



Perbandingan Biaya dan Waktu *Erection* PCI Girder dengan *Crawler Crane* dan *Gantry Launcher* (Studi Kasus: Jembatan Soran Proyek Jalan Tol Solo – Yogyakarta – Nyia Kulon Progo Seksi 1 Paket 1.2)

R.A. Suci^a, S.A. Wibawa^a, A.A. Firdausi^{a*} dan H.A. Safarizki^a

^aProgram Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Veteran Bangun Nusantara, Sukoharjo, Jawa Tengah, Indonesia 57651

* Corresponding author's e-mail: annisaazharf@gmail.com

Received: 12 August 2024; revised: 31 August 2024; accepted: 2 September 2024

Abstract: The infrastructure growth in Indonesia, particularly on the island of Java, has surged significantly up to the year 2024, one of which includes the Trans-Java toll road project. The aim of this development is to boost the country's economic growth and streamline transportation. A part of the Trans-Java toll road project that is still under construction is the Solo – Yogyakarta – NYIA Kulon Progo Toll Road Project, which connects the cities of Surakarta and Yogyakarta. The construction of the Solo – Yogyakarta – NYIA Kulon Progo Toll Road in Section 1 Package 1.2 is planned to traverse several terrains. For instance, at STA 22 + 767, it will cross the Soran River. Therefore, a bridge needs to be built at STA 22 + 767. The planning of the PCI girder erection method needs to be reviewed, especially for the Soran Bridge, as the initial plan to use the gantry launcher method requires further assessment in terms of time and implementation costs. Hence, an alternative method, the crawler crane, is needed for comparison. From the analysis of time and cost comparisons between the two methods, namely the Crawler Crane method and the Gantry Launcher method for the erection of the PCI girder at the Soran Bridge, the analysis results are as follows: The productivity of equipment using the Crawler Crane method is 0.75 units/hour, and for the Gantry Launcher method, it is 0.19 units/hour, making the productivity faster with the Crawler Crane method. In terms of implementation time based on the analysis, it is 9 days for the Crawler Crane method and 20 days for the Gantry Launcher method, making the implementation 55 percent faster using the Crawler Crane method. Regarding the implementation cost of each method based on the cost analysis, including the procurement and installation of PCI girders, it is IDR 9,219,795,750.00 for the Crawler Crane method and IDR 9,967,224,600.00 for the Gantry Launcher method, making the Crawler Crane method more cost-efficient by 7.49 percent.

Keywords: *crawler crane, gantry launcher, erection girder, PCI girder*

Abstrak: Pertumbuhan infrastruktur negara Indonesia lebih tepatnya di Pulau Jawa sampai pada tahun 2024 ini melambung cukup pesat, salah satunya diantaranya yaitu proyek jalan tol trans jawa. Tujuan dari pembangunan ini adalah untuk meningkatkan angka perekonomian negara dan memperlancar transportasi. Proyek yang masih dalam tahap pengerjaan bagian dari jalan tol trans jawa salah satunya yaitu Proyek Jalan Tol Solo – Yogyakarta – NYIA Kulon Progo yang menghubungkan Kota Surakarta dan Yogyakarta. Proyek Pembangunan Jalan Tol Solo – Yogyakarta – NYIA Kulon Progo pada Seksi 1 Paket 1.2 direncanakan akan melewati beberapa medan. Contohnya pada STA 22 + 767 yang nantinya akan melewati Sungai Soran. Maka dari itu, pada STA 22 + 767 perlu dibangun jembatan. Perencanaan metode *erection* PCI girder perlu untuk dikaji khususnya pada Jembatan Soran dikarenakan awalnya perencanaan *erection* PCI girder jembatan ini menggunakan metode *gantry launcher* namun karena perlu peninjauan lebih perihal waktu dan biaya pelaksanaan maka dari itu dibutuhkan metode alternatif untuk perbandingan, yakni *crawler crane*. Dari analisis perhitungan perbandingan waktu dan biaya dari 2 metode yakni metode *Crawler Crane* dan metode *Gantry Launcher* pada pelaksanaan *erection* PCI girder Jembatan Soran didapatkan hasil analisis : Produktivitas alat pada penggunaan metode *Crawler Crane* adalah 0.75 buah/jam dan untuk metode *Gantry Launcher* adalah 0.19 buah/jam, sehingga untuk produktivitasnya lebih cepat menggunakan metode *Crawler Crane*. Sementara dilihat dari segi waktu pelaksanaan berdasarkan analisis adalah 9 hari untuk metode *Crawler Crane* lalu 20 hari untuk metode *Gantry Launcher* sehingga pelaksanaannya 55 persen lebih cepat menggunakan metode *Crawler Crane*. Untuk biaya pelaksanaan setiap metode berdasarkan analisis perhitungan meliputi biaya pengadaan PCI girder dan biaya *install* PCI girder yaitu Rp 9.219.795.750,00 untuk metode *Crawler Crane* dan Rp 9.967.224.600,00 untuk metode *Gantry Launcher* sehingga untuk biaya pelaksanaannya lebih efisien metode *Crawler Crane* hingga 7.49 persen.

Kata kunci: *crawler crane, gantry launcher, erection girder, PCI girder*

1. Pendahuluan

Pertumbuhan infrastruktur negara Indonesia lebih tepatnya di Pulau Jawa sampai pada tahun 2024 ini melambung cukup pesat, diantaranya yaitu proyek jalan tol trans jawa. Tujuan dari proyek ini adalah untuk meningkatkan angka perekonomian negara dan memperlancar transportasi [1]. Proyek yang masih dalam tahap pengerjaan bagian dari jalan tol trans jawa salah satunya yaitu Proyek Jalan Tol Solo – Yogyakarta – NYIA

Kulon Progo yang menghubungkan Kota Surakarta dan Yogyakarta [2].

Proyek Pembangunan Jalan Tol Solo – Yogyakarta – NYIA Kulon Progo akan dibangun dengan panjang 96,57 km dan membutuhkan biaya sebanyak Rp 26,6 triliun serta dibagi 3 seksi, yakni seksi 1 Kartasura – Purwomartani 42,37 km, seksi 2 Purwomartani – Gamping 23,42 km, dan seksi 3 Gamping – Purworejo 30,77 km. Seksi 1 Kartasura – Purwomartani dibagi atas Paket 1.1 Solo – Klaten sepanjang 22,3 km sedangkan Paket 1.2 Klaten –

Purwomartani sepanjang 20,08 km [3]. Proyek Pembangunan Jalan Tol Solo – Yogyakarta – NYIA Kulon Progo pada Seksi 1 Paket 1.2 direncanakan akan melewati beberapa medan. Maka dari itu, pada STA 22 + 767 perlu dibangun jembatan. Proyek Jalan Tol Solo – Yogyakarta – NYIA Kulon Progo ini pembangunan jembatannya pada bagian *abutment* digunakan struktur utama beton bertulang serta pada PCI *girder* digunakan beton prategang [4]. Jumlah dan panjang PCI *girder* yang digunakan pada tiap jembatan tentu saja akan berbeda. Untuk proyek pembangunan Jembatan Soran STA 22 + 767 ini menggunakan PCI *girder* sebanyak 18 buah dengan panjang 45,80 m. Pada proyek sebuah jembatan, terdapat pekerjaan pemasangan PCI *girder* ke atas *abutment* yang dinamakan dengan *erection* PCI *girder* yang merupakan pekerjaan penting dalam pembangunan sebuah jembatan. *Erection* dapat diartikan sebagai suatu pekerjaan mengangkat balok PCI *girder* ke atas *abutment* kemudian diletakkan diatas *bearing pad* sebagai titik tumpu [5].

Perencanaan metode *erection* PCI *girder* perlu untuk dikaji khususnya pekerjaan *erection* PCI *girder* pada Jembatan Soran dikarenakan pada awalnya perencanaan *erection* PCI *girder* jembatan ini akan menggunakan metode *gantry launcher* namun karena perlu peninjauan lebih perihal waktu dan biaya pelaksanaan maka dari itu dibutuhkan metode alternatif untuk perbandingan, yakni *crawler crane* [6]. Berdasarkan penelitian yang dilakukan pada Jembatan Jebol 2 Proyek Jalan Tol Solo – Yogyakarta yang melakukan perbandingan metode pelaksanaan *Erection* PCI *Girder* dapat disimpulkan rekomendasi alat berat ditinjau dari waktu pelaksanaan yang lebih cepat, biaya pelaksanaan terjangkau, serta nilai tingkat resiko berdasarkan matriks HIRADC terendah adalah alat *crawler crane* dengan waktu pelaksanaan yang digunakan adalah 6 hari sedangkan *gantry launcher* serta perancah adalah 12 hari, lalu untuk nilai tingkat resiko mengacu pada matriks HIRADC metode *crawler crane* 181, metode *gantry launcher* 174, dan juga metode perancah 183; dan biaya pelaksanaan yang dibutuhkan pada metode *crawler crane* Rp 536.131.818,11, metode *gantry launcher* Rp 1.126.924.327,59 serta metode perancah Rp 2.103.155.363,55 [7]. Sedangkan, dalam studi pada Proyek Jembatan Teluk Kendari yang melakukan perbandingan *Erection* PCI *Girder* menggunakan *Crawler Crane* dan *Gantry Launcher* mendapatkan kesimpulan bahwa dari segi waktu pelaksanaan lebih cepat, biaya pelaksanaan yang lebih murah, serta resiko keselamatan dan kesehatan kerja (K3) lebih rendah yaitu dengan metode *gantry launcher*. Total biaya metode *crawler crane* sebesar Rp 7.565.063.262,05 sedangkan total biaya metode *gantry launcher* adalah sebesar Rp 7.465.903.950,38; waktu pelaksanaan metode *crawler crane* adalah 62 hari lalu untuk metode *gantry launcher* adalah 72 hari [8].

Kemudian dalam studi berbeda pada pekerjaan *Erection Prestressed Concrete I-Girder* dengan Metode *Crawler Crane* dan *Launching* pada Jembatan Ngaglik Lamongan disimpulkan jika metode *crawler crane* lebih terjangkau dibandingkan dengan metode *gantry launcher* ditinjau dari aspek pertimbangan waktu pelaksanaan, aspek lalu lintas,

dan aspek kemudahan pelaksanaan. Setelah dilakukannya penelitian didapatkan hasil pada metode *crawler crane* keseluruhannya perlu waktu 3 hari dan pada metode *gantry launcher* membutuhkan 10 hari, total biaya yang dikeluarkan pada metode *crawler crane* adalah sebesar Rp 138.300.000,00 sedangkan untuk metode *gantry launcher* biaya yang dikeluarkan sebesar Rp 128.700.000,00 [9]. Pada dasarnya dari kedua metode tersebut memiliki kelebihan dan kekurangan, oleh sebab itu diperlukan tinjauan lebih dalam dari aspek waktu dan aspek biaya dari kedua metode tersebut [10]. Dari beberapa penelitian terdahulu menyatakan bahwa proses *erection* PCI *girder* adalah suatu pekerjaan dengan biaya cukup besar untuk alokasi sewa alat berat serta merupakan pekerjaan yang membutuhkan waktu cukup lama [11].

Metode kerja akan mempengaruhi waktu dan biaya pelaksanaan. Oleh sebab itu, pada penelitian ini dilakukan pengamatan pada pekerjaan *erection* PCI *girder* Jembatan Soran di Proyek Pembangunan Jalan Tol Solo – Yogyakarta – NYIA Kulon Progo Seksi 1 Paket 1.2 yang memiliki karakteristik proyek yang berbeda dari beberapa kajian terdahulu agar dapat mengetahui produktivitas, waktu, dan biaya pelaksanaan dari metode yang digunakan antara *crawler crane* dan *gantry launcher* sebagai bahan evaluasi pekerjaan pada seksi berikutnya. Adapun tujuan dari dilaksanakannya penelitian ini adalah: (1) menganalisis produktivitas pelaksanaan *erection* PCI *girder* metode *crawler crane* dan metode *gantry launcher*; dan (2) menganalisis waktu dan biaya pelaksanaan yang digunakan pada pekerjaan *erection* PCI *girder* menggunakan *crawler crane* dan *gantry launcher* pembangunan jembatan soran STA 22 + 767 Proyek Pembangunan Jalan Tol Solo – Yogyakarta – NYIA Kulonprogo Seksi 1 Paket 1.2.

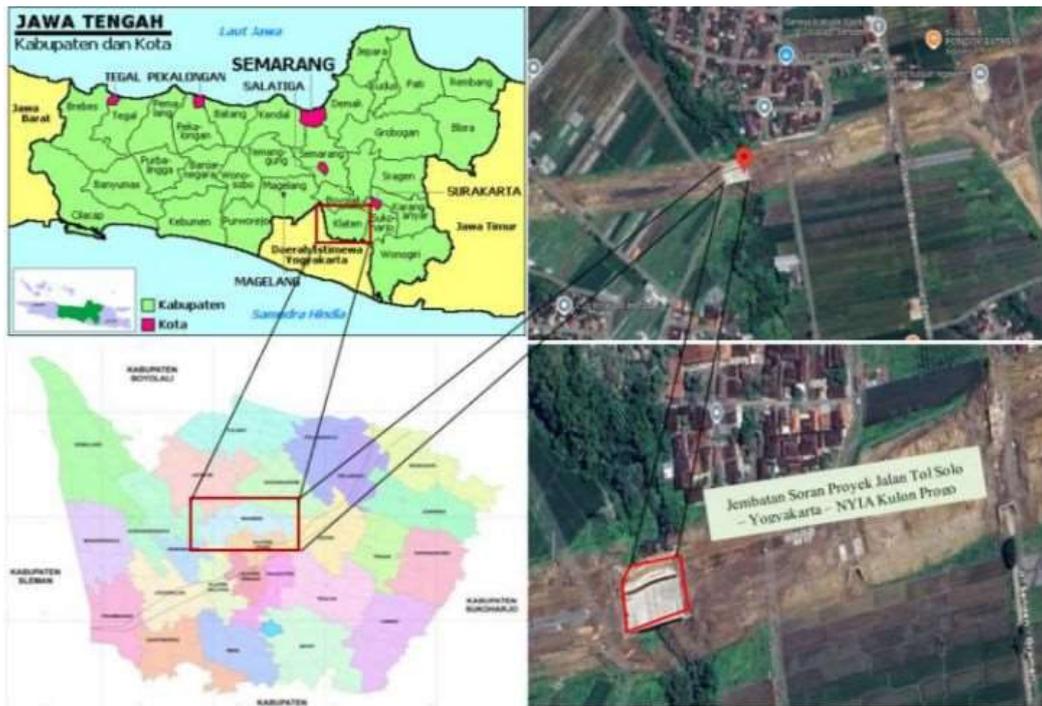
2. Metode Penelitian

2.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Proyek Pembangunan Jalan Tol Solo – Yogyakarta – NYIA Kulon Progo Seksi 1 Paket 1.2 Klaten – Purwomartani, tepatnya pada Jembatan Soran STA 22 + 767 (Gambar 1), yang terletak di Kabupaten Klaten Provinsi Jawa Tengah.

2.2. Data

Data primer pada penelitian ini yaitu proses pelaksanaan *erection* PCI *girder*, waktu siklus (*cycle time*) yang terjadi saat pelaksanaan *erection* PCI *girder* berlangsung yang didapatkan dari pengamatan secara langsung di lapangan, serta melakukan *interview* (wawancara) bersama pelaksana lapangan (SPV) pada jembatan sungai Soran STA 22 + 767 Proyek Pembangunan Jalan Tol Solo – Yogyakarta – NYIA Kulon Progo Seksi 1 Paket 1.2. Data sekunder yang diperoleh tersebut meliputi data spesifikasi alat berat, data AHSP, *shop drawing*, serta data kebutuhan tenaga kerja dan sewa alat yang diperoleh dari pihak kontraktor pelaksana serta tambahan data sekunder yang diperlukan adalah sebagai berikut.



Gambar 1. Lokasi penelitian

1. *Detail Engineering Design (DED)*
DED Jembatan Soran yang dipakai pada pelaksanaan *erection PCI girder*. DED diperlukan untuk menetapkan item, volume, dan penetapan letak alat berat.
2. Data spesifikasi alat – alat berat
Data ini diperlukan untuk mengetahui jenis dan kapasitas maksimum alat berat yang digunakan pada pelaksanaan *erection PCI girder*.
3. Harga upah pekerja dan sewa alat berdasarkan Analisa Harga Satuan Alat Baru ADD 4 Evaluasi Papekon dari pihak PT. Adhi Karya (Persero) Tbk.
Harga upah pekerja serta sewa alat berat yang dibutuhkan untuk menganalisis biaya pelaksanaan pada *erection PCI girder*.
4. Data hasil penelitian terdahulu
Data hasil penelitian terdahulu diperlukan sebagai perhitungan biaya dalam pelaksanaan *erection PCI girder* metode *gantry launcher* yang didapatkan dari jurnal sebagai pembandingan.

2.3. Metode dan Tahapan Penelitian

Tahap analisis dengan membandingkan *erection PCI girder* metode *crawler crane* dengan *erection PCI girder* metode *gantry launcher* seperti berikut ini:

1). Tahap identifikasi masalah

Awal dari tahapan penelitian ini yaitu mengidentifikasi pelaksanaan *erection PCI girder* jembatan kemudian dijadikan sebagai bahan penelitian pada tugas akhir. Pada tahap ini dilaksanakan melalui pengamatan langsung di lapangan dan wawancara langsung perihal pelaksanaan *erection PCI girder* pada jembatan soran STA 22 + 767. Identifikasi masalah bertujuan

menemukan data primer untuk kemudian dibahas pada penelitian ini. Data primer yang dimaksud adalah sebagai berikut:

- a. Lokasi dan situasi tempat penelitian.
 - b. Proses dari pekerjaan *erection PCI girder*.
 - c. Waktu siklus *erection PCI girder*.
 - d. Spesifikasi alat berat yang digunakan.
- 2). Tahap survei pendahuluan
Tahap survei pendahuluan dilaksanakan sebelum melakukan proses penelitian yaitu dengan survei langsung dan pengumpulan data-data literatur pendukung terkait dengan metode pelaksanaan *erection PCI girder* yang akan digunakan sebagai proses analisis.
 - 3). Pengumpulan data teknis *erection PCI girder*
Pengumpulan data teknis dilakukan dalam 2 tahap, pada tahap pertama yaitu data primer dikumpulkan dengan melakukan pengamatan langsung di lapangan. Lalu tahap kedua yaitu mengumpulkan data sekunder dengan cara memperoleh data dari pihak yang terlibat pada pembangunan proyek dan studi kasus jurnal penelitian terdahulu. Pengumpulan data didapatkan dari hasil survei langsung di lapangan dan wawancara dengan pelaksana lapangan (SPV) Jembatan Soran pada siang hari dikarenakan *erection PCI girder* dilakukan pada jam kerja, sehingga memudahkan dalam menghitung data teknis metode *crawler crane* dan *gantry launcher* pada pekerjaan *erection PCI girder*.
 - 4). Menghitung waktu siklus (*cycle time*) dan produktivitas masing – masing alat berat
Waktu siklus (*cycle time*) dan produktivitas alat berat diperlukan untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan dalam melaksanakan pekerjaan *erection PCI girder*.

5). Menghitung biaya pelaksanaan pada tiap pekerjaan
 Menghitung biaya pelaksanaan meliputi upah tenaga kerja, harga alat sewa, dan biaya bahan bakar, kemudian menghitung biaya pelaksanaan keseluruhan pekerjaan erection PCI girder.

Panjang : 45.80 m.
 Tinggi : 25 m.
 Jumlah PCI Girder : 18 buah.

3. Hasil dan Pembahasan

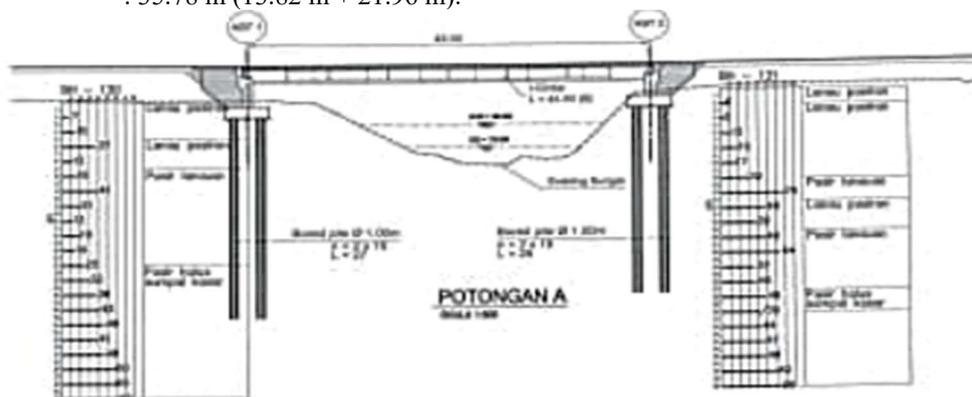
3.1. Analisis Data Jembatan

Struktur atas dari Jembatan Soran direncanakan dengan balok girder tipe I atau biasa disebut PCI girder sebagai balok utama untuk menyangga jembatan lalu ditambah plat diafragma, serta plat injak.

Data teknis dari Jembatan Soran sebagai berikut:
 Lebar : 35.78 m (13.82 m + 21.96 m).

3.2. Pelaksanaan Erection PCI Girder Jembatan Sungai Soran

Dilakukan analisis terlebih dahulu pada pekerjaan pelaksanaan erection PCI girder ini demi kelancaran pekerjaan tersebut. Tahapan analisis yang akan dilakukan yaitu meliputi produktivitas, waktu, serta biaya pelaksanaan. Tahap ini dilaksanakan analisa perbandingan dari dua metode yang digunakan yaitu metode crawler crane serta metode gantry launcher. Tampak samping Jembatan Soran bisa dilihat pada Gambar 2 berikut



Gambar 2. Tampak samping Jembatan Soran

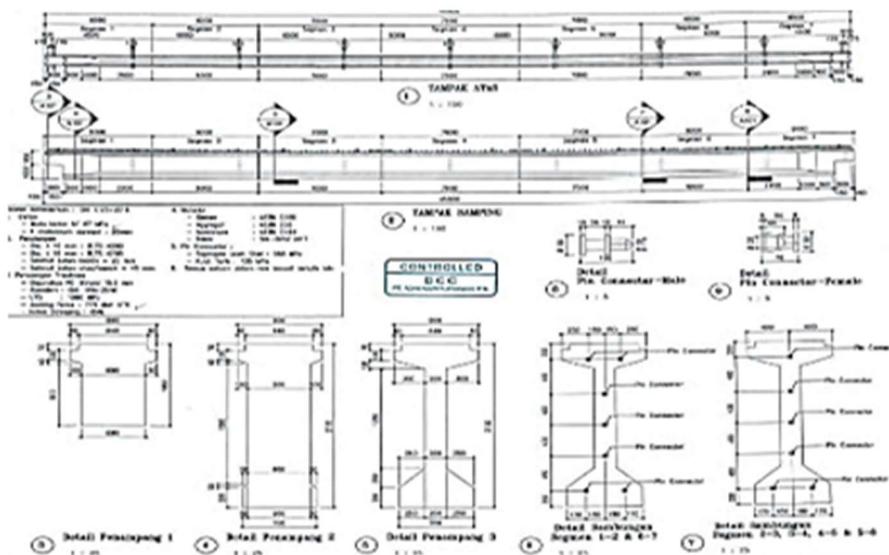
3.3. Spesifikasi PCI Girder

Dalam pemasangan PCI girder perlu diperhatikan mengenai data teknis dari PCI girder yang dipakai. Pada pelaksanaan erection PCI girder Jembatan Soran digunakan data teknis sebagai berikut:

Panjang Girder L = 45.80 m
 Lebar Girder B = 0.70 m
 Tinggi Girder Hgdr = 2.10 m

Berat Girder Wgdr = 89.60 ton
 Center to center girder Ctc = 2.10 m
 Titik handling setelah stressing x' = 2.10 m (dari ujung girder)

Adapun spesifikasi dari PCI girder yang akan dipakai pada pekerjaan ini dapat diperhatikan pada Gambar 3 serta PCI girder yang akan digunakan dalam pekerjaan ini yang telah diletakkan pada stockyard dan dapat diperhatikan pada Gambar 4.



Gambar 3. Spesifikasi PCI Girder



Gambar 4. PCI Girder di Stockyard

3.4. Erection PCI Girder Menggunakan Crawler Crane

Pada Erection PCI girder menggunakan alat berat crawler crane dengan merk/type Kobelco. Lokasi stockyard berada pada sebelah timur abutment 1. Jarak dari stockyard sampai ke abutment 1 adalah 15 m. Erection plan dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Erection plan menggunakan Crawler Crane

- 1). Alat berat pada metode crawler crane
Alat berat metode crawler crane ini ada pada Tabel 1. Spesifikasi masing-masing dari crawler crane yang dijelaskan pada Tabel 2.

Tabel 1. Alat berat erection PCI Girder Metode Crawler Crane

Nama Alat	Jumlah
Crawler Crane 250 T	2 unit
Crawler Crane 120 T	1 unit
Boogie Truck	2 unit

- 2). Analisis produktivitas dan durasi pekerjaan erection PCI girder

Pada tahap ini analisis produktivitas dan waktu dilaksanakan berdasarkan pengamatan langsung di lapangan. Perhitungan produktivitas dan durasi pekerjaan dengan stockyard berada disebelah timur abutment 1 dan berjarak 15 m, dan juga diasumsikan dengan keadaan lapangan tidak ada kendala.

a. Cycle Time Erection PCI Girder

Cycle Time pelaksanaan Erection PCI Girder pada metode Crawler Crane dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 2. Spesifikasi Crawler Crane

Spesifikasi	Crawler Crane A	Crawler Crane B	Crawler Crane C
Merk/Type	Kobelco	Kobelco	Kobelco
No. Seri/No. Lambung	CKB725 0-2F/JD04-02454/C KB58	CKB7250-2F/JD04-02372/CKB60	GN04-03045
Max. Lifting Capacity	250 T × 4.6 m	250 T × 4.6 m	120 T × 5.0 m
Max. Crane Boom Length	76.2 m	76.2 m	61.0 m
Max. Long Boom Length	91.4 m	91.4 m	79.2 m
Max. Fixed Jib Combination	76.2 m + 30.5 m	76.2 m + 30.5 m	61.0 m + 30.5 m
Max. Tower Jib Combination	64.1 m + 51.8 m	64.1 m + 51.8 m	51.7 m + 44.2 m

Tabel 3. Cycle time erection PCI Girder Metode Crawler Crane

Pekerjaan	Durasi (menit)
Pengikatan Sling Lifting Frame ke Balok Girder	5.03
Crawler Crane Bergerak ke Boogie Truck	6.50
Pengangkatan Girder ke Boogie Truck	1.20
Boogie Truck Berjalan ke Lokasi Erection	8.45
Setting Girder ke Bearing Pad	11.18
Bracing	13.21
Pelepasan Lifting Frame	5.00
Manufer Crawler Crane	1.50
Total	52.07

- b. Produktivitas Erection PCI Girder Metode Crawler Crane

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Siklus Dalam 1 jam (N)} &= \frac{60}{\text{Waktu Total (t}_r\text{)}} \\ &= \frac{60}{52.07} \\ &= 1.2 \end{aligned}$$

Diasumsikan faktor waktu kerja efektif dalam kondisi baik dengan waktu kerja efektif 60 menit/jam jadi nilai efisiensi kerja 0,83 (kondisi baik) lalu nilai dari faktor keterampilan operator dan crew rata – rata baik dengan efisiensi kerja 0,75 sehingga bisa dianalisis produksi per jam dengan crawler crane yakni seperti berikut ini:

$$\begin{aligned} Q &= q \times N \times Ek \\ &= 1 \times 1.2 \times (0.75 \times 0.83) \\ &= 0.75 \text{ buah/jam} \end{aligned}$$

Jam kerja dalam 1 hari yang digunakan adalah 7 jam (08.00 – 12.00 WIB dan 13.00 – 16.00 WIB), maka dari itu perhitungan durasi erection PCI girder adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Total Durasi Erection PCI Girder} &= \frac{\text{Jumlah PCI Girder}}{Q \times \text{Jam Kerja Perhari}} \\ &= \frac{18 \text{ buah}}{(0.75 \times 7)/\text{hari}} = 3.4 \\ &= 3 \text{ hari (sesuai)} \end{aligned}$$

kondisi di lapangan)

Berdasarkan rekapitulasi total waktu yang dibutuhkan untuk pekerjaan *erection* PCI girder dengan metode *crawler crane* dijabarkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Rekapitulasi waktu pelaksanaan *erection* PCI Girder Metode *Crawler Crane*

Pekerjaan	Waktu	Keterangan
Mobilisasi Girder dari Stock Girder	6 hari	Data didapat dari kontraktor pelaksana
Erection PCI Girder	3 hari	Data didapat dari hasil pengamatan di lapangan dan perhitungan
Total Waktu Pengerjaan	9 hari	

Berdasarkan Tabel 4 dapat disimpulkan bahwa pekerjaan *erection* PCI girder metode *crawler crane* membutuhkan total waktu 9 hari. Analisis ini hanya untuk pekerjaan *erection* PCI girder dan tidak termasuk persiapan lahan, *grouting*, *stressing* dan cor.

3). Biaya pelaksanaan *erection* PCI girder dengan *crawler crane*

Biaya pelaksanaan meliputi biaya pengadaan dan biaya *install* PCI girder yaitu dengan rincian sebagai berikut:

a. Biaya Pengadaan PCI Girder

Rincian biaya pengadaan PCI girder diuraikan dalam Tabel 5.

Tabel 5. Biaya pengadaan PCI Girder

Uraian Biaya	Perhitungan (Rp)	Jumlah (Rp)
Biaya Upah Tenaga Kerja	Rp 400.000 + Rp 150.000 + Rp 500.000	Rp 1.050.000/hari
Biaya Material	Rp 1.497.660.000	Rp 1.497.660.000 /hari
Biaya Sewa Alat Berat	Rp 2.800.000	Rp 2.800.000/hari
Biaya Bahan Bakar dan Pelumas	Rp 375.000 + Rp 357.500	Rp 732.500/hari
Total Biaya		Rp 1.502.242.500/hari

b. Biaya *Install* PCI Girder

Rincian biaya *install* PCI girder diuraikan dalam Tabel 6.

c. Biaya Pelaksanaan *Erection* PCI Girder

Rincian biaya pelaksanaan *erection* PCI girder diuraikan dalam Tabel 7.

Tabel 6. Biaya *Install* PCI Girder

Uraian Biaya	Perhitungan	Jumlah
Biaya Upah Tenaga Kerja	Rp 400.000 + Rp 750.000 + Rp 500.000 + Rp 400.000 + Rp 400.000 + Rp 150.000	Rp 2.600.000/hari
Biaya Sewa Alat Berat	Rp 42.000.000 + Rp 4.468.100 + Rp 7.700.000	Rp 54.168.100/hari
Biaya Bahan Bakar dan Pelumas	2 × (Rp 937.500 + Rp 893.750) + (Rp 937.500 + Rp 893.750)	Rp 12.012.150/hari
Total Biaya		Rp 68.780.250/hari

Tabel 7. Biaya pelaksanaan *Erection* PCI Girder

Uraian Biaya	Perhitungan	Jumlah
Biaya Pengadaan PCI Girder	(6 hari × Rp 1.502.242.500)	Rp 9.013.455.000
Biaya <i>Install</i> PCI Girder	(3 hari × Rp 68.780.250)	Rp 206.340.750
Total Biaya		Rp 9.219.795.750

3.5. *Erection* PCI Girder Menggunakan *Gantry Launcher*

Metode ini merupakan metode pada perencanaan awal pembangunan Jembatan Soran. Dalam metode ini, *Launcher* yang digunakan adalah merk Jatra. Perhitungan produktivitas serta waktu siklus pada metode ini diasumsikan pengerjaannya. *Erection plan* dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. *Erection plan* menggunakan *Gantry Launcher*

1). Alat berat pada metode *gantry launcher*

Alat berat metode *gantry launcher* ini ada pada Tabel 8. Spesifikasi dari *gantry launcher* yang digunakan dijelaskan pada Tabel 9.

a. *Cycle Time Erection* PCI Girder

Beberapa data yang diperlukan sebagai analisis pada metode ini menggunakan data hasil penelitian terdahulu dan rumus dalam beberapa pekerjaan mengacu kepada jurnal penelitian terdahulu dengan

metode alat berat yang sama, spesifikasi *gantry launcher* yang sama, dan bentang PCI *girder* yang sama.

Tabel 8. Kebutuhan alat *erection* PCI *Girder* Metode *Gantry Launcher*

Nama Alat	Jumlah
<i>Gantry Launcher</i>	1 unit
<i>Crawler Crane</i> 120 T	2 unit

Tabel 9. Spesifikasi *Gantry Launcher*

Spesifikasi	<i>Gantry Launcher</i>
Merk	Jatra
Model	LC240
Kapasitas Angkut	138 T/50 m
Berat <i>Launcher</i>	106.3 Ton
Kecepatan Angkat	20 m/min
Tinggi Angkat	± 9 m
Panjang Angkat	50 mm
Kecepatan <i>Trolley</i>	6 min/min
Kecepatan <i>Swing</i>	0.4 m/min
Kecepatan Angkut (V)	0.75 m/min
Maksimum Lendutan	208.33 mm
Kekuatan Motor Penggerak Angkat	4 × 2.2 kw

- 1) Pengaturan *Gantry Launcher* (t_1) [12] [14] [15]
 Persiapan = 5 menit
 Pengaturan *Launcher*
 Truss maju/mundur = 18.27 menit
 Truss digeser ke titik angkat = 7.61 menit
 Cek *Launcher* di titik angkat = 1 menit
 Waktu siklus (t_1) = 31.88 menit
- 2) Pemindahan *Girder* (t_2)
 Persiapan = 5 menit

$$\text{Stockyard} - \text{Trolley} = \frac{\text{Tinggi Angkat}}{\text{Kecepatan Angkat}} + \frac{\text{Jarak Swing}}{\text{Kecepatan Swing}} + 0.5$$

$$= \frac{5}{20} + \frac{10}{4} + 0.5 = 3.25 \text{ menit}$$
 Waktu siklus (t_2) = 8.25 menit
- 3) Pengangkatan *Girder* (t_3)
 Persiapan = 5 menit
 Pemasangan sling ke *girder* = 15 menit
 Lepas *bracing* = 10 menit

$$\text{Trolley Rail} - \text{Launcher} = \frac{\text{Jarak}}{\text{Kecepatan}}$$

$$= \frac{80}{6} = 13.3 \text{ menit}$$
 Waktu siklus (t_3) = 43.3 menit
- 4) *Launching Girder* (t_4)
 Persiapan = 5 menit
 Pengiriman *Girder* = $\frac{\text{Jarak}}{\text{Kecepatan}}$

$$= \frac{45.80}{0.75} = 61.06 \text{ menit}$$
 Peletakan di *bearing pad* = 10 menit
 Proses *Bracing* = 15 menit
 Waktu siklus (t_4) = 91.06 menit
- 5) *Launcher* kembali ke posisi semula (t_5)
 Persiapan = 5 menit
Winch bergerak ke posisi = 18.27 menit
 Waktu siklus (t_5) = 23.27 menit

$$6) \text{ Waktu total } (t_r) = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 = 197.76 \text{ menit}$$

Cycle Time pelaksanaan *Erection* PCI *Girder* pada metode *Gantry Launcher* dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. *Cycle time erection* PCI *Girder* Metode *Gantry Launcher*

Pekerjaan	Durasi (menit)
Pengaturan <i>Gantry Launcher</i>	31.88
Pemindahan <i>Girder</i>	8.25
Pengangkatan <i>Girder</i>	43.3
<i>Launching Girder</i>	91.06
<i>Launcher</i> Kembali ke Posisi Semula	23.27
Total	197.76

- b. Produktivitas *Erection* PCI *Girder* Metode *Gantry Launcher*

$$\text{Jumlah Siklus} = \frac{60}{\text{Waktu Total } (t_r)}$$

$$\text{Dalam 1 jam (N)} = \frac{60}{197.76} = 0.30 \text{ buah/jam}$$

Diasumsikan faktor waktu kerja efektif dalam kondisi baik dengan waktu kerja efektif 60 menit/jam jadi nilai efisiensi kerja 0,83 (kondisi baik) lalu nilai dari faktor keterampilan operator dan *crew* rata – rata baik dengan efisiensi kerja 0,75 sehingga bisa dianalisis produksi per jam dengan *gantry launcher* yakni seperti berikut ini

$$Q = q \times N \times Ek = 1 \times 0.30 \times (0.75 \times 0.83) = 0.19 \text{ buah/jam}$$

Jam kerja dalam 1 hari yang digunakan adalah 7 jam (08.00 – 12.00 WIB dan 13.00 – 16.00 WIB), maka dari itu perhitungan durasi *erection* PCI *girder* adalah sebagai berikut:

$$\text{Total Durasi} = \frac{\text{Jumlah PCI Girder}}{Q \times \text{Jam Kerja Perhari}}$$

$$\text{Erection PCI Girder} = \frac{18 \text{ buah}}{(0.19 \times 7) \text{ /hari}} = 13.5 \text{ hari} = 14 \text{ hari}$$

Berdasarkan rekapitulasi total waktu yang dibutuhkan untuk pekerjaan *erection* PCI *girder* dengan metode *gantry launcher* dijabarkan pada Tabel 11.

Tabel 11. Rekapitulasi waktu pelaksanaan *erection* PCI *Girder* Metode *Gantry Launcher*

Pekerjaan	Waktu	Keterangan
Mobilisasi <i>Girder</i> dari <i>Stock Girder</i>	6 hari	Data didapat dari kontraktor pelaksana
<i>Erection</i> PCI <i>Girder</i>	14 hari	Data didapat hari hasil perhitungan
Total Waktu Pengerjaan	20 hari	

Berdasarkan Tabel 11 dapat disimpulkan pekerjaan *erection* PCI *girder* metode *gantry launcher* membutuhkan total waktu 20 hari. Analisis ini hanya untuk pekerjaan *erection* PCI *girder* dan tidak termasuk persiapan lahan, *grouting*, *stressing* dan cor.

2). Biaya pelaksanaan *erection* PCI girder dengan metode *gantry launcher*
 Biaya pelaksanaan meliputi biaya pengadaan dan biaya *install* PCI girder yaitu dengan rincian sebagai berikut:

a. Biaya Pengadaan PCI Girder
 Rincian biaya pengadaan PCI girder diuraikan dalam Tabel 12.

Tabel 12. Biaya pengadaan PCI Girder

Uraian Biaya	Perhitungan	Jumlah
Biaya Upah Tenaga Kerja	Rp 400.000 + Rp 150.000 + Rp 500.000	Rp 1.050.000/hari
Biaya Material	Rp 1.497.660.000	Rp 1.497.660.000/hari
Biaya Sewa Alat Berat	Rp 2.800.000	Rp 2.800.000/hari
Biaya Bahan Bakar dan Pelumas	Rp 375.000 + Rp 357.500	Rp 732.500/hari
Total Biaya		Rp 1.502.242.500/hari

b. Biaya *Install* PCI Girder
 Harga sewa alat berat *gantry launcher* mengacu pada jurnal penelitian terdahulu dengan metode alat berat yang sama, spesifikasi *gantry launcher* yang sama. Rincian biaya *install* PCI girder diuraikan dalam Tabel 13.

c. Biaya Pelaksanaan *Erection* PCI Girder
 Rincian biaya pelaksanaan *erection* PCI girder diuraikan dalam Tabel 14.

Tabel 13. Biaya *install* PCI Girder

Uraian Biaya	Perhitungan	Jumlah
Biaya Upah Tenaga Kerja	Rp 400.000 + Rp 500.000 + Rp 1.000.000 + Rp 400.000 + Rp 400.000 + Rp 150.000	Rp 2.850.000 /hari
Biaya Sewa Alat Berat	Rp 24.503.500 [13] + Rp 8.936.200	Rp 33.439.700 /hari
Biaya Bahan Bakar dan Pelumas	(2 × (Rp 937.500 + Rp 893.750)) + (Rp 2.187.500 + Rp 336.700)	Rp 6.186.700/hari
Total Biaya		Rp 68.126.400/hari

Tabel 14. Biaya pelaksanaan *Erection* PCI Girder

Uraian Biaya	Perhitungan	Jumlah
Biaya Pengadaan PCI Girder	(6 hari × Rp 1.502.242.500,00)	Rp 9.013.455.000,00
Biaya <i>Install</i> PCI Girder	(14 hari × Rp 68.126.400,00)	Rp 953.769.600,00
Total Biaya		Rp 9.967.224.600,00

3.6. *Perbedaan Waktu dan Biaya Pelaksanaan pada Pekerjaan Erection PCI Girder*

Hasil perbandingan waktu dan biaya pelaksanaan pada pekerjaan *erection* PCI girder Jembatan Soran diuraikan dalam Tabel 15. Sementara perhitungan selisih waktu dan biaya direkap pada Tabel 1

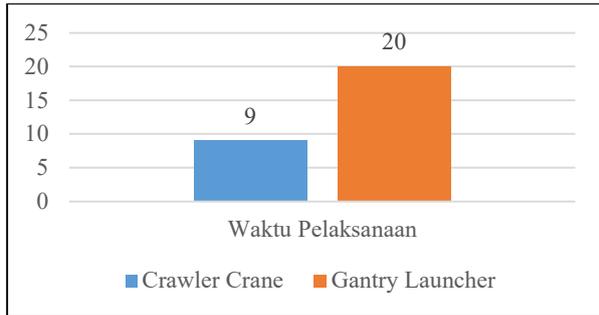
Tabel 15. Hasil perbandingan waktu dan biaya pelaksanaan *erection* PCI Girder

Pembeda	Metode <i>Crawler Crane</i>	Metode <i>Gantry Launcher</i>
Pelaksanaan <i>Erection</i> PCI Girder		
Produktivitas Alat Berat	0.75 buah/jam	0.19 buah/jam
Waktu Pelaksanaan <i>Erection</i> PCI Girder	9 hari	20 hari
Biaya Pelaksanaan <i>Erection</i> PCI Girder	Rp 9.219.795.750	Rp 9.967.224.600

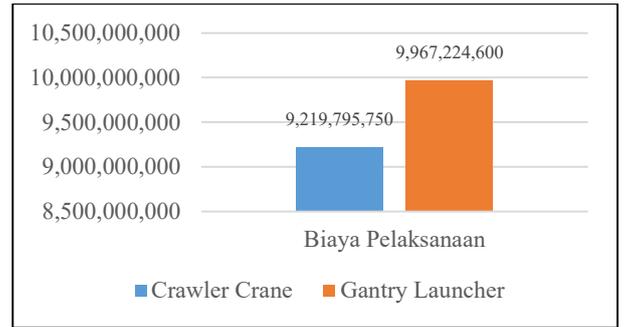
Tabel 16. Rekapitulasi waktu dan biaya pelaksanaan pekerjaan *erection* PCI Girder

Metode	Waktu	Presentase Waktu	Biaya Pelaksanaan	Presentase Biaya
<i>Crawler Crane</i>	9 hari	$\frac{11}{20} \times 100\% = 55\%$	Rp 9.219.795.750	$\frac{747.428.850}{9.967.224.600} \times 100\% = 7.49\%$
<i>Gantry Launcher</i>	20 hari		Rp 9.967.224.600,	
	11 har		Rp 747.428.850	

Berdasarkan Tabel 16 dapat disimpulkan bahwa waktu total metode *Crawler Crane* adalah 9 hari kemudian untuk waktu total untuk metode *Gantry Launcher* yaitu 20 hari dimana selisih waktu dari pelaksanaan pekerjaan *erection* PCI girder dari aspek waktu adalah 11 hari. Jadi, metode *Crawler Crane* 55 persen lebih cepat dibandingkan dengan metode *Gantry Launcher*. Tinjauan dari segi biaya, metode *Crawler Crane* membutuhkan total biaya Rp 9.219.795.750,00 dan untuk metode *Gantry Launcher* membutuhkan total biaya pelaksanaan sebesar Rp 9.967.224.600,00 sehingga selisih yang didapat yaitu sebesar Rp 747.428.850,00.



Gambar 7. Waktu pelaksanaan erection PCI Girder Jembatan Soran

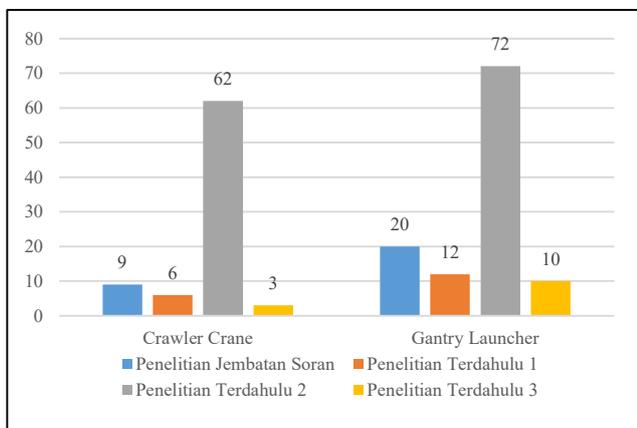


Gambar 8. Biaya pelaksanaan erection PCI Girder Jembatan Soran

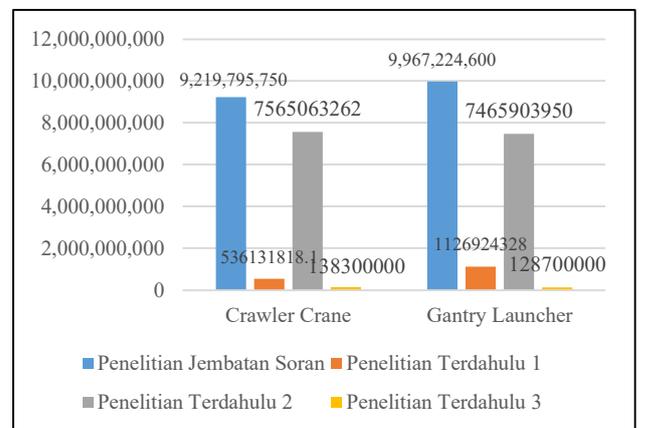
Berdasarkan Tabel 16 dapat ditarik kesimpulan jika pekerjaan erection PCI girder dengan metode *Crawler Crane* 7,49 persen lebih murah daripada metode *Gantry Launcher*. Grafik perbandingan waktu pelaksanaan erection PCI girder pada Jembatan Soran ditampilkan pada Gambar 7 dan biaya pelaksanaan erection PCI girder pada Jembatan Soran Gambar 8. Uraian data hasil penelitian meliputi waktu pelaksanaan dan biaya pelaksanaan dari pekerjaan erection PCI girder dari beberapa penelitian terdahulu dapat dilihat pada Tabel 17.

Tabel 17. Data hasil penelitian terdahulu

Judul Penelitian Terdahulu	Waktu Pelaksanaan		Biaya Pelaksanaan	
	<i>Crawler Crane</i>	<i>Gantry Launcher</i>	<i>Crawler Crane</i>	<i>Gantry Launcher</i>
Perbandingan Metode Pelaksanaan Erection PCI Girder Jembatan Jebol 2 Proyek Jalan Tol Solo – Yogyakarta [7]	6 hari	12 hari	Rp 536.131.818,11	Rp 1.126.924.327,59
Perbandingan Erection PCI Girder Menggunakan <i>Crawler Crane</i> dan <i>Gantry Launcher</i> Pada Proyek Jembatan Teluk Kendari [8]	62 hari	72 hari	Rp 7.565.063.262,05	Rp 7.465.903.950,38
Perbandingan Metode Pelaksanaan Erection Prestressed Concrete I-Girder dengan Metode <i>Crawler Crane</i> dan <i>Launching</i> Pada Jembatan Ngaglik Lamongan [9]	3 hari	10 hari	Rp 138.300.000,00	Rp 128.700.000,00



Gambar 9. Perbandingan waktu pelaksanaan Erection PCI Girder Jembatan Soran dengan penelitian terdahulu



Gambar 10. Perbandingan biaya pelaksanaan erection PCI Girder Jembatan Soran dengan penelitian terdahulu

Kemudian dari hasil perbandingan waktu dan biaya hitungan yang telah didapatkan juga dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan sebelumnya yang memiliki metode pelaksanaan yang sama. Perbandingan waktu pelaksanaan erection PCI girder pada Jembatan Soran dengan penelitian terdahulu ditampilkan pada Gambar 9. dan biaya pelaksanaan erection PCI girder pada Jembatan Soran dengan penelitian terdahulu ditampilkan pada Gambar 10.

Berdasarkan Gambar 9 dan Gambar 10 diketahui bahwa perbandingan metode Crawler Crane pada 3 penelitian terdahulu memiliki nilai lebih rendah dari metode Gantry Launcher baik dari sisi waktu maupun biaya. Pada penelitian ini, hasil perhitungan erection PCI girder Jembatan Soran untuk waktu pelaksanaan untuk metode Crawler Crane adalah 9 hari dan membutuhkan total biaya Rp 9.219.795.750,00 sedangkan untuk waktu pelaksanaan untuk metode Gantry Launcher yaitu 20 hari dan membutuhkan total biaya pelaksanaan sebesar Rp 9.967.224.600,00. Hasil penelitian sesuai dengan tren pada penelitian terdahulu yaitu untuk metode Crawler Crane lebih murah dalam estimasi harga dan lebih cepat dalam estimasi waktunya.

4. Kesimpulan

Dapat ditarik kesimpulan berdasarkan analisis yang telah dilakukan pada penelitian ini, yaitu seperti berikut:

- 1) Produktivitas alat berat terhadap penggunaan masing – masing metode erection PCI girder berdasarkan perhitungan untuk metode Crawler Crane adalah 0.75 buah/jam dan untuk erection PCI girder menggunakan metode Gantry Launcher yaitu 0.19 buah/jam. Sehingga untuk produktivitasnya lebih cepat menggunakan metode Crawler Crane.
- 2) Waktu pelaksanaan tiap metode erection PCI girder berdasarkan analisis adalah 9 hari untuk metode Crawler Crane dan 20 hari untuk metode Gantry Launcher sehingga pelaksanaannya 55 persen lebih cepat menggunakan metode Crawler Crane dan biaya pelaksanaan dari tiap metode berdasarkan analisis meliputi biaya pengadaan PCI girder dan biaya install PCI girder yaitu Rp 9.219.795.750,00 untuk metode Crawler Crane dan Rp 9.967.224.600,00 untuk metode Gantry Launcher sehingga dapat disimpulkan untuk biaya pelaksanaan lebih murah menggunakan metode Crawler Crane mencapai 7.49 persen.

Daftar Pustaka

[1] A.A. Firdaus, “Analisis Usaha Pencegahan Kecelakaan Kerja Menggunakan Metode JSA (Job Safety Analysis) Pada Jembatan Pada Pekerjaan Abutmen Jembatan Solo – Yogyakarta (Studi Kasus : Proyek Jalan Tol Solo – Yogyakarta)”, *Jurnal Ekonomi*, vol. 2, no. 1, p. 41, 2023.

[2] E. Prasetyo, Sumina, K.J. Prayitno, and R. L. Amhudo, “Perencanaan Tebal Perkerasan Kaku Pada Jalan Tol Solo-Yogyakarta-Nyia Kulon Progo Dengan Metode Bina Marga 2017 Dan Aashto 1993 (Sta 02+00 – Sta 07+500)”, *Journal of Civil Engineering and Infrastructure Technology*, vol. 2, no. 1, p. 28, 2023.

[3] V.S.D.S Damayanti, *Proyek Pembangunan Jalan Tol Solo-Yogyakarta-Nyia Seksi 1 Paket 1.1: Solo-Klaten Sta 0+000-Sta 22+300*, Surabaya: Institut Teknologi Surabaya, 2021.

[4] A.R.D. Pratama, *Pelaksanaan Metode Erection Girder Menggunakan Crawler Crane pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Pasuruan – Probolinggo*, Jember: Universitas Jember, 2019.

[5] A.R. Umar and P.R.T. Naibaho, “Analisa Perbandingan Pelaksanaan Erection Girder Underpass pada Jalan Nasional dengan Metode Crane dan Metode Launcher”, *Asian Journal of Mechatronics, and Electrical Engineering (AJMEE)*, vol. 1, no. 1, p. 1, 2022.

[6] A.A. Hafsari, *Perbandingan Waktu Metode Erection Girder Menggunakan Crawler Crane dan Launcher Girder Pada Jembatan Bentang Panjang*, Yogyakarta: Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, 2019.

[7] A. Dewantari and N. Rasidi, “Perbandingan Metode Pelaksanaan Erection Pci Girder Pada Jembatan Jebol 2 Proyek Jalan Tol Solo-Yogyakarta”, *Jurnal Online Skripsi Manajemen Rekayasa Konstruksi*, vol. 4, no. 3, p. 130, 2023.

[8] D.G. Pandji, F. Purnomo, and W. Wahiddin, “Perbandingan Erection PCI Girder Menggunakan Crawler Crane dan Gantry Launcher Pada Proyek Jembatan Teluk Kendari”, *Jurnal JOS-MRK*, vol. 2, no. 2, p. 105, 2021.

[9] S. Sriyadi and A.K. Garside, “Perbandingan Metode Pelaksanaan Erection Prestressed Concrete I-Girder dengan Metode Crawler Crane dan Launching Pada Jembatan Ngaglik Lamongan”, *Seminar Keinsinyuran Program Studi Program Profesi Insinyur*, vol. 3, no. 1, p. 166, 2022.

[10] B. Siswanto, M.A. Salim, Purwantini, and A. Nurwidiyanti, “Analisis Perbandingan Pekerjaan Erection Girder Beam dengan Metode Launcher dan Crawler Crane Proyek Kawasan Industri Terpadu Batang”, *Jurnal Teknik Sipil*, vol. 15, no. 2, p. 23, 2022.

[11] B.I. Fortuna, I.K. Sucita, and R.S. Rizal, “Analisis Waktu dan Biaya Perbandingan Erection Box Girder Menggunakan Metode Crane dan Launcher”, *Jurnal Ilmiah Rekayasa Sipil*, vol. 18, no. 2, p. 100, 2021.

[12] R. Novitasari, *Perhitungan Waktu Dan Biaya Pelaksanaan Erection Girder Dengan Metode Launcher Pada Pembangunan Jembatan Proyek Jalan Tol Krian – Legundi – Bunder – Manyar (KLBM) Sta. 21+800 – Sta.22+278*, Surabaya: Institut Teknologi Surabaya, 2019.

[13] A.A. Kamila, *Erection Slab on Pile Antara Metode Launching Gantry Dan Crawler Crane (Comparative Analysis of Cost and Time of Erection Slab on Pile Between Launching Gantry and Crawler Crane Methods) Erection Slab on Pile Antara Metode Launching Gantry dan Crawler Crane*, Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia, 2021.

- [14] I. Ardela and I.K. Sucita, "Metode Pelaksanaan Erection Pci Girder dengan Double Crawler Crane Pada Jembatan Lusah (Sta 29+ 568)", *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil*, vol. 6, no. 1, p. 1, 2024.
- [15] A.I. Chakim and I.N.D.P. Putra, "Analisis Waktu dan Biaya Erection Girder dengan Metode Perancah dan Launcher Pada Proyek Penggantian Jembatan Peningkloji Mojokerto", *Jurnal Rekayasa Konstruksi Mekanika Sipil (JRKMS)*, vol. 7, no. 1, p. 21, 2024.

This page is intentionally left blank