

METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN CRITICAL LIFTING PCI GIRDER BENTANG EKSTREM NON STANDARD

Muhammad Bimo Septiano¹, Bertinus Simanihuruk^{2*}, dan Hikma Dewita³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tama Jagakarsa
Jl. Letjen. T.B. Simatupang No.152, Tanjung Barat, Jakarta Selatan 12530.

*Email: bsimanihuruk@gmail.com

Abstrak

Metode Pelaksanaan Prestressed Concrete I Girder (PCI Girder) memiliki risiko tinggi terjadinya guling pada tahap pemindahan, pengangkatan, dan penempatan di atas struktur dengan tanpa tahanan rotasi. Metode Pelaksanaan Pekerjaan Critical Lifting PCI Girder Bentang Ekstrem Non Standar bisa meminimalisir resiko dari tahap persiapan sampai erection yang aman terhadap guling dengan menggunakan lifting frame pada saat pengangkatan dan perkuatan pada PCI Girder saat diletakkan di tumpuan sehingga dilakukan penelitian terhadap metode pelaksanaannya. Analisis dilakukan terhadap data sekunder pelaksanaan PCI Girder di lapangan. Dari hasil perhitungan didapat hasil radius putaran terjauh 12 meter (crane 250 T) dengan nilai CBR 6.15% dan 10 meter (crane 10 T) dengan nilai CBR crane 6%, beban yang ditanggung sling 39.46 ton dengan faktor keamanan 9.8 dan faktor keamanan hook 3.8, kuat geser nominal life line sebesar 11250 kN dengan panjang angkur minimal 315.4372 mm dan $M_u = 0.7245$ kNm serta beban dipikul per lifting frame 39.46 ton. Pemasangan mortar pad dilakukan secara rata agarudukan bearing pad rata, dan PCI Girder bertumpu sempurna. Dengan menetapkan metode pelaksanaan PCI Girder mulai dari pekerjaan persiapan, perhitungan alat angkat, pemasangan mortar pad yang rata, pengangkatan dengan lifting frame dan perkuatan pemasangan sehingga terhindar dari resiko momen guling pada tumpuan.

Kata kunci: bentang ekstrem, critical lifting, metode pemasangan, non standar, PCI Girder

1. PENDAHULUAN

PCU Girder dan PCI Girder merupakan struktur atas jembatan yang tidak memerlukan pemeliharaan khusus dan lebih baik dalam meredam getaran/goncangan dibandingkan baja. PCI Girder lebih ringan dari PCU Girder (Bastya, Yunalia and Suharyatmo, 2017). Dimensi PCI Girder lebih kecil dengan tendon lebih banyak merupakan desain paling efisien dari kekuatan dan kekakuan jembatan (Herbudiman, Nuranita and Putra, 2025). Lendutan PCI Girder H-170 untuk bentang 40.80 m mempunyai nilai lendutan 0.0415 m dibawah batas izin 0.051 m (Panjaitan, Wiradana and Sitompul, 2024). Proses pemasangan PCI Girder bentang panjang yang lebih dari 40 m memiliki resiko terhadap guling dan runtuh akibat adanya ketidaksempurnaan lateral, yang terbatas pada panjang atau bentang balok (L)/500 (maksimum) karena toleransi konstruksi dan kekakuan lateral yang relatif kecil (Dewobroto and Canny, 2024). Empat aspek/faktor utama yang harus dipertimbangkan dalam metode pengangkatan PCI Girder bentang 40.8 yaitu aspek biaya, waktu, kondisi lapangan dan aspek keamanan (Ramadhan and Sucita, 2025).

Proyek pembangunan jembatan memerlukan pengelolaan resiko dari potensi bahaya yang terjadi, seperti pengangkatan girder yang menggunakan alat berat berupa *crane*, operator yang sudah berpengalaman, dan potensi bahaya pekerja yang berada di ketinggian. Beberapa upaya untuk mengurangi risiko, diantaranya memastikan bahwa operator mengoperasikan *mobile crane*, serta *mobile crane* yang siap pakai dan sesuai dengan kriteria *engineering* dan pelaksana lapangan, tanah/landasan untuk lewatnya danudukannya *mobile crane* sesuai dengan persyaratan (Hartono, Handayani and Prakusya, 2023). Saat pemasangan, perencanaan harus didasarkan pada sifat-sifat mekanis PCI Girder dengan memitigasi dan minimalisasi risiko yang terjadi. Pemasangan PCI Girder harus dipastikan mengantisipasi dan mencegah terjadinya guling yang berotasi ke samping yang memicu deformasi lateral. Adanya resiko kegagalan pekerjaan pemasangan, maka dilakukan penelitian tentang Metode Pelaksanaan Pekerjaan *Critical Lifting* PCI Girder Bentang Ekstrem Non Standard pada proyek Pembangunan Jalan Tol Kamal-Teluk Naga-Rajeg Seksi 3 STA 0+000 sampai dengan STA 6+700 dengan bentang 40.8 m. Tujuan dari penelitian yaitu (1) mengetahui pemasangan PCI Girder yang aman terhadap resiko guling pada saat *erection*, (2) mengetahui perhitungan dasar

alat berat *crane* dan *lifting frame* pekerjaan *erection* PCI girder, (3) mengetahui Pemasangan *Bearing Pad* pada *Mortar Pad* agar PCI Girder bertumpu sempurna, dan (4) mengetahui metode *temporary bracing* pada tumpuan PCI Girder pada saat *erection*.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Tahapan penelitian Resiko Metode Pelaksanaan Pekerjaan *Critical Lifting* PCI Girder Bentang Ekstrem *Non Standard* terdiri dari beberapa tahapan yaitu (1) tahap pertama melakukan kajian literatur tentang metode pelaksanaan PCI Girder, (2) tahap kedua dengan pengumpulan data pelaksanaan *lifting* PCI Girder di lokasi, (3) tahap ketiga dengan melakukan analisis dan pembahasan dengan mengukur resiko dan metode pelaksanaan *lifting* PCI Girder, dan (4) tahap keempat merupakan menetapkan hasil kesimpulan dan saran dari penelitian.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Perhitungan Pengangkatan Crane

Tabel 4 Perhitungan Pengangkatan Crane 250 Ton dan 180 Ton

Crane Data			
Model	:	KOBELCO CKE2500	KOBELCO CKE1800
Tipe Alat	:	250 T	180 T
SWL Point			
Max Radius	:	12.00 meter	10.00 meter
Max Boom Length	:	27.40 meter	27.40 meter
SWL Manufactur	:	89.50 ton	71.50 ton
Material Data			
Panjang Girder	:	40.80 meter	40.80 meter
Berat Girder	:	78.29 ton	78.29 ton
Load Calculation			
Berat girder (a)	:	78.29 ton	78.29 ton
Lifting frame (b)	:	1.75 ton	1.75 ton
Berat Main Hook (c)	:	2.50 ton	2.50 ton
Berat total (d=a+b+c)	:	82.54 ton	82.54 ton
Berat total + 15 % (e=d+15%)	:	94.92 ton	94.92 ton
Berat crane (f= e/2)	:	47.46 ton	47.46 ton
Dynamic factor (g=1.05xf)	:	49.83	49.83 Ton
SWL	:	89.50 ton	71.50 ton
Total Weight of Load	:	49.83 ton	49.83 ton

Kapasitas crane yang beroda crawler memiliki kapasitas 75% dari kapasitas alat.

$$UR = \frac{\text{Beban Total}}{\text{Kapasitas SWL}} \times 100\% \quad (\text{PUPR, 2024}) \quad (1)$$

Crane 250 ton, $49.83/89.50 \times 100\% = 55.68\% < 75\%$.

Radius terjauh crane 250 T yang diizinkan untuk *PCI Girder* dengan spesifikasi, berdasarkan Perhitungan Lifting adalah $R = 12$ meter.

Crane 180 ton, $49.83/71.50 \times 100\% = 69.69\% < 75\%$.

Radius terjauh crane 180 T yang diizinkan untuk *PCI Girder* dengan spesifikasi, berdasarkan Perhitungan Lifting adalah $R = 10$ meter.

Gambar 2 Penetapan Radius L-Girder 40.8 m dengan Crane 250 ton dan 180 ton.

3.2 Analisis Perhitungan Ground Pressure

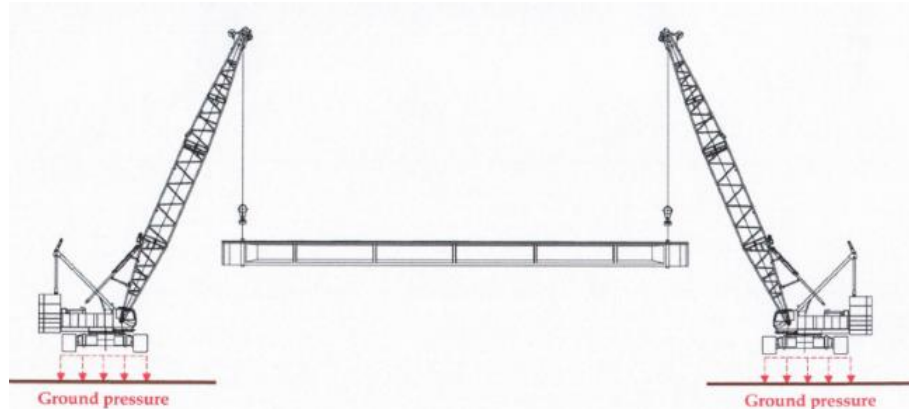
Kebutuhan Ground Pressure Crane 180 T

$$CBR = \frac{q_u (kPa)}{70} \quad (2)$$

$$q_u = 290.44 \text{ kN/m}^2$$

$$CBR = \frac{290.44}{70} = 4.15\%$$

$CBR_{\text{terfaktor } (0.8)} = \frac{4.15}{0.8} = 5.19\% < CBR_{\text{minimum}}$ (tidak memenuhi syarat). Dilakukan perbaikan tanah untuk dudukan crane 180 T sampai nilai CBR mencapai minimal 6 %.



Gambar 3 Ground Pressure Crane 180 T Akibat Beban Yang Bekerja

Kebutuhan Ground Pressure Crane 250 T

$$q_u = 344.63 \text{ kN/m}^2 \text{ (kPa)}$$

$$CBR = \frac{344.63}{70} = 4.92\%$$

$CBR_{\text{terfaktor } (0.8)} = \frac{4.92}{0.8} = 6.15\% > 6\%$ (memenuhi syarat). Dudukan crane 250 ton bisa digunakan.

3.3 Analisis Perhitungan Sling

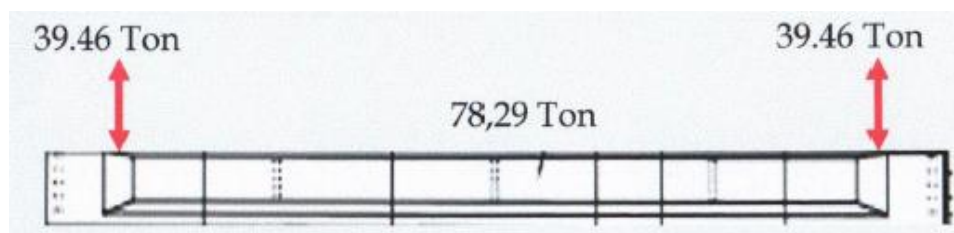
Metode Pengikatan: Lifting Frame

Berat Girder PCI 40,8 m : 78.29 Ton

Jumlah Titik Angkat : 2

Beban 1 titik angkat : $\frac{78.29}{2} = 39.46 \text{ ton}$

Jadi berat yang ditanggung masing-masing sling adalah 39.46 ton



Gambar 4 Berat Yang Dipikul Sling

Safety Factor Sling

$$SF = \frac{\text{Breaking Strength}}{\text{Beban}} = 5 \quad (3)$$

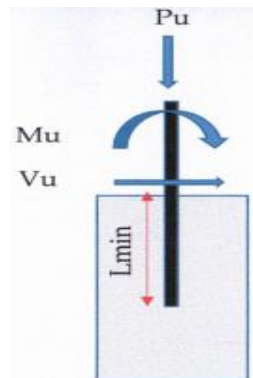
$$= \frac{386.97}{39.49} = 9.8 > SF_{\text{minimal}} = 5 \text{ (memenuhi syarat)}$$

Safety Factor Hook

$$SF = \frac{\text{Kapasitas}}{\text{Tegangan Tali}} = 1 \quad (4)$$

$$= \frac{150}{39.49} = 3.8 > SF_{\text{minimal}} = 1 \text{ (memenuhi syarat)}$$

3.4 Analisis Perhitungan *Life Line* (Tertanam Pada Struktur)

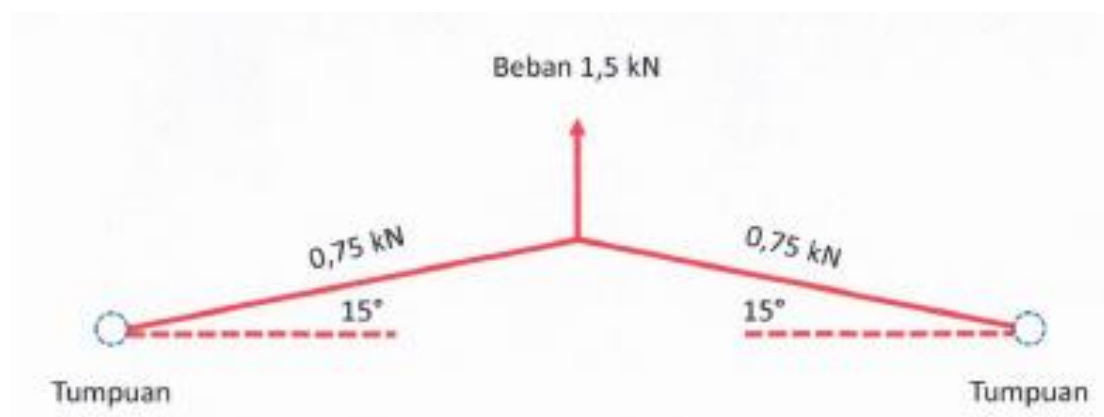


Gambar 5 *Life Line*

- Beban yang bekerja pada 1 angkur
 $V_u = 0.75 \text{ Kn}$ (1.5 Kn dibagi 2 kanan-kiri)
- Perhitungan kuat geser
 $\phi = 0.75$ (faktor reduksi kekuatan)
 $n = 1$ (jumlah angkur)
 $r_1 = 0.4$ (factor pengaruh ulir geser)
 $A_b = 283.385 \text{ mm}^2$ (luas penampang angkur)
 $m = 1$ (jumlah penampang geser)
 $V_n = r_1 \times m \times A_b \times f_{ub}$ (kuat geser nominal)
- Untuk BJTP 420
 $V_n = 59510.85$ dicoba D19
 $V_{u1} \leq \phi \times V_n$
 $11250 \leq 44633.14$ (Ok)
- Panjang angkur tanam
 $f_c' = 40 \text{ Mpa}$

$$L_{min} = \frac{f_y}{(4 \times \sqrt{f_c'}) \times d} = 315.4372 \text{ mm}$$
 Beban Rencana : 1.5 kN
 $V_u = \text{Beban rencana}/2$ (tumpuan)
 $V_u = 1.5 \text{ kN}/2 = 0.75 \text{ kN}$

(5)



Gambar 6 Distribusi Beban Yang Bekerja Pada *Life Line*

$$M_u = 0.75 \cos 15^\circ = 0.75 \times 0.966 = 0.7245 \text{ kN}$$

$$M_n = Z \times F_y \quad (6)$$

$$M_n = \frac{1}{6} D^3 \times F_y \quad (7)$$

$$M_n = \frac{1}{6} 25^3 \times 420$$

$$M_n = 1093750 \text{ Nmm} = M_n = 0.109375 \text{ kNm}$$

$$\mu < \phi \times M_n \quad (8)$$

$$0.7245 \times 0.109375 = 0.98438 \text{ (Ok)}$$

3.5 Analisis Lifting Frame

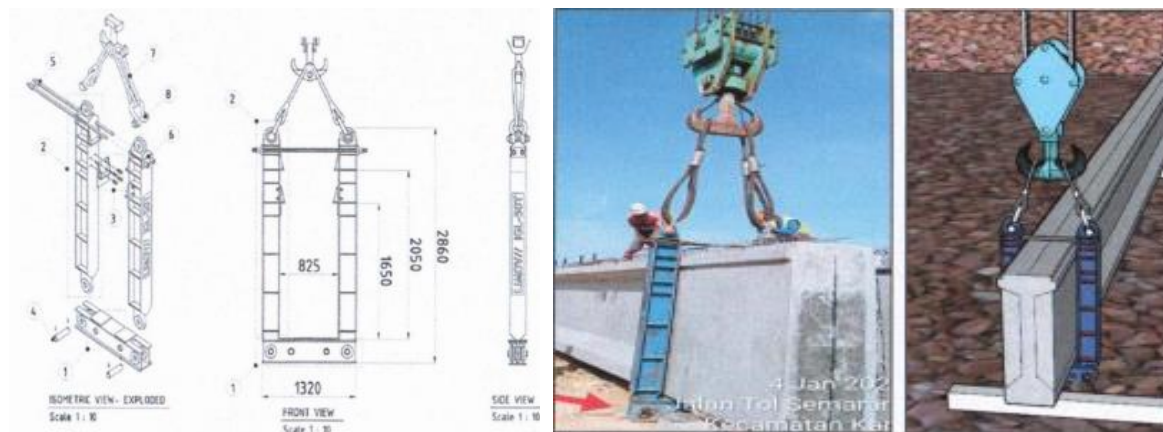
Penggunaan Lifting Frame merupakan satu dari cara pengangkatan girder. Ukuran lifting frame yang digunakan (LxWxH) = 1320x220x2860 (mm)

Safe working load : 50,000 kg

Proof Load Test : 125,000 kg

Beban yang dipikul per lifting frame = 39.46 ton = 39460 kg

50,000 kg > 39460 kg (memenuhi syarat)

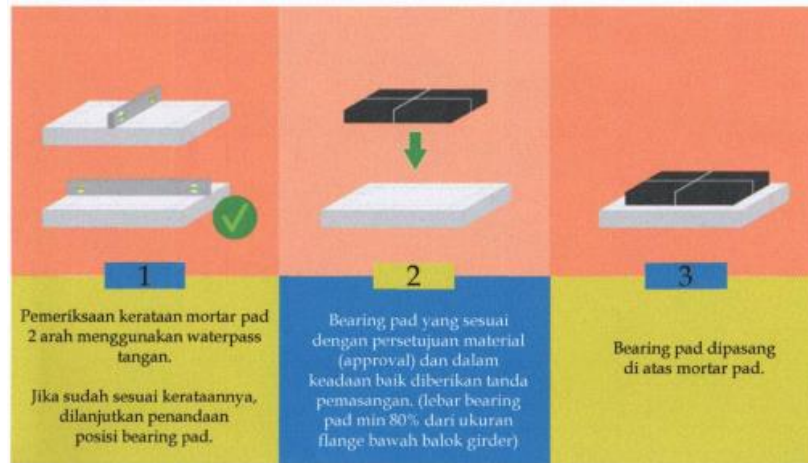


Gambar 7 Life Frame

Pengangkatan *girder* juga bisa menggunakan *stiffner* sayap atau *top stiffner* dengan menggunakan profil baja yang dipasang pada sayap as balok meningkatkan lateral torsi sebesar 269 % (Putra, Widyawati and Purba, 2023). Pengangkatan girder dengan lifting frame atau top stiffner menjadi alternatif pengangkatan girder.

3.6 Analisis Metode Pelaksanaan Perletakan Bearing Pad pada Mortar Pad

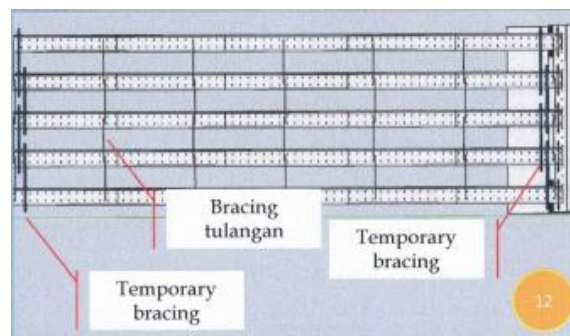
Bearing pad jembatan adalah elemen struktur jembatan yang menahan beban dan menjamin kestabilan konstruksi yang ditempat secara tepat. Spesifikasi material, ukuran, cara pemasangan dan setiap elemen *bearing pad* memiliki peran dalam menjaga kestabilan dan keselamatan jembatan (Wahyudi, 2024). Pada saat pengangkatan girder ke bearing pad mempunyai resiko kerusakan alat dan faktor cuaca seperti hujan atau angin kencang (Bambang, Salim and Nurwidiyanti, 2022). Untuk memastikan kerataan *mortar pad*, maka dilakukan pengecekan kerataan *mortar pad* agar permukaan *bearing pad* tetap rata dan lurus secara horizontal sesuai dengan gambar kerja sehingga *bearing pad* tidak mengalami tegangan berlebih dan PCI Girder bertumpu sempurna.



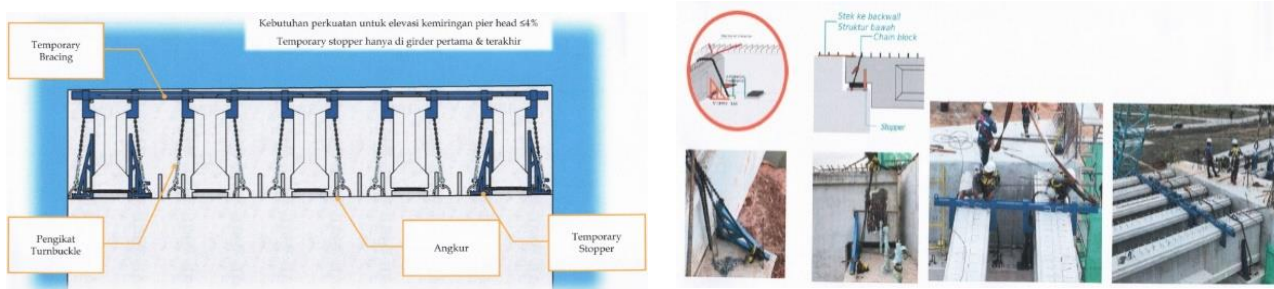
Gambar 8 Perletakan Mortar Pad dan Bearing Pad

3.7 Analisis Metode Pelaksanaan Perkuatan Girder

Posisi yang tidak tepat menyebabkan gaya tambahan penyebab guling. Pemicu terjadinya momen guling tumpuan adalah keberadaan *imperfection* arah lateral (*sweep*) dan eksentrisitas tumpuan yang bersama-sama dengan berat sendiri PCI girder dihasilkan momen guling tumpuan. Untuk pemasangan PCI Girder untuk 1 jembatan harus didukung penguatan yaitu pengikat *turnbuckle*, *temporary bracing*, angkur, *bracing* tulangan dan *temporary stopper* agar tidak terjadi momen guling pada tumpuan.



Gambar 4 Pemasangan Perkuatan PCI girder untuk 1 Jembatan



Gambar 4 Perkuatan PCI Girder Non Standar

Stiffner badan menggunakan material *hollow* yang dirangka menyeluruh pada badan *girder* yang mampu meningkatkan tahanan lateral torsi 15% dan menambah kekakuan *girder* yang mengalami *lateral sweep*. *Stiffner* badan juga merupakan perkuatan girder terhadap guling (Putra, Widyawati and Purba, 2023). Metode perkuatan girder atau *stiffner* badan menjadi alternatif dalam perkuatan girder terhadap guling.

3.8 Analisis Metode Pelaksanaan PCI Girder Bentang Ekstrem Non Standar

Metode pemasangan PCI Girder yang aman terhadap resiko guling dilakukan dengan langkah-langkah yaitu pekerja persiapan (alat, operator, material, *life line*, lalu-lintas, dan rencana *lifting*), perhitungan alat (radius, *ground pressure*, *lift line*, pengangkatan *crane*, *lifting frame*), perhitungan *chamber*, dan deformasi lateral PCI Girder, serta metode pemasangan PCI Girder (mortar pad, bearing pad, pengangkatan dengan *lifting frame* dan perkuatan)

4 KESIMPULAN

Dari penelitian tentang Penanganan Resiko Metode Pelaksanaan Pekerjaan Critical Lifting PCI Girder Bentang Ekstrem Non Standar didapat beberapa kesimpulan yaitu (1) Metode pemasangan PCI Girder yang aman terhadap resiko guling dilakukan dengan langkah-langkah yaitu pekerja persiapan, perhitungan alat, perhitungan *chamber* dan deformasi lateral PCI Girder, serta metode pemasangan PCI Girder, (2) Hasil perhitungan radius terjauh 12 meter (*crane* 250 T) dan radius terjauh 10 m (*crane* 180 T), nilai CBR 6% (*crane* 250 T) dan nilai CBR 6.15% (*crane* 250 T), beban yang ditanggung sling 39.46 ton (faktor keamanan 9.8) dan *safety factor Hook* 3.8, kuat geser nominal 11250 kN dengan panjang angkur minimal 315.4372 mm dan $\mu = 0.7245$ kNm, dan beban yang dipikul *lifting frame* 39.46 ton, (3) Pemasangan mortar pad rata agar bearing pad rata dan PCI girder bertumpu sempurna, (4) Pemasangan PCI Girder untuk 1 jembatan didukung perkuatan agar tidak terjadi momen guling pada tumpuan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bambang, A., Salim, M.A. and Nurwidiyanti, A. (2022) "Analisis Perbandingan Pekerjaan Erection Girder Beam dengan Metode Launcher dan Crawler Crane," *Jurnal Teknik Sipil*, 15(2), pp. 23–36.
- Bastya, P.P., Yunalia, M. and Suharyatmo (2017) "Studi Perbandingan Penggunaan PCU Grider dan PCI Grider pada Struktur Atas Jembatan Jurang Gempal, Wonogiri," *Jurnal Teknisia*, 22(1), pp. 334–347.
- Dewobroto, W. and Canny, K.A. (2024) "Evaluation of the Indonesian Standard Guidelines for Long-Span PC Girder Erection," *Practice Periodical on Structural Design and Construction*, 29(4), pp. 1–12. Available at: <https://doi.org/10.1061/ppscfx.sceng-1424>.
- Hartono, W., Handayani, D. and Prakusya, M.B. (2023) "Analisis Risiko Kecelakaan Kerja Pada Konstruksi Struktur Atas Jembatan," *Matriks Teknik Sipil*, 11(1), pp. 48–55. Available at: <https://doi.org/10.20961/mateksi.v11i1.71133>.
- Herbudiman, B., Nuranita, B. and Putra, S.M.I. (2025) "Efficiency Analysis of Prestressed Concrete Bridge Design Based on Variations in I-Girder Types," *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 31(1), pp. 114–122. Available at: <https://doi.org/10.14710/mkts.v31i1.70897>.
- Panjaitan, F.Y., Wiradana, A. and Sitompul, M. (2024) "Analisis Perhitungan Pci Girder H-170 Cm Pada Proyek Jalan Tol Tebing Tinggi – Parapat Ruas Serbelawan –," in: Medan: Politeknik Negeri Medan, pp. 1143–1153.
- PUPR (2024) "Standar Pelaksanaan Pemasangan Gelagar Jembatan Pratekan Pracetak Tipe-I (Pci Girder)," (021), p. 22. Available at: <https://binamarga.pu.go.id/uploads/files/2075/standar-pelaksanaan-pemasangan-gelagar-jembatan-pratekan-pracetak-tipe-i-pci-girder.pdf>.
- Putra, M.D., Widyawati, R. and Purba, A. (2023) "Pengaruh Camber Vertikal Dan Lateral Terhadap Stabilitas Pc-I Girder Dan Penanganannya Terhadap Roll Over," *Jurnal Profesi Insinyur Universitas Lampung*, 4(2), pp. 102–107. Available at: <https://doi.org/10.23960/jpi.v4n2.104>.
- Ramadhan, M.R. and Sucita, I.K. (2025) "Metode Pelaksanaan Erection PC-I Girder Menggunakan Double Crawler Crane," in *Seminar Nasional Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta, 2024*. Jakarta: Politeknik Negeri Jakarta, pp. 861–873.
- Wahyudi (2024) *Bearing Pad Jembatan: Memahami Fondasi Utama Keselamatan dan Kestabilan, Trilogi*. Available at: <https://trilogi.co.id/pad-jembatan/>.