya. Perhitungan untuk mencari persentase selisih biaya pelaksanaan metode crawler crane dengan metode beam lifter menggunakan perbandingan total harga tertinggi terhadap harga terendah, dapat dilihat pada persamaan 3.8.

Tabel 3. 1 AHSP beam lifter dan crawler crane

Alat Berat	Biaya Sewa	Biaya per Hari
Beam Lifter	Rp. 800.000.000/bulan	Rp. 26.667.000
Crawler Crane	Rp. 500.000.000/bulan	Rp. 16.760.666

Tabel 3. 2 AHSP tenaga kerja erection pierhead segmental dengan beam lifter

Tenaga Kerja	Upah Per Bulan	Upah Per Hari
Tenaga Ahli (<i>skilled labour</i>)		Rp. 115.000
Operator	Rp. 5.500.000	Rp. 180.000
Pengarah (<i>rigger</i>)	Rp. 7.500.000	Rp. 250.000
Mandor		Rp. 125.000
Pekerja (<i>labour</i>)		Rp. 95.000

Tabel 3. 3 AHSP tenaga kerja erection pierhead segmental dengan crawler crane

Tenaga Kerja	Upah Per Bulan	Upah Per Hari
Tenaga Ahli (<i>skilled labour</i>)	Rp. 5.000.000	Rp. 160.000
Operator	Rp. 5.000.000	Rp. 160.000
Pengarah (<i>rigger</i>)	Rp. 7.500.000	Rp. 250.000
Mandor		Rp. 125.000
Pekerja (<i>labour</i>)		Rp. 95.000

Hasil dan Pembahasan

4.1. Waktu Pekerjaan Erection Pierhead Segmental dengan Beam Lifter

Aspek pembandingan pekerjaan erection pierhead segmental pada penelitian ini terdiri dari aspek waktu dan biaya. Dimana aspek waktu ditinjau dari waktu siklus (cycle time) dan menghitung produktivitas alat saat pekerjaan erection pierhead segmental menggunakan beam lifter maupun crawler crane. Sedangkan aspek biaya dilakukan dengan cara menghitung indeks kinerja pada masing-masing alat berat yang digunakan pada pekerjaan erection pierhead segmental pada proyek Toll Jakarta – Cikampek Elevated 2. Perhitungan durasi pekerjaan dan produktivitas erection pierhead segmental dengan beam lifter dilakukan dengan pengamatan langsung dilapangan. Pierhad yang akan diamati berjumlah 5 pierhad atau 5 span. Pencatatan waktu siklus dilakukan sesuai jam kerja normal proyek (8 jam/hari) dengan kode waktu siklus pekerjaan erection pierhead segmental dengan beam lifter sebagai berikut:

Tabel 4. 1 Keterangan kode waktu siklus pekerjaan erection pierhead segmental dengan beam lifter

Kode Waktu	Keterangan
t1	Pengaturan posisi <i>crawler crane</i> untuk <i>erection segment 1</i>
t2	<i>Checklist</i> kondisi <i>crawler crane</i>
t3	Pengangkatan <i>segment 1</i> sampai atas <i>pier</i>
t4	Cek elevasi setelah itu install strand looping
t5	Stressing looping tendon
t6	Perakitan alat beam lifter sekaligus <i>checklist</i> kondisi beam lifter
t7	Pengangkatan beam lifter menggunakan crane ke atas segment 1
t8	Pengangkatan segment 2 (kanan & kiri)
t9	Install dan stressing strand segment 2 (kanan & kiri)
t10	Pengangkatan segment 3 (kanan & kiri)
t11	Install dan stressing strand segment 3 (kanan & kiri)
t12	t1+t2+t3+t4+t5+t6+t7+t8+t9+t10+t11

Sumber: Data olahan peneliti

Hasil pencatatan waktu siklus (cycle time) pekerjaan erection pierhead segmental menggunakan beam lifter dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.2 Waktu siklus pekerjaan erection pierhead segmental dengan beam lifter pada span 1

Kode Waktu	Waktu Siklus (Menit)
	Span 1
t1	18,46
t2	7,29
t3	28,32
t4	8,53
t5	42,3
t6	28,43
t7	48,36
t8	41,36
t9	42,38
t10	38,09
t11	55,59
t12	359,11

Tabel 4. 3 Waktu siklus pekerjaan erection pierhead segmental dengan beam lifter pada span 2

Kode Waktu	Waktu Siklus (Menit)
	Span 2
t1	19,46
t2	7,29
t3	30,35
t4	7,53
t5	42,1
t6	26,15
t7	46,23
t8	43,05
t9	42,2
t10	40,06
t11	52,03
t12	356,45

Tabel 4. 10 Waktu siklus pekerjaan erection pierhead segmental dengan beam lifter pada span 3

Kode Waktu	Waktu Siklus (Menit)
	Span 3
t1	17,42
t2	8,1
t3	28,22
t4	8,17
t5	45,45
t6	27,32
t7	32,12
t8	43,04
t9	27,38
t10	36,31
t11	50,04
t12	323,57

Tabel 4. 11 Waktu siklus pekerjaan erection pierhead segmental dengan beam lifter pada span 4

Kode Waktu	Waktu Siklus (Menit)
	Span 4
t1	16,53
t2	9,02
t3	32,37
t4	7,2
t5	44,42
t6	26,36
t7	32,23
t8	44,1
t9	26,22
t10	34,03
t11	49,59
t12	322,07

Tabel 4. 12 Waktu siklus pekerjaan erection pierhead segmental dengan beam lifter pada span 5

Kode Waktu	Span 5
	t1
t2	8,45
t3	28,2
t4	8,58
t5	42,55
t6	27,39
t7	35,08
t8	42,02
t9	27,37
t10	35,31
t11	48,15
t12	322,19

Setelah mengetahui waktu siklus (cycle time) pada pekerjaan erection pierhead segmental dengan crawler crane, langkah selanjutnya adalah menghitung produktivitas crawler crane sebagai alat angkat pada span 1-5. Berikut adalah langkah untuk menghitung produktivitas crawler crane :

Total waktu siklus= Jumlah t12 keseluruhan (5 pierhead segmental)

$$\begin{aligned}
 &= t_{12} \text{ pierhead 1} + t_{12} \text{ pierhead 2} + t_{12} \text{ pierhead 3} + t_{12} \text{ pierhead 4} + t_{12} \text{ pierhead 5} \\
 &= 16,53 + 9,02 + 32,37 + 7,2 + 44,42 + 26,36 + 32,23 + 44,1 + 26,22 + 34,03 + 49,59 + 322,07 \\
 &= 1605,86 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Rata-rata per pierhead} &= \frac{\text{total cycle time}}{\text{jumlah pier head}} \\
 &= \frac{1605,86}{5} \\
 &= 321,172 \text{ menit/pierhead} \\
 \text{Produktivitas} &= q \times \frac{60}{\text{rata-rata per pierhead}} \times 60 \\
 &= 1 \times \frac{60}{321,172} \times 0,75 \\
 &= 0,140 \text{ pierhead/jam}
 \end{aligned}$$

Dalam satu hari ditentukan pekerja memiliki 8 jam waktu efektivitas bekerja. Maka produktivitas pekerjaan erection pierhead segmental dengan crawler crane adalah sebagai berikut:

$$\text{Produktivitas per jam} = 0,140 \text{ pierhead/jam}$$

$$\text{Produktivitas per hari} = \text{produktivitas alat} \times \text{jam kerja per hari} = 0,140 \text{ pierhead/jam} \times 8 \text{ jam}$$

$$= 1,121 \text{ pierhead/hari} \approx 1 \text{ pierhead/hari}$$

Biaya Pekerjaan Erection Pierhead Segmental dengan Beam Lifter

Selain menghitung waktu siklus, penulis juga menganalisis aspek biaya pada pekerjaan erection pierhead segmental. Rincian biaya pekerjaan erection pierhead segmental dengan beam lifter dilakukan dengan menghitung indeks kinerja alat tersebut.

Tabel 4. 13 Data harga beam lifter

Alat Berat	Biaya Sewa	Biaya per Hari
Beam lifter	Rp. 800.000.000/bulan	Rp. 26.667.000

Sumber: Data Internal Proyek

Data harga alat berat pada tabel diatas yaitu beam lifter untuk pekerjaan erection pierhead segmental pada proyek Toll Jakarta – Cikampek Elevated 2. Penyewaan alat berat tersebut ditentukan oleh masing-masing pemilik alat berat tersebut (subkon). Dapat diketahui bahwa kontrak pembayaran penyewaan beam lifter yaitu perbulan.

Tabel 4. 14 Data upah tenaga kerja erection pierhead segmenal dengan beam lifter

Tenaga Kerja	Upah Per Bulan	Upah Per Hari
Tenaga Ahli (<i>skilled labour</i>)		Rp. 115.000
Operator	Rp. 5.500.000	Rp. 180.000
Pengarah (<i>rigger</i>)	Rp. 7.500.000	Rp. 250.000
Mandor		Rp. 125.000
Pekerja (<i>labour</i>)		Rp. 95.000

Data upah tenaga kerja pada tabel diatas merupakan upah masing-masing tenaga kerja yang didapat dari data internal proyek. Pembayaran upah tenaga kerja sebagian besar dihitung dalam harian kerja, namun sebagian ada yang dibayar per bulan.

Tabel 4. 15 Tenaga kerja pada beam lifter

Pekerjaan	Sampel 1					Sampel 2					
	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	
Pengaturan Lalu Lintas & Pemasangan Aksesoris				1	6					1	7
Pemasangan <i>Beam Lifter</i>		1	2		5		1	2			4
<i>Erection Pierhead Segmental</i>	2	1	2	1	4	1	1	2	1	1	5
Penyambungan Segmen		1	2	1	7				1	2	6
Pelepasan Aksesoris LG dengan Segmen Girder		1	1		3		1	1			2
Total Tenaga Kerja	13					13					

Keterangan:

a = Tenaga Ahli

b = Operator

c = Rigger

d = Mandor

e = Pekerja

Tenaga kerja yang dibutuhkan pada pekerjaan erection pierhead segmental menggunakan beam lifter terdiri dari 2 tenaga ahli yang membantu proses pekerjaan, 1 operator yang mengoperasikan alat berat yang digunakan yaitu beam lifter. 2 pengarah/rigger yang bertugas untuk mengarahkan pemindahan segmen menuju operator. 1 mandor yang bertugas untuk mengarahkan pekerja, serta 7 pekerja yang bertugas untuk pekerjaan berat seperti, proses pengangkutan alat stressing, pengelasan, pemasangan aksesoris lifting, membantu mengarahkan segment pierhead pada proses erection, dan sebagainya.

Hari ke -1	
Jam Kerja	22.00 – 04.30
Total Jam Kerja	6 Jam 30 Menit
Jumlah <i>Pierhead</i> Terpasang	1
Tenaga Ahli (<i>skilled labour</i>)	2
Operator	1
Pengarah (<i>rigger</i>)	2
Mandor	1
Pekerja (<i>labour</i>)	7
Jumlah Alat	1
Hari ke -2	
Jam Kerja	22.15 – 05.00
Total Jam Kerja	6 Jam 45 Menit
Jumlah <i>Pierhead</i> Terpasang	1
Tenaga Ahli (<i>skilled labour</i>)	2
Operator	1
Pengarah (<i>rigger</i>)	2
Mandor	1
Pekerja (<i>labour</i>)	7
Jumlah Alat	1
Hari ke -3	
Jam Kerja	22.00 – 05.00
Total Jam Kerja	7 Jam 00 Menit
Jumlah <i>Pierhead</i> Terpasang	1
Tenaga Ahli (<i>skilled labour</i>)	2
Operator	1
Pengarah (<i>rigger</i>)	2
Mandor	1
Pekerja (<i>labour</i>)	7
Jumlah Alat	1
Hari ke -4	
Jam Kerja	22.00 – 04.30
Total Jam Kerja	6 Jam 30 Menit
Jumlah <i>Pierhead</i> Terpasang	1
Tenaga Ahli (<i>skilled labour</i>)	2
Operator	1
Pengarah (<i>rigger</i>)	2
Mandor	1
Pekerja (<i>labour</i>)	7
Jumlah Alat	1
Hari ke -5	
Jam Kerja	22.00 – 05.00
Total Jam Kerja	7 Jam 00 Menit
Jumlah <i>Pierhead</i> Terpasang	1
Tenaga Ahli (<i>skilled labour</i>)	2
Operator	1
Pengarah (<i>rigger</i>)	2
Mandor	1
Pekerja (<i>labour</i>)	7
Jumlah Alat	1

Pada tabel 4.16 dapat diketahui kinerja beam lifter per harinya berupa total jam kerja, jumlah pierhead yang terpasang, jumlah tenaga kerja dan juga jumlah alat berat yang digunakan dari awal sampai selesai pekerjaan erection pierhead segmental menggunakan beam lifter.

Langkah selanjutnya adalah menghitung indeks kinerja beam lifter untuk satu buah pierhead. Perhitungan indeks biaya pekerjaan erection pierhead segmental menggunakan beam lifter dilakukan dengan rumus berikut:

$$\text{Indeks} = \frac{\text{Total Jam Kerja}}{\text{Jam Kerja Nmd}} \times \frac{\text{Jumlah Tenaga Kerja atau Jumlah Alat Berat}}{\text{Jumlah Komponen Yang Terpasang}}$$

Indeks kinerja beam lifter untuk satu buah pierhead dapat dilihat pada tabel 4.17 dan 4.18 dibawah ini :

Tabel 4. 17 Indeks Kinerja Beam Lifter untuk satu pierhead

Tanggal	Hari ke-1	Hari ke-2	Hari ke-3	Hari ke-4	Hari ke-5
	Indeks	Indeks	Indeks	Indeks	Indeks
Total Jam Kerja (8 jam/480 menit)	390 menit	405 menit	420 menit	390 menit	420 menit
Jumlah Segmen Terpasang	1	1	1	1	1
Jumlah Tenaga Kerja					
Tenaga Ahli (<i>skilled labour</i>)	1,63	1,69	1,75	1,63	1,75
Operator	1,63	1,69	1,75	1,63	1,75
Pengarah (<i>rigger</i>)	0,81	0,84	0,88	0,81	0,88
Mandor	0,81	0,84	0,88	0,81	0,88
Pekerja (<i>labour</i>)	5,69	5,91	6,13	5,69	6,13
Alat	0,81	0,84	0,88	0,81	0,88

Tabel 4. 18 Rata-rata Indeks Kinerja Beam Lifter untuk satu pierhead

Rata-Rata Indeks	
Tenaga Ahli (<i>skilled labour</i>)	1,69
Operator	1,69
Pengarah (<i>rigger</i>)	0,84
Mandor	0,84
Pekerja (<i>labour</i>)	5,91
Alat	0,84

Setelah menghitung indeks kinerja beam lifter, dapat diketahui pula indeks rata-rata dari jumlah tenaga kerja dan jumlah alat yang dipakai dalam satu hari kerja (8 jam). Selanjutnya dilakukan perhitungan total harga pemasangan satu buah pierhead segmental menggunakan alat beam lifter dengan rumus:

$$\text{Jumlah} = \text{indeks} \times \text{harga satuan}$$

Dimana harga satuan alat dan tenaga kerja dapat dilihat pada tabel 4.13 dan 4.14, sedangkan indeks kinerja dapat dilihat pada tabel 4.18.

Berikut adalah hasil perhitungan pekerjaan erection pierhead segmental menggunakan beam lifter per satu segmen:

Tabel 4. 19 Total harga pada pemasangan satu pier head segmental dengan beam lifter

Item	Indeks	Satuan	Harga Satuan	Jumlah
Tenaga Ahli (<i>skilled labour</i>)	1,69	OH	Rp 115.000	Rp 194.350
Operator	1,69	OH	Rp 180.000	Rp 304.200
Pengarah (<i>rigger</i>)	0,84	OH	Rp 250.000	Rp 210.000
Mandor	0,84	OH	Rp 125.000	Rp 105.000
Pekerja (<i>labour</i>)	5,91	OH	Rp 95.000	Rp 561.450
Alat (<i>beam lifter</i>)	0,84	Hari	Rp 26.667.000	Rp 22.400.280
Total				Rp 23.775.280,-

Pada tabel diatas dapat dilihat total harga erection pierhead segmental menggunakan beam lifter per pierhead adalah Rp 23.775.280,-

Biaya Pekerjaan Erection Pierhead Segmental dengan Crawler Crane

Rincian biaya pekerjaan erection pierhead segmental dengan crawler crane dilakukan dengan menghitung indeks kinerja alat tersebut.

Tabel 4. 20 Daftar harga crawler crane

Alat Berat	Biaya Sewa	Biaya per Hari
Crawler Crane	Rp. 500.000.000/bulan	Rp. 16.760.666

Data harga alat berat pada tabel diatas yaitu crawler crane untuk pekerjaan erection pierhead segmental pada proyek Toll Jakarta – Cikampek Elevated 2. Penyewaan alat berat tersebut ditentukan oleh masing-masing pemilik alat berat tersebut (subkon). Dapat diketahui bahwa kontrak pembayaran penyewaan crawler crane selama 1 bulan.

Tabel 4. 21 Data upah tenaga kerja erection pierhead segmental dengan crawler crane

Tenaga Kerja	Upah Per Bulan	Upah Per Hari
Tenaga Ahli (<i>skilled labour</i>)	Rp. 5.000.000	Rp. 160.000
Operator	Rp. 5.000.000	Rp. 160.000
Pengarah (<i>rigger</i>)	Rp. 7.500.000	Rp. 250.000
Mandor		Rp. 125.000
Pekerja (<i>labour</i>)		Rp. 95.000

Data upah tenaga kerja pada tabel di atas merupakan upah masing-masing tenaga kerja yang penulis dapat

Tabel 4. 22 Tenaga kerja pada crawler crane

Pekerjaan	Sampel 1				Sampel 2					
	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e
Pengaturan Lalu Lintas & Pemasangan Aksesoris				1	8				1	8
Pemasangan CC dengan segmen pierhead			1		4			1		4
Erection Pierhead segmental Segmen Girder	2	2	3	2	2	2	2	2	1	2
Penyambungan Segmen Girder dengan Pier	2	1	1	6		2	1	1	1	6
Pelepasan Aksesoris CC dengan Segmen Girder	2				3	2				3
Total Tenaga Kerja	16					16				

Keterangan:

a = Tenaga ahli

b = Operator

c = Rigger

d = Mandor

e = Pekerja

Tenaga kerja yang dibutuhkan pada pekerjaan erection pierhead segmental menggunakan crawler crane berjumlah 16 orang, terdiri dari 2 tenaga ahli yang membantu proses pekerjaan, 2 operator yang masing-masing mengoperasikan alat berat yang digunakan yaitu 2 crawler crane. 3 pengarah/rigger yang berfungsi untuk mengarahkan pemindahan segmen menuju operator serta membantu operator ketika boom swing, 1 mandor yang bertugas untuk mengarahkan pekerja, serta 8 pekerja yang bertugas mengatur lalu lintas sebelum erection dimulai, untuk pekerjaan berat seperti proses pengangkutan alat stressing, pengelasan, pemasangan aksesoris lifting, membantu mengarahkan segment pierhead pada proses erection, dan sebagainya.

Tabel 4. 23 Kinerja crawler crane pierhead

Hari ke -1	
Jam Kerja	22.00 – 04.15
Total Jam Kerja	6 Jam 15 Menit
Jumlah <i>Pierhead</i> Terpasang	1
Tenaga Ahli (<i>skilled labour</i>)	2
Operator	2
Pengarah (<i>rigger</i>)	3
Mandor	1
Pekerja (<i>labour</i>)	8
Jumlah Alat	2
Hari ke -2	
Jam Kerja	22.15 – 04.00
Total Jam Kerja	5 Jam 45 Menit
Jumlah <i>Pierhead</i> Terpasang	1
Tenaga Ahli (<i>skilled labour</i>)	2
Operator	2
Pengarah (<i>rigger</i>)	3
Mandor	1
Pekerja (<i>labour</i>)	8
Jumlah Alat	2

Hari ke -3	
Jam Kerja	22.00 – 04.30
Total Jam Kerja	6 Jam 30 Menit
Jumlah <i>Pierhead</i> Terpasang	1
Tenaga Ahli (<i>skilled labour</i>)	2
Operator	2
Pengarah (<i>rigger</i>)	3
Mandor	1
Pekerja (<i>labour</i>)	8
Jumlah Alat	2
Hari ke -4	
Jam Kerja	22.00 – 04.00
Total Jam Kerja	6 Jam 00 Menit
Jumlah <i>Pierhead</i> Terpasang	1
Tenaga Ahli (<i>skilled labour</i>)	2
Operator	2
Pengarah (<i>rigger</i>)	3
Mandor	1
Pekerja (<i>labour</i>)	8
Jumlah Alat	2
Hari ke -5	
Jam Kerja	22.00 – 04.15
Total Jam Kerja	6 Jam 15 Menit
Jumlah <i>Pierhead</i> Terpasang	1
Tenaga Ahli (<i>skilled labour</i>)	2
Operator	2
Pengarah (<i>rigger</i>)	3
Mandor	1
Pekerja (<i>labour</i>)	8
Jumlah Alat	2

Pada tabel 4.23 dapat diketahui kinerja crawler crane per harinya berupa total jam kerja, jumlah pierhead yang terpasang, jumlah tenaga kerja dan juga jumlah alat berat yang digunakan dari awal sampai selesai pekerjaan erection pierhead segmental menggunakan crawler crane.

Langkah selanjutnya adalah menghitung indeks kinerja crawler crane untuk satu buah pierhead. Perhitungan indeks biaya pekerjaan erection pierhead segmental menggunakan crawler crane dilakukan dengan rumus berikut:

$$\text{Indeks} = \frac{\text{Total Jam Kerja}}{\text{Jam Kerja Nml}} \times \frac{\text{Jumlah Tenaga Kerja atau Jumlah Alat Berat}}{\text{Jumlah Komponen Yang Terpasang}}$$

Indeks kinerja crawler crane untuk satu buah segmen girder dapat dilihat pada table 4.24 dan 4.25 dibawah :

Tabel 4. 24 Indeks kinerja crawler crane untuk satu pierhead

Tanggal	Hari ke-1	Hari ke-2	Hari ke-3	Hari ke-4	Hari ke-5
	Indeks	Indeks	Indeks	Indeks	Indeks
Total Jam Kerja (8 jam/480 menit)	375 menit	345 menit	390 menit	360 menit	375 menit
Jumlah Segmen Terpasang	1	1	1	1	1
Jumlah Tenaga Kerja					
Tenaga Ahli (<i>skilled labour</i>)	1,56	1,44	1,63	1,50	1,56
Operator	1,56	1,44	1,63	1,50	1,56
Pengarah (<i>riger</i>)	2,34	2,16	2,44	2,25	2,34
Mandor	0,78	0,72	0,81	0,75	0,78
Pekerja (<i>labour</i>)	6,25	5,75	6,50	6,00	6,25
Alat	1,56	1,44	1,63	1,50	1,56

Tabel 4. 25 Rata-rata Indeks kinerja crawler crane untuk satu pierhead

Rata-Rata Indeks	
Tenaga Ahli (<i>skilled labour</i>)	1,54
Operator	1,54
Pengarah (<i>riger</i>)	2,31
Mandor	0,77
Pekerja (<i>labour</i>)	6,15
Alat	1,54

Setelah menghitung indeks kinerja crawler crane, dapat diketahui pula indeks rata-rata dari jumlah tenaga kerja dan jumlah alat yang dipakai dalam satu hari kerja (8 jam). Selanjutnya dilakukan perhitungan total harga pemasangan satu buah segmen gider menggunakan alat crawler crane dengan rumus:

$$Jumlah = indeks \times harga\ satuan$$

Dimana harga satuan alat dan tenaga kerja dapat dilihat pada tabel 4.20 dan 4.21, sedangkan indeks kinerja dapat dilihat pada tabel 4.25.

Berikut adalah hasil perhitungan pekerjaan erection pierhead segmental menggunakan crawler crane per satu segmen:

Tabel 4. 26 Total harga pada pemasangan satu pierhead segmental dengan crawler crane

Item	Indeks	Satuan	Harga Satuan	Jumlah
Tenaga Ahli (<i>skilled labour</i>)	1,54	OH	Rp 160.000	Rp 246.000
Operator	1,54	OH	Rp 160.000	Rp 246.000
Pengarah (<i>riger</i>)	2,31	OH	Rp 250.000	Rp 576.563
Mandor	0,77	OH	Rp 125.000	Rp 96.094
Pekerja (<i>labour</i>)	6,15	OH	Rp 95.000	Rp 584.250
Alat (<i>crawler crane</i>)	1,54	Hari	Rp 16.760.666	Rp 25.769.524
Total				Rp. 27.518.430,-

Pada tabel di atas dapat dilihat total harga erection pierhead segmental menggunakan crawler crane per satu jam per satu pier head adalah Rp. 27.518.430

Dari data yang sudah dihitung selanjutnya dapat diketahui nilai presentase perbandingan harga antara beam lifter dan crawler crane dalam pekerjaan erection pierhead segmental. Perhitungan untuk mencari presentase selisih biaya dilakukan dengan menggunakan perbandingan total harga tertinggi terhadap harga terendah.

Tabel 4. 27 Perbandingan harga beam lifter dan crawler crane

Item	Alat Berat	
	Beam lifter	Crawler Crane
Tenaga Ahli (<i>skilled labour</i>)	Rp 194.350	Rp 246.000
Operator	Rp 304.200	Rp 246.000
Pengarah (<i>riger</i>)	Rp 210.000	Rp 576.563
Mandor	Rp 105.000	Rp 96.094
Pekerja (<i>labour</i>)	Rp 561.450	Rp 584.250
Alat (<i>beam lifter</i>)	Rp 22.400.280	Rp 25.769.524
Total	Rp 23.775.280	Rp 27.518.430
Persentase perbandingan biaya (%)	46,35%	53,65%

Dari tabel diatas didapatkan nilai presentase perbandingan harga antara beam lifter dan crawler crane sebesar 46,35 % untuk beam lifter dan 53,65 % untuk crawler crane.

Kesimpulan

Berdasarkan perbandingan kedua aspek yaitu dalam segi waktu dan biaya yang telah dilakukan pada 5 sample span pier maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Dari aspek waktu, didapat hasil perhitungan waktu siklus (cycle time) dan produktivitas pada pekerjaan erection pierhead segmental menggunakan metode Beam Lifter 358,444 menit untuk 1 pierhead
- 2) Dari aspek waktu, didapat hasil perhitungan waktu siklus (cycle time) dan produktivitas pada pekerjaan erection pierhead segmental

menggunakan metode Crawler crane 321,172 menit untuk 1 pierhead

Selisih waktu yang berbeda disebabkan karena kegiatan erection pierhead segmental menggunakan beam lifter terlalu lama pada saat moving alat tersebut dari 1 pier ke pier selanjutnya sehingga pada tahap persiapan pekerjaan erection pierhead segmental menggunakan beam lifter membutuhkan waktu yang lama untuk moving alat angkat tersebut.

- 3) Dari aspek biaya, perhitungan indeks kinerja alat menggunakan metode Beam Lifter Rp. 23.775.280,-
- 4) Dari aspek biaya, perhitungan indeks kinerja alat menggunakan metode Crawler Crane Rp. Rp. 27.518.430,-

Dapat dilihat bahwa pekerjaan erection pierhead segmental menggunakan Beam Lifter lebih murah dibandingkan dengan biaya pekerjaan erection pierhead segmental menggunakan Crawler Crane.

Saran

Setelah melakukan survei penelitian dan kerusakan jalan tersebut, penulis memberikan beberapa saran yaitu:

- 1) Pada proyek Toll Jakarta – Cikampek Elevated 2 pekerjaan erection pierhead segmental dengan beam lifter dan crawler crane dapat digunakan keduanya, namun penggunaan metode dengan crawler crane akan lebih baik digunakan karena dinilai lebih cepat efisien dan dapat mempercepat schedule meskipun metode crawler crane lebih mahal dibandingkan dengan beam lifter akan tetapi perbedaannya hanya sedikit.
- 2) Pemilihan metode erection pada proyek selanjutnya yang hampir sama dengan

proyek Toll Jakarta – Cikampek Elevated 2 agar lebih baik untuk mengkaji situasi, kondisi lingkungan dan semua faktor yang kemungkinan akan terjadi pada saat proyek berlangsung, agar tidak terjadi perubahan metode kerja di tengah pekerjaan berlangsung.

Daftar Pustaka

- Adi, D. D. (2013). Analisa perbandingan metode erection girder menggunakan launcher girder dan temporary bridge dari segi biaya dan waktu pada jembatan kali surabaya mojokerto. Jakarta Pusat: Teknik Sipil Universitas Persada Indonesia.
- Alemu Moges, O. T. (2017). Do Longer Projects Have Larger Cost Deviation Than Shorter. Norway: Procedia Engineering.
- Alshamrani, O. S. (2017). Construction cost prediction model for conventional and sustainable college buildings in North America. Taibah University for Science.
- Elmi Yuntafa, I. W. (2015). perbandingan pekerjaan pemasangan dinding bata ringan dengan pemasangan dinding panel precast ditinjau dari segi biaya dan waktu (studi kasus pada proyek green palace apartment, kalibata jakarta selatan). Teknik Sipil FT UN.
- Hari Jamato, M. A. (2015). perbandingan penggunaan tower crane dengan mobil crane ditinjau dari efisiensi waktu dan biaya sebagai alat angkat utama pada pembangunan gedung. Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta.

MSc, R. e. (2017). Advantages of Precast Concrete in Highway Infrastructure Construction. *Procedia Engineering*.

Wahid Sulistiyono husein d. d. (2015). perbandingan gantry dan mobile crane pada jalan layang dari segi waktu, metode kerja, dan biaya. *Teknik Sipil, Universitas Bina Nusantara* .

Wahyu Kurniawan, S. Y. (2018). Analisa perbandingan metode erection girder menggunakan beam launcher dan crawler crane dari segi waktu dan biaya pada proyek jalan bebas hambatan tanjung priok seksi e2. bekasi: Fakultas Teknik UNISMA.