

PERBANDINGAN METODE *ERECTION PCU GIRDER* PADA JALAN AKSES BANDARA VVIP IKN MENGGUNAKAN *CRANE* DAN *LAUNCHER*

Andhito Diva Maulana Sahara¹, Sumardi²

Mahasiswa Program Studi Manajemen Rekayasa Konstruksi Jurusan Teknik Sipil¹, Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang²
andhitorwles.01@gmail.com¹, sumardi@gmail.com²

ABSTRAK

Jembatan *Flyover* yang berada pada proyek pembangunan Jalan Akses Bandara VVIP difungsikan sebagai akses *main road*. Jembatan *Flyover* Jalan Akses Bandara VVIP merupakan jembatan yang menggunakan gelagar atau girder dengan jenis *U-Girder*. Terdapat berbagai metode pelaksanaan yang digunakan untuk melakukan *erection PCU girder*, diantaranya yaitu menggunakan metode *crawler crane* dan menggunakan metode *gantry launcher*. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kedua metode tersebut dalam pelaksanaan *erection PCU girder* ditinjau dari aspek metode pelaksanaan, waktu pelaksanaan, tingkat risiko keselamatan kerja (K3) serta biaya pelaksanaan. Selain itu, bertujuan untuk menentukan metode pelaksanaan yang direkomendasikan untuk pelaksanaan *erection PCU girder*. Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah shop drawing, spesifikasi alat berat, dan harga sewa alat serta harga satuan Kota Penajam Paser Utara 2023. Dari hasil analisa kedua metode tersebut yang menggunakan alat *crawler* dan *gantry launcher* pelaksanaan pekerjaan *erection PCU girder* menggunakan metode *gantry launcher* lebih menguntungkan dengan total biaya yaitu Rp. 955.208.830,64 dan total skor tingkat resiko berdasarkan IBPRP lebih rendah selain itu waktu pelaksanaan *gantry launcher* lebih cepat yaitu selama 9 hari dibandingkan pelaksanaan pekerjaan *erection PCU girder* menggunakan metode *crawler crane* dengan total biaya yaitu Rp. 1.159.683.722,08 dan total skor tingkat resiko berdasarkan IBPRP lebih tinggi kemudian untuk waktu pelaksanaan cukup memakan waktu lama yaitu selama 12 hari.

Kata kunci : *Erection, PCU Girder, Crawler crane, Gantry launcher*

ABSTRACT

The Flyover Bridge in the construction project of the VVIP Airport Access Road serves as the main road access. This Flyover Bridge utilizes a U-Girder type as its girder structure. Several erection methods are available for installing the PCU girders, including the use of a crawler crane and a gantry launcher. This study aims to compare both erection methods in terms of construction method, implementation time, occupational health and safety risk level, and implementation costs. Furthermore, the study seeks to determine the most recommended method for the erection of PCU girders. The data required for this research include shop drawings, heavy equipment specifications, equipment rental prices, and unit prices from Penajam Paser Utara Regency in 2023. Based on the analysis, the erection of PCU girders using the gantry launcher method is more advantageous, with a total cost of IDR 955,208,830.64 and a lower risk score according to the IBPRP method. Additionally, the gantry launcher method offers faster execution time, completing the erection in 9 days. In contrast, the erection using the crawler crane method incurs a higher total cost of IDR 1,159,683,722.08, a higher risk score, and longer execution time of 12 days.

Keywords : *Erection, PCU Girder, Crawler crane, Gantry launcher*

1. PENDAHULUAN

Pembangunan Ibu Kota Negara di Provinsi Kalimantan Timur merupakan salah satu proyek strategis Nasional. Sesuai dengan rencana pembangunan Ibu Kota Negara di Provinsi Kalimantan Timur, pembangunan Jalan Akses Bandara VVIP ini sebagai wujud dukungan akses dari dan ke Kawasan Inti Pusat Pemerintahan (KIPP).

Pada proyek pembangunan Jalan Akses Bandara VVIP terdapat prasarana transportasi lain, yaitu jembatan flyover. Jembatan flyover yang dibangun pada proyek Jalan Akses Bandara VVIP difungsikan sebagai akses main road serta interchange. Jenis jembatan flyover yang digunakan pada proyek pembangunan Jalan Akses Bandara VVIP menggunakan jenis jembatan gelagar dengan jenis gelagar atau *Girder* yang digunakan adalah *U-Girder*.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan kedua jenis alat angkat antara *Crawler crane* dengan *Gantry launcher* untuk memperoleh hasil yang optimal, dengan menghitung perbedaan waktu pelaksanaan, menghitung perbedaan biaya pelaksanaan, menganalisis perbedaan resiko K3 pada pelaksanaan pekerjaan *Erection PCU girder* menggunakan *crawler crane* dan *gantry launcher*. Dengan harapan dapat memberikan pemahaman yang lebih baik mengenai kelebihan dan kekurangan masing-masing alat dalam konteks proyek konstruksi, serta menentukan alat berat yang direkomendasikan berdasarkan kriteria waktu, biaya, K3 dan traffic management yang paling sesuai dengan kebutuhan dan kondisi lapangan.

Data primer merupakan data yang didapatkan melalui observasi langsung di lapangan. Observasi yang dimaksud adalah melakukan wawancara dengan pihak yang terkait perencanaan Proyek Pembangunan. Hal tersebut dilakukan untuk menggali tentang detail proyek ataupun kendala-kendala yang terjadi saat merencanakan Proyek Pembangunan.

b. Data Sekunder

Data Sekunder adalah data berupa dokumen-dokumen yang berkaitan dengan perencanaan proyek. Data tersebut didapatkan langsung dari pihak kontraktor. Data sekunder yang dibutuhkan untuk menyelesaikan Analisa Perbandingan *Erection Girder* pada Proyek Pembangunan Jalan Akses Bandara VVIP adalah :

1. Shop Drawing

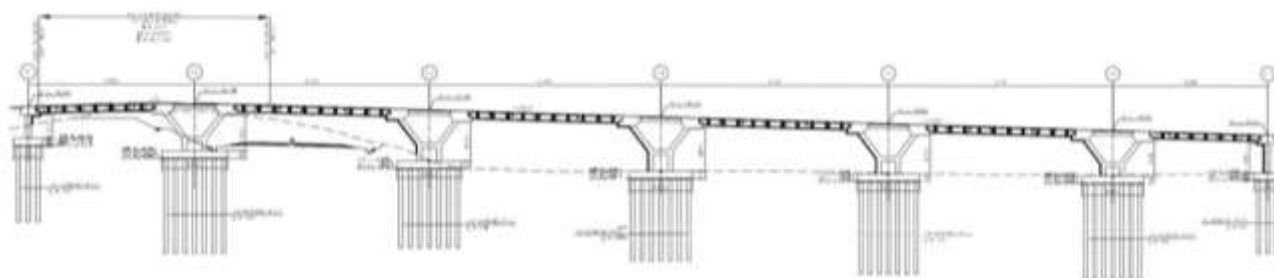
Data gambar atau detail engineering drawing merupakan data sekunder yang didapatkan dari kontraktor pekerjaan pembangunan Jalan Akses Bandara VVIP. Data tersebut berguna untuk melakukan perhitungan volume pekerjaan, item pekerjaan, serta menentukan peletakan alat berat yang akan digunakan dalam pelaksanaan pekerjaan *Erection PCU girder*.

2. Spesifikasi Alat Berat

Data spesifikasi alat berat merupakan data sekunder yang didapatkan dari internet. Data tersebut digunakan untuk melakukan perhitungan produktivitas alat berat.

3. Harga Satuan Dasar Kota Penajam Paser Utara 2023

Data sekunder yang digunakan menghitung rancangan anggaran biaya pada pekerjaan *Erection PCU girder*



Gambar 1 Profil Jembatan Akses Pilar P1 – P7

Sumber: Dokumen Detail Engineering Drawing PT. Nindya Karya

2. METODE

Metode Pengumpulan Data

Dalam penyusunan penelitian Analisa Perbandingan *Erection Girder* diperlukan beberapa data sebagai bahan acuan. Data yang dibutuhkan dapat diklasifikasikan dalam dua jenis data.

a. Data Primer

4. Harga sewa Alat dan Material

Harga sewa alat dan material merupakan data sekunder yang digunakan untuk menghitung nilai sewa alat berat yang digunakan pada pekerjaan *Erection PCU girder*.

5. Peta Lokasi

Digunakan untuk melakukan analisis terkait traffic management baik itu untuk pengiriman *PCU Girder* yang akan digunakan dalam proses *Erection*, maupun nantinya traffic management saat proses *Erection* berlangsung.

Metode Analisis Data

Setelah data sekunder terkumpul maka langkah selanjutnya adalah melakukan pengolahan data dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menentukan Metode Pelaksanaan

Pemilihan metode pelaksanaan *Erection PCU girder* antara *crawler crane*, *gantry launcher*, sangat mempengaruhi aspek lain seperti alat yang digunakan, waktu, risiko kecelakaan kerja yang terjadi, serta biaya pelaksanaan pada pekerjaan *Erection PCU girder*.

2. Menentukan Strategi Pelaksanaan

Setelah mengetahui metode pelaksanaan yang digunakan maka selanjutnya adalah melakukan penyusunan strategi pelaksanaan serta urutan pekerjaan (*sequence*) pada masing-masing metode. Setelah mengetahui urutan pekerjaan serta strategi pelaksanaan maka dapat dilakukan pembuatan traffic management untuk pekerjaan *Erection PCU girder* pada kedua metode tersebut.

3. Menentukan Alat Berat serta Alat Lain yang digunakan

Setelah melakukan penyusunan terhadap strategi pelaksanaan terhadap ketiga metode tersebut, kemudian selanjutnya melakukan penentuan terhadap alat berat apa saja yang dibutuhkan untuk melakukan *Erection PCU girder* untuk metode *crawler crane*, *gantry launcher*.

4. Menghitung Produktivitas Alat

Setelah melakukan penentuan alat berat, kemudian melakukan penentuan produktivitas alat yang digunakan. Nilai produktivitas digunakan untuk menentukan lamanya durasi atau waktu pelaksanaan yang dibutuhkan untuk melakukan pekerjaan *Erection PCU girder*.

5. Menyusun matriks menggunakan IBPRP

Penyusunan matriks IBPRP dapat dilakukan setelah mengetahui metode pelaksanaan dari crane dan launcher yang kemudian mengidentifikasi bahaya dan pengendalian risiko. Penyusunan matriks ini sebagai bentuk penerapan Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) berdasarkan kemungkinan bahaya yang terjadi disetiap urutan pekerjaan dalam melakukan pekerjaan *Erection PCU girder* yang kemudian menentukan risiko-risiko yang terjadi serta cara menanggulangnya guna memperkecil risiko yang akan terjadi.

6. Menghitung Rancangan Anggaran Biaya Pelaksanaan

Perhitungan rancangan anggaran biaya pelaksanaan dilakukan setelah selesai melakukan analisis terhadap metode pelaksanaan, strategi, produktivitas, serta analisis

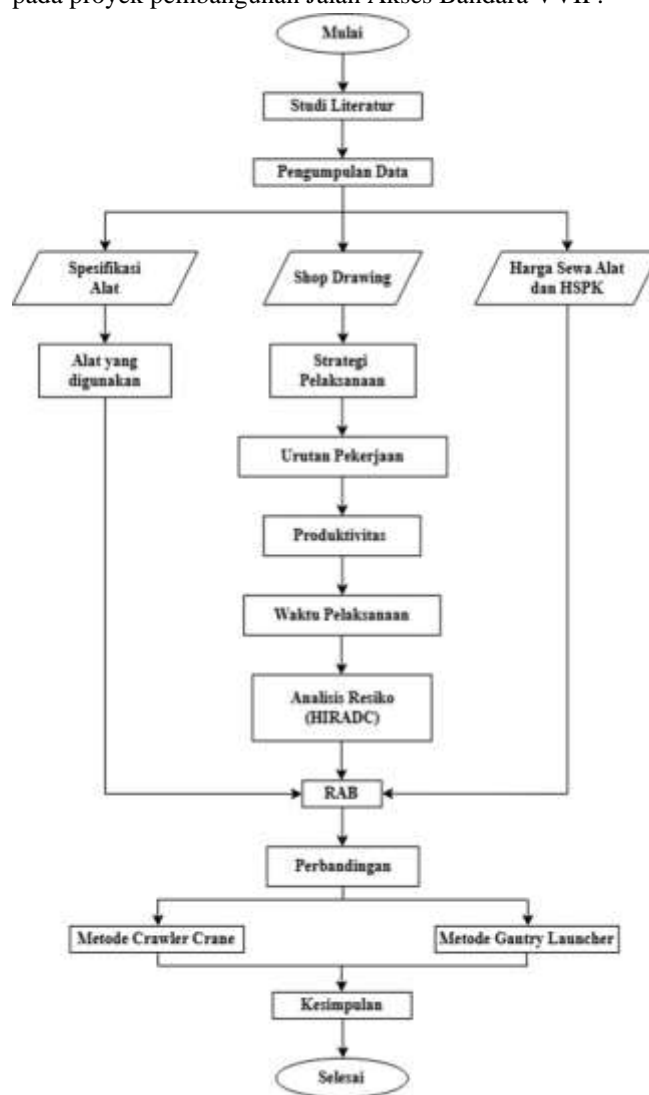
risiko pada pekerjaan *Erection PCU girder* menggunakan metode *crawler crane*, *gantry launcher*. Komponen biaya yang diperhitungkan adalah biaya sewa alat berat, biaya upah tenaga kerja, serta anggaran untuk kesehatan dan keselamatan kerja. Dengan adanya ketiga komponen tersebut, maka dapat dilakukan perhitungan terhadap rancangan anggaran biaya pelaksanaan.

7. Membandingkan Metode *Erection*, Waktu, Risiko, dan Biaya

Setelah melakukan analisis terhadap keseluruhan hal tersebut, maka selanjutnya adalah melakukan perbandingan terhadap keempat aspek tersebut untuk masing-masing metode pelaksanaan.

8. Menentukan Metode *Erection PCU girder*

Berdasarkan hasil perbandingan yang telah dilakukan maka langkah terakhir ialah menentukan saran penggunaan alat berat yang sesuai untuk pelaksanaan *Erection PCU girder* pada jembatan flyover yang ada pada proyek pembangunan Jalan Akses Bandara VVIP.



Gambar 2 Flowchart

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perbandingan Metode Pelaksanaan

Dalam pelaksanaan pekerjaan *Erection PCU girder* menggunakan *crawler crane* dan *gantry launcher* memiliki beberapa kesamaan dan perbedaan di dalam metode. Persamaannya kedua alat tersebut berkapasitas satu buah *Girder* dan *traffic management* yang menerapkan sistem buka tutup jalan karena berdampingan dengan proyek lain.

Dibawah ini merupakan perbedaan metode pelaksanaan saat pekerjaan *Erection PCU girder* menggunakan dua alat berat yaitu *crawler crane* dan *gantry launcher*, sebagai berikut :

Total (menit)	4708	3278
Rata - rata (Menit)	57	44
Produktivitas (<i>girder</i> / jam)	0.4	0.5
Produktivitas per hari	3	4
Waktu pelaksanaan (hari)	12	9

Sumber: Hasil Analisis

Hal tersebut dikarenakan produktivitas saat pelaksanaan yang tinggi yaitu satu hari mampu memasang 4 unit *PCU Girder* sedangkan penggunaan metode *crawler crane* satu hari mampu memasang 3 unit *PCU Girder*.

Tabel 1 Perbedaan Metode Pelaksanaan *Erection PCU girder*

No	Perbedaan	Metode Crawler Crane	Metode Gantry Launcher
1	Visualisasi		
2	Perakitan Peralatan	Tidak memerlukan waktu yang lama serta tenaga kerja yang banyak untuk melakukan perakitan	Perakitan komponen alat dilakukan di lapangan dengan membutuhkan tenaga kerja yang banyak serta memerlukan waktu perakitan yang lama
3	Pemasangan Peralatan	Tidak perlu melakukan pemasangan peralatan	Pemasangan dilakukan menggunakan bantuan unit <i>crawler crane</i>
4	Tumpuan Alat	Menggunakan tumpuan tanah dan dilapisi plat besi sebagai pijakan yang ada pada lapangan	Menggunakan dudukan beton sebagai tumpuan rail <i>gantry launcher</i>
5	Pergerakan Alat	<i>Crawler crane</i> dapat bergerak dengan cara berputar 360° serta bergerak bebas	Alat Pergerakan <i>launcher</i> hanya maju ke depan atau mundur ke belakang atau berpindah dari satu <i>pier</i> ke <i>pier</i> lain, serta bergerak

Sumber: Hasil Analisis

Perbandingan Waktu Pelaksanaan

Berdasarkan perhitungan produktivitas pada kedua metode dapat diketahui bahwa waktu pelaksanaan untuk pekerjaan *Erection PCU girder* pada masing-masing metode berbeda. Berikut merupakan hasil perbandingan terhadap kedua metode tersebut :

Tabel 2 Perbedaan Waktu Pelaksanaan *Erection PCU girder*

No	Bentang	Waktu Siklus	
		<i>Crawler Crane</i>	<i>Gantry Launcher</i>
1	P2 - P3	791	559
2	P1 - P2	774	553
3	P3 - P4	807	565
4	P4 - P5	812	533
5	P5 - P6	790	537
6	P6 - P7	734	531

Berdasarkan hasil tersebut, dapat diketahui bahwa durasi atau waktu pelaksanaan untuk pekerjaan *Erection PCU girder* menggunakan metode *gantry launcher* memiliki waktu yang paling cepat diantara metode lain.

Tujuan penggunaan alat-alat berat tersebut untuk memudahkan pekerja dalam mengerjakan pekerjaannya sehingga hasil yang diharapkan dapat tercapai dengan lebih mudah pada waktu yang relatif lebih singkat. Maka dari tabel hasil perbandingan diatas waktu pelaksanaan *Erection PCU girder* menggunakan *crawler crane* dan waktu pelaksanaan *Erection PCU girder* menggunakan *gantry launcher* menunjukkan bahwa waktu pelaksanaan *Erection PCU girder* menggunakan *gantry launcher* lebih cepat dibandingkan waktu pelaksanaan *Erection PCU girder* menggunakan *crawler crane*.

Perbandingan Biaya Pelaksanaan

Analisis biaya ialah biaya antara antara *Erection PCU girder* menggunakan *crawler crane* dan *Erection PCU girder* menggunakan *gantry launcher* yang ditinjau dari analisis biaya yang terdiri dari biaya pelaksanaan, biaya pengadaan alat pelindung diri (APD), serta biaya untuk traffic management. Berikut merupakan hasil akhir untuk perbandingan biaya pelaksanaan pekerjaan *Erection PCU girder* :

untuk proses penilaian identifikasi bahaya dan pengendalian resiko yaitu sebagai berikut :

1. Menentukan jenis pekerjaan/kegiatan
2. Membuat potensi bahaya dan risikonya
3. Memberi penilaian untuk masing-masing kemungkinan yang terjadi dan tingkat keparahan
4. Setelah menentukan penilaian “kemungkinan x keparahan” untuk mendapatkan hasil tingkat risiko
5. Membuat pengendalian risiko sesuai hirarki pengendalian risiko

Tabel 3 Perbedaan Biaya Pelaksanaan *Erection PCU girder*

No.	Keterangan	Biaya (Rupiah)		
		Metode Crawler Crane		Metode Gantry Launcher
1	Biaya Perakitan	-	Rp	197,744,724.00
2	Biaya Pemasangan	-	Rp	57,583,400.00
3	Biaya <i>Erection Girder</i>	Rp	1,125,615,022.08	Rp 663,450,506.64
4	Biaya Pengadaan APD	Rp	22,450,700.00	Rp 24,743,200.00
5	Biaya <i>Traffic Management</i>	Rp	11,618,000.00	Rp 11,687,000.00
Total		Rp	1,159,683,722.08	Rp 955,208,830.64

Sumber: Hasil Analisis

Berdasarkan tabel perbandingan biaya antara metode *crawler crane* dan *gantry launcher* dalam pekerjaan *Erection PCU girder*, berikut adalah penjabaran hasil perbandingan dalam aspek biaya yaitu untuk metode *crawler crane* adalah sebesar Rp1.159.683.722,08, sementara total biaya untuk metode *gantry launcher* adalah Rp955.208.830,64. Meskipun metode *gantry launcher* memerlukan biaya tambahan untuk perakitan dan pemasangan alat, namun secara keseluruhan metode ini lebih hemat biaya karena mengurangi secara signifikan biaya *Erection PCU girder*. Oleh karena itu, dari sudut pandang efisiensi biaya, metode *gantry launcher* lebih unggul dibandingkan metode *crawler crane* untuk proyek ini.

Berikut hasil perbandingan IBPRP antar alat berat *crawler crane* dan *gantry launcher* dalam pelaksanaan pekerjaan *Erection PCU girder* :

Tabel 4 Perbedaan K3 *Erection PCU girder*

Tingkat Risiko	Metode	
	<i>Crawler Crane</i>	<i>Gantry launcher</i>
Tingkat risiko tinggi	44%	37.5%
Tingkat risiko sedang	25%	12.5%
Tingkat risiko kecil	31%	50%

Sumber: Hasil Analisis

Perbandingan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)

Analisis terhadap perbandingan aspek kesehatan dan keselamatan kerja dilakukan menggunakan Permen PUPR No. 10 tahun 2021 Identifikasi Bahaya, Penilaian Risiko, Penentuan Pengendalian Risiko, Dan Peluang (IBPRP). Berdasarkan skala matriks yang sudah ditetapkan maka dapat dijabarkan identifikasi bahaya yang dapat terjadi serta tingkat risiko yang didapatkan dari hasil penjabaran identifikasi bahaya. Berikut merupakan tabel hasil perbandingan keselamatan kerja dan kesehatan kerja (K3) menggunakan Identifikasi Bahaya, Penilaian Risiko, Penentuan Pengendalian Risiko, Dan Peluang (IBPRP). Salah satu cara

Berdasarkan hasil analisis perhitungan tingkat risiko metode *crawler crane* mempunyai tingkat risiko tinggi 44% lebih besar dari pada metode *gantry launcher* yaitu 37,5%, tingkat risiko sedang pada metode *crawler crane* 25% lebih besar dari pada metode *gantry launcher* yaitu 12,5%, sedangkan tingkat risiko kecil metode *crawler crane* lebih sedikit yaitu 31% dengan metode *gantry launcher* yaitu 50%. *gantry launcher* cenderung memberikan risiko yang lebih terkendali, dengan lebih banyak proporsi pada tingkat risiko kecil dan lebih sedikit pada tingkat risiko tinggi.

Alat dan Metode Pelaksanaan yang Direkomendasikan

Berdasarkan hasil perbandingan yang telah dilakukan terhadap masing-masing aspek, maka dapat dilakukan penentuan metode pelaksanaan yang cocok diaplikasikan pada pelaksanaan *Erection PCU girder* pada *flyover* Jalan Akses Bandara VVIP. Setelah mengetahui hasil akhir pada masing-masing variable pembanding maka selanjutnya adalah melakukan menganalisa perbandingan terhadap hasil akhir yang telah dihitung. Berikut merupakan tabel hasil perbandingan :

Tabel 5 Perbandingan Waktu, Biaya, K3

No.	Variable	Bobot	
		<i>Crawler Crane</i>	<i>Gantry Launcher</i>
1	Waktu	12 hari	9 hari
	Nilai		
2	Risiko (IBPRP)	Lebih Tinggi	Lebih Rendah
3	Biaya	Rp 1,159,683,722.08	Rp 955,208,830.64

Sumber: Hasil Anilisis

Hasil akhir dari perbandingan antara metode *Erection Girder* menggunakan *crawler crane* dan *gantry launcher* menunjukkan bahwa metode *gantry launcher* memiliki hasil yang lebih baik pada variabel-variabel yang dianalisis. Hal ini mengindikasikan bahwa metode *gantry launcher* lebih unggul dari segi efisiensi waktu, efektivitas biaya, dan keselamatan kerja (K3), sehingga direkomendasikan sebagai metode yang lebih optimal untuk digunakan dalam pelaksanaan *Erection PCU girder* pada proyek Jalan Akses Bandara VVIP IKN.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa hasil perbandingan metode pelaksanaan *Erection PCU girder* menggunakan *crawler crane*, *gantry launcher* ialah :

1. Metode pelaksanaan menggunakan metode *gantry launcher* lebih efisien, lebih murah, dan tingkatan resiko lebih kecil dengan metode *crawler crane*.
2. Durasi yang dibutuhkan untuk metode *gantry launcher* 9 hari, metode *crawler crane* 12 hari.
3. Nilai tingkat risiko berdasarkan matriks IBPRP untuk metode *gantry launcher* untuk tingkat risiko tinggi dan tingkat risiko sedang lebih kecil dengan metode *crawler crane*.
4. Biaya pelaksanaan yang dibutuhkan untuk metode *gantry launcher* lebih murah dengan metode *crawler crane* yaitu

Rp.1,165,060,722.08 sedangkan untuk metode *gantry launcher* sebesar Rp.955,208,830.64.

5. Metode pelaksanaan yang direkomendasikan adalah metode *gantry launcher*.

SARAN

Berdasarkan hasil akhir yang telah didapatkan maka terdapat saran yang harus dipertimbangkan untuk pemilihan metode pelaksanaan *Erection PCU girder* pada *flyover* Jalan Akses Bandara VVIP. Berikut merupakan saran yang dapat dijadikan pertimbangan :

1. Pemilihan metode pelaksanaan yang akan digunakan perlu melakukan kajian serta melakukan perencanaan sistem kesehatan dan keselamatan kerja agar dapat mengurangi terjadinya risiko kecelakaan kerja selama proses pelaksanaan pekerjaan *Erection PCU girder* berlangsung.
2. Perlu melakukan peninjauan terhadap lokasi yang digunakan sehingga dapat melakukan penataan serta pemanfaatan lahan yang sesuai dengan kebutuhan untuk pekerjaan *Erection PCU girder*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Fortuna, B. I., Ketut Sucita, I., Rizal, R. S., Sipil, J. T., & Jakarta, P. N. (2021). Jurnal Ilmiah Rekayasa Sipil Analisis Waktu dan Biaya Perbandingan *Erection Box Girder* Menggunakan Metode Crane dan Launcher. 18(2).<http://ejournal2.pnp.ac.id/index.php/jirs/TerakreditasiSINTAPeringkat5>
- [2] Garnis Pandji, D., & Purnomo, F. (2021). PERBANDINGAN *ERECTION PCI GIRDER* MENGGUNAKAN *CRAWLER CRANE* DAN *GANTRY LAUNCHER* PADA PROYEK JEMBATAN TELUK KENDARI (Vol. 2, Nomor 2). <http://jos-mrk.polinema.ac.id/>
- [3] Kurniawan1, W., Nuryati2, S., & Prihesnanto3, F. (t.t.). 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.
- [4] Reza Firmadi, A., & Penta Artiningsih, T. (t.t.). ANALISIS PERBANDINGAN *PCI GIRDER* EXISTING DENGAN *PCU GIRDER* PADA PROYEK JEMBATAN UTAMA KALI PESANGGRAHAN.
- [5] Siswanto, A. B., Afif Salim, M., Purwantini, & Nurwidiyanti, A. (2022). Analisis Perbandingan Pekerjaan *Erection Girder* Beam dengan Metode Launcher dan *Crawler crane* Proyek Kawasan Industri Terpadu Batang. Jurnal Teknik Sipil, 15(2), 23–36. <https://doi.org/10.56444/jts.v15i2.217>

- [6] Libby, James R. 1984. *Modern Prestressed Concrete Highway Bridge Superstructures : Design, Principles, and Construction Methods*. New York: Van Nostrand Reinhold Company Inc.
- [7] Rostiyanti F, Susy, Ir., M.Sc. 2008. *Alat Berat Untuk Proyek Konstruksi*. Cetakan 1, Edisi 2. Jakarta: Rineka Cipta.
- [8] Kementerian Pekerjaan Umum, 2014. *Katalog Alat Berat 2013*. Cetakan 1, Edisi 1. Jakarta: Pusat Pembinaan Sumber Daya Investasi Badan Pembinaan Konstruksi Kementerian Pekerjaan Umum.
- [9] F. Ramadhan, "Analisis Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) menggunakan metode Hazard Identification Risk Assessment and Risk Control (HIRARC)," *Semin. Nas. Ris. Terap.*, no. November, pp. 164–169, 2017.