

Kajian Pelaksanaan *Erection Girder* pada Proyek Pembangunan *Flyover* (Studi Kasus *Flyover Gelumbang, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan*)

Betty Susanti¹, Ratna Dewi^{2*}, Arie Putra Usman³

¹Program Studi Program Profesi Insinyur, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

^{2,3}Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

Keywords:

Girder Erection;
Flyover;
Engineering Principles;
Construction Safety
Management System;
Quality Control.

Correspondent Email:

ratnadewi@unsri.ac.id

Abstrak. Flyover Gelumbang merupakan salah satu infrastruktur transportasi yang dibangun untuk mengatasi masalah kemacetan dan meningkatkan aspek keselamatan transportasi di kawasan Gelumbang, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan. Proyek ini berada di atas koridor jalan nasional yang berpotongan dengan jalur kereta api aktif, sehingga pelaksanaan pekerjaan *erection girder* menjadi salah satu tahapan kritis dalam konstruksi struktur atas flyover. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pelaksanaan *erection girder* pada proyek Pembangunan Flyover Gelumbang melalui tinjauan terhadap metode pelaksanaan konstruksi, pengendalian mutu, serta penerapan Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi (SMKK). Kajian dilakukan menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif untuk menggambarkan pelaksanaan *erection girder* berdasarkan kondisi aktual di lapangan. Data penelitian diperoleh melalui observasi lapangan serta studi dokumentasi terhadap dokumen teknis dan administrasi proyek. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengendalian mutu pada proyek Flyover Gelumbang dilakukan secara sistematis terhadap material, peralatan, pekerja, metode pelaksanaan, dan hasil pekerjaan. Kajian SMKK menunjukkan bahwa seluruh elemen rencana keselamatan konstruksi telah diterapkan secara terintegrasi. Hasil kajian ini telah memberikan gambaran bahwa integrasi pengendalian mutu dan penerapan SMKK dalam pekerjaan *erection girder* pada proyek Flyover Gelumbang menjadi wujud penerapan prinsip-prinsip keinsinyuran yang meliputi aspek keselamatan dan kesehatan kerja, keberlanjutan, profesionalisme, serta etika profesi keinsinyuran.



Copyright © [JPI](http://jpi.unsri.ac.id) (Jurnal Profesi Insinyur Universitas Lampung).

Abstract. The Gelumbang Flyover is one of transportation infrastructure constructed to alleviate traffic congestion and enhance transport safety in the Muara Enim Regency, South Sumatra Province. The project spans a national highway corridor that intersects with an active railway line; consequently, the girder erection process constitutes a critical phase in the construction of the flyover's superstructure. This study aims to examine the girder erection process for the Gelumbang Flyover project by reviewing the construction methods, quality control, and the implementation of the Construction Safety Management System (SMKK). A qualitative descriptive approach was employed to describe the girder erection process based on actual field conditions. Research data were gathered through field observations and a review of the project's technical and administrative documents. The findings indicate that the quality control for the Gelumbang Flyover project was

systematically implemented, covering materials, equipment, workers, construction methods, and work outcomes. The assessment of SMKK implementation also indicates that all elements of the construction safety plan have been implemented. The findings of this study demonstrate that the integration of quality control and the implementation of SMKK during girder erection for the Gelumbang Flyover project exemplify the application of engineering principles—specifically those concerning occupational health and safety, sustainability, professionalism, and engineering ethics.

1. PENDAHULUAN

Kawasan Gelumbang di Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan merupakan salah satu kawasan yang memiliki jalur perlintasan langsung dengan rel kereta api di ruas jalan nasional. Operasional kereta api logistik batu bara dengan frekuensi yang tinggi serta kereta penumpang menyebabkan timbulnya kemacetan yang panjang dan menjadi titik rawan kecelakaan. Hal tersebut sejalan dengan kajian yang ditunjukkan oleh [1], [2], serta [3], yang menunjukkan bahwa perlintasan jalan dengan jalur kereta api menjadi salah satu faktor penyebab kemacetan dan kecelakaan lalu lintas.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, dilakukan pembangunan Flyover Gelumbang untuk menciptakan simpang tidak sebidang yang mengalihkan lalu lintas kendaraan di atas jalur rel kereta. *Flyover* ini di desain dengan panjang 700 meter dan lebar 17,2 meter. Proyek pembangunan *flyover* dilaksanakan selama 360 hari dan masa pemeliharaan selama 365 hari, dengan total nilai kontrak Rp. 93.379.004.000,00 (termasuk PPN).

Girder merupakan elemen struktur atas *flyover* yang berfungsi menerima dan mendistribusikan beban ke elemen struktur bawah jembatan. Berdasarkan bentuk penampangnya, girder dapat dibedakan menjadi tipe I-Girder, T-Girder, U-Girder, Box Girder, atau bentuk modifikasi diantaranya. Pada proyek Flyover Gelumbang, digunakan girder beton prategang tipe PCU (*Precast Prestressed Concrete U-Girder*) dengan dimensi panjang 50,8 m, tinggi 2,30 m, dan lebar 2,08 m. Setiap bentang jembatan terdiri atas tujuh unit PCU girder yang dipasang dengan jarak antar sumbu (*center-to-center/CTC*) sebesar 2,60 m.

Karena fungsinya sebagai elemen utama penahan beban pada struktur *flyover*, maka perencanaan, produksi, dan instalasi girder harus sesuai dengan prinsip-prinsip

keinsinyuran untuk memastikan kekuatan, stabilitas, dan keamanan struktur selama umur layanan *flyover*. Seluruh tahapan pekerjaan *erection girder* harus dilaksanakan sesuai dengan prinsip profesionalisme, integritas, etika, keadilan, keselarasan, kemanfaatan, keamanan dan keselamatan, kelestarian lingkungan hidup, dan keberlanjutan, sebagaimana diatur di dalam UU No. 11 tahun 2014 tentang Keinsinyuran [4].

Semua prinsip keinsinyuran tersebut mengarah kepada praktik keinsinyuran yang mendukung penyelenggaraan jasa konstruksi yang aman dan andal. Mengingat tingginya potensi bahaya yang mungkin terjadi pada pekerjaan *erection girder*, maka pengendalian mutu dan penerapan SMKK mutlak dibutuhkan sebagai manifestasi praktik keinsinyuran yang baik dalam pelaksanaan proyek konstruksi, sebagaimana ditunjukkan dalam [5], [6], [7], dan [8].

Paper ini bertujuan untuk mengkaji pelaksanaan *erection girder* pada proyek pembangunan Flyover Gelumbang dengan cara meninjau metode pelaksanaan konstruksi, pengendalian mutu, serta praktik penerapan SMKK. Hasil kajian dapat memberikan gambaran mengenai praktik keinsinyuran yang baik (*good engineering practice*) pada pekerjaan *erection girder*, sekaligus menjadi referensi dalam meningkatkan keselamatan dan kesehatan untuk pelaksanaan pekerjaan girder pada proyek *flyover* atau jembatan secara umum.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Jembatan layang atau *flyover* merupakan infrastruktur sipil yang dibangun untuk memisahkan arus lalu lintas di persimpangan atau perlintasan sebidang. *Flyover* dibangun untuk mengatasi kemacetan atau meningkatkan keselamatan lalu lintas di persimpangan,

sebagaimana ditunjukkan dalam [9], [10], [11], serta [12].

Berdasarkan [13] dan [14], secara umum struktur jembatan atau *flyover* terdiri dari bangunan bawah (*sub structure*) dan bangunan atas (*super structure*). Bangunan bawah *flyover* berfungsi untuk menerima beban dari struktur atas dan meneruskan beban ke tanah dasar. Elemen bangunan *sub structure* biasanya terdiri dari pondasi, *pile cap*, pedestal, pilar, abutment, dan *bearing*. Pada konstruksi bagian atas *flyover*, elemen bangunan umumnya terdiri dari *deck slab* atau pelat lantai, gelagar atau girder, serta bangunan-bangunan pelengkap jembatan.

Girder merupakan salah satu komponen utama pada struktur atas jembatan yang berfungsi untuk mendistribusikan beban yang diterima *flyover* dari pelat lantai secara merata ke tumpuan penyangga vertical seperti *pier* (pilar) dan abutmen. Berdasarkan [15] SNI 1725:2016 – Pembebanan untuk Jembatan, beban yang diterima girder terdiri dari beban mati (berat seluruh elemen struktur jembatan), beban hidup (beban akibat lalu lintas kendaraan), serta beban lingkungan (seperti beban angin dan beban gempa). Untuk itu, pekerjaan girder harus dilaksanakan dengan tepat dan memenuhi persyaratan teknis, agar kekuatan dan stabilitas strukturnya terjamin.

Kajian yang dilakukan oleh [16] menunjukkan bahwa proses *erection girder* beton prategang memiliki risiko yang dapat menyebabkan terguling dan runtuhnya struktur akibat berbagai faktor, terutama karena rendahnya kekakuan lateral, rotasi girder yang berlebihan, serta *bracing* pada tumpuan yang tidak memadai. Permasalahan serupa terkait dengan proses *erection girder* juga diidentifikasi oleh [17], yang menunjukkan bahwa kegagalan struktural pada tahap konstruksi jembatan disebabkan oleh berbagai faktor seperti masalah kualitas material dan kesalahan manusia.

Studi yang dilakukan oleh [18], [19], [20], dan [21] menyimpulkan bahwa pekerjaan *erection girder* memiliki banyak kondisi tidak aman (*unsafe condition*) yang berpotensi menimbulkan bahaya bagi keselamatan dan kesehatan kerja. Oleh karena itu, *erection girder* harus dilaksanakan dengan menerapkan prinsip-prinsip keinsinyuran untuk memastikan bahwa setiap tahapan pekerjaan dilaksanakan secara aman serta memenuhi persyaratan teknis.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif-kualitatif untuk memberikan gambaran mengenai pelaksanaan pekerjaan *erection girder* pada bangunan Flyover Gelumbang. Kajian ini difokuskan pada deskripsi material, peralatan, dan metode pelaksanaan konstruksi pekerjaan girder berdasarkan observasi langsung di lapangan. Evaluasi terhadap penerapan pengendalian mutu dan implementasi SMKK juga dilakukan berdasarkan observasi lapangan terhadap proses *erection girder* dan selanjutnya dibandingkan dengan standar teknis yang berlaku.

Analisis deskriptif dilakukan dengan membandingkan praktik pelaksanaan *erection girder* pada proyek studi kasus terhadap prinsip-prinsip keinsinyuran, untuk mengidentifikasi kesesuaian serta kesenjangan antara praktik dengan kondisi ideal. Hasil analisis ini menjadi dasar dalam merumuskan rekomendasi perbaikan yang berguna untuk meningkatkan aspek mutu dan K3 dalam pelaksanaan pekerjaan *erection girder* pada proyek *flyover* atau jembatan secara umum.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Deskripsi Proyek Flyover Gelumbang

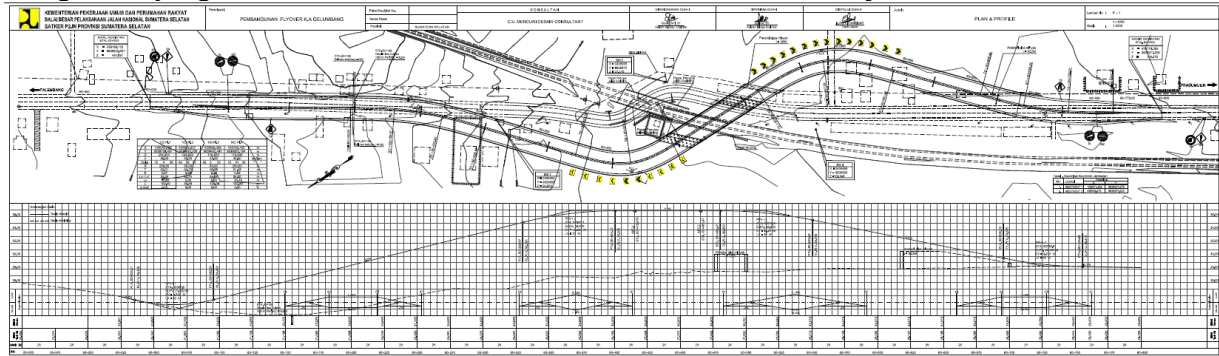
Proyek Flyover Gelumbang berada di KM 60+050 s/d 60+750 Lintas Palembang, Prabumulih, Kab. Muara Enim, Kec. Gelumbang, Kel. Sigam, Prov. Sumatera Selatan. Pemilik proyek Flyover Gelumbang adalah Ditjen Bina Marga Kementerian PUPR – Satker PJN Wilayah III Prov. Sumatera Selatan. Waktu pelaksanaan proyek ini direncanakan selama 360 hari kalender dengan masa pemeliharaan 365 hari kalender. Pembangunan Flyover Gelumbang didanai menggunakan sumber dana SBSN tahun anggaran 2024-2025. Serah terima akhir (*final hand over*) proyek dijadwalkan pada tanggal 8 Desember 2026.

Flyover Gelumbang menggunakan tipe jembatan *prestress concrete* tipe U-Girder. Panjang efektif *flyover* adalah 700 meter dan lebar 18,50 meter (terdiri dari 4 lajur dan 2 arah). Tinggi *clearance* jembatan adalah 6,70 meter. Girder yang digunakan pada Flyover Gelumbang memiliki spesifikasi tinggi 230 cm, lebar 208 cm, mutu beton Fc'70 MPa, dan tulangan utama menggunakan BJTS 420 B.

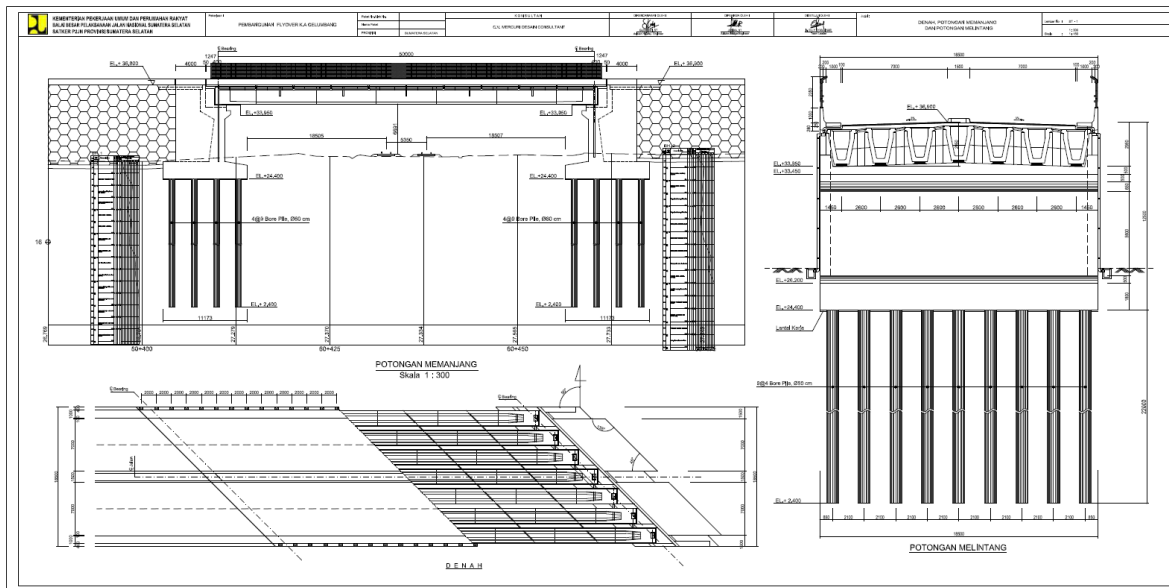
Gambar 1 dan Gambar 2 menunjukkan *site plan* dan denah bangunan Flyover Gelumbang.

Trase Flyover Gelumbang dibangun di koridor jalan nasional yang berpotongan dengan jalur kereta api yang menghubungkan Kota Palembang dan Kota Prabumulih. Profil memanjang *flyover* didesain dengan perubahan elevasi di sepanjang trase agar memenuhi persyaratan geometric jalan dan memberikan ruang bebas yang aman untuk lalu lintas kereta

api di bawahnya. Struktur atas *flyover* dirancang menggunakan PCU Girder yang disusun sejajar di sepanjang bentang serta dihubungkan dengan diafragma dan pelat lantai agar mampu menerima beban dan meneruskannya ke struktur bawah. Desain ini berpengaruh signifikan terhadap pemilihan metode pelaksanaan *erection girder*, prosedur pengendalian mutu, dan prosedur keselamatan dan kesehatan kerja.



Gambar 1. Site Plan Flyover Gelumbang



Gambar 2. Denah Potongan Memanjang dan Potongan Melintang

4.2. Metode Pelaksanaan Pekerjaan *Erection Girder*

Pada proyek Flyover Gelumbang, tipe girder yang digunakan adalah *Precast Prestressed Concrete U-Girder* (PCU Girder). PCU girder yang digunakan pada proyek ini memiliki panjang 50.8 m, tinggi 230 cm, dan lebar 208 cm. PCU Girder pada *flyover* ini terdiri dari 7 segmen, dimana segment 1 dan segment 7

memiliki panjang masing-masing 5,4 m; sedangkan segment 2 hingga segment 6 masing-masing memiliki panjang 8 m. PCU Girder dipasang dengan jarak antar sumbu girder (*center to center, CTC*) adalah 260 cm.

Pekerjaan *erection girder* pada proyek Flyover Gelumbang meliputi beberapa tahapan pekerjaan, yaitu meliputi pekerjaan pemindahan, pengangkatan, dan penempatan

girder beton prategang pada posisi yang telah direncanakan. Proses pemindahan, pengangkatan, dan penempatan girder dibantu menggunakan *launcher* dengan kapasitas 310



Material PCU Girder

ton. Gambar 3 menunjukkan PCU Girder dan *launcher* yang digunakan pada proyek Flyover Gelumbang.

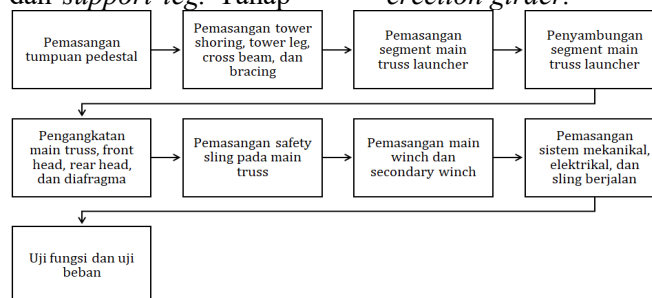


Girder Launcher

Gambar 3. PCU Girder dan Girder *Launcher* Pada Proyek Flyover Gelumbang

Girder launcher sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3 dirakit secara bertahap menggunakan bantuan *crane*. *Crane* digunakan sebagai alat angkat untuk menyusun komponen-komponen *launcher*, seperti *main truss*, unit pendorong, dan *support leg*. Tahap

instalasi *girder launcher* ditunjukkan pada Gambar 4. *Girder launcher* dirakit sesuai dengan urutan, agar seluruh komponen *launcher* terpasang dengan benar, stabil serta aman saat digunakan di ketinggian pada proses *erection girder*.

Gambar 4. Tahap Instalasi *Girder Launcher*

Pada proyek ini, *crane* juga digunakan untuk mengangkat (*lifting*) dan memindahkan (*hoisting*) material PCU Girder dari *trailer truck* ke lokasi *erection*, sesuai dengan urutan pemasangan yang telah direncanakan. Tipe *crane* yang digunakan pada proyek Flyover Gelumbang memiliki kapasitas angkat 100 ton.



Trailer Truck



Crane

Gambar 5. Trailer Truck dan Crane Pada Proyek Flyover Gelumbang

Trailer truck dan *crane* yang digunakan untuk mengangkat dan memindahkan material PCU Girder pada proyek Flyover Gelumbang ditunjukkan pada Gambar 5. Dalam satu kali pengangkutan, *truck trailer* mengangkut sebanyak 2 segmen PCU girder.

Girder ditempatkan di area *stockyard* atau area penyimpanan sementara menggunakan bantuan *crane*. Penempatan girder di *stockyard* disesuaikan dengan urutan pemasangannya agar mobilisasi girder menjadi lebih efektif dan efisien, sebagaimana ditunjukkan dalam [22] dan [23]. Berdasarkan pertimbangan untuk mempermudah proses inspeksi, pengangkatan, dan menghindari benturan antar segmen yang dapat menyebabkan kerusakan, maka segmen-segmen PCU girder disusun di *stockyard* dengan jarak antar segmen sepanjang 10-15 cm. Pengaturan jarak ini juga memberikan ruang kerja yang memadai untuk pelaksanaan proses *stressing*, *patching*, dan *grouting*.

Stressing PCU girder merupakan proses yang dilakukan untuk memberikan gaya prategang pada beton untuk meningkatkan

kinerja strukturalnya. *Stressing* dilakukan dengan memasukkan *strand* baja prategang kedalam tendon sesuai konfigurasi yang telah ditetapkan, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 6. Pada setiap unit PCU Girder memiliki 8 saluran tendon (*tendon duct*), dimana 2 saluran tendon bagian atas diisi dengan 12 kabel baja prategang, sedangkan 6 saluran tendon dibawahnya diisi dengan 19 kabel baja prategang. Tendon ditarik secara bertahap dengan bantuan alat *hydraulic jack* hingga mencapai gaya prategang yang direncanakan. Jika tendon telah mencapai gaya prategang yang ditentukan, selanjutnya tendon dikunci menggunakan sistem angkur dan *wedge*, lalu *hydraulic jack* dilepas secara bertahap.



Pemasangan Anchor Block dan Wedges



Pemasangan Hydraulic Jack

Gambar 6. Proses *Stressing* Girder

Setelah proses penguncian *strand* selesai, ujung *strand* yang berlebih selanjutnya dipotong dan dilanjutkan dengan proses *patching* dan *grouting*, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 7. Pekerjaan *patching* menggunakan mortar dilakukan untuk

menutupi dan melindungi *achor block*. Pekerjaan *grouting* dilakukan dengan menginjeksikan campuran semen ke dalam tendon untuk mengisi rongga-rongga antara *strand* dengan *duct* atau saluran.



Pekerjaan Patching



Pekerjaan Grouting

Gambar 7. Proses *Patching* dan *Grouting* Girder

Setelah seluruh proses di atas selesai dilaksanakan, selanjutnya dilakukan pekerjaan *erection girder* atau pemasangan girder sesuai dengan posisi yang telah direncanakan. Penentuan titik instalasi PCU girder dilakukan melalui proses *stakeout* menggunakan alat *Total Station*. Girder dipasang di atas sistem tumpuan berupa bantalan karet (*elastomer bearing pad*). *Bearing pad* berfungsi untuk menyalurkan beban dari girder secara merata ke elemen struktur di bawahnya, sehingga dapat mengurangi risiko lendutan dan tegangan akibat pembebanan. Hal tersebut sejalan dengan kajian yang ditunjukkan dalam [24] dan [25]. Proyek Flyover Gelumbang menggunakan *bearing pad*

Pekerjaan *Stakeout*

yang terbuat dari bahan karet mutu tinggi dan berukuran 60 x 75 x 10 cm.

Pekerjaan *erection girder* pada proyek Flyover Gelumbang dilakukan menggunakan metode *lifting* dengan bantuan alat *girder launcher*. Penggunaan *girder launcher* pada proyek ini didasarkan pada pertimbangan teknis serta aspek keselamatan dan kesehatan kerja. Selama proses *erection girder* dilaksanakan, operasional kereta api dan arus lalu lintas pada jalan di bawah *flyover* tetap berjalan tanpa gangguan yang signifikan. Proses *erection girder* pada proyek Flyover Gelumbang ditunjukkan pada Gambar 8.

Pekerjaan *Erection Girder*Gambar 8. Proses *Erection Girder*

Seluruh komponen precast PCU *girder* yang telah terpasang, selanjutnya diperiksa kesesuaiannya dengan persyaratan desain, yang meliputi pemeriksaan terhadap posisi, elevasi dan alinyemen girder. Setelah seluruh tahapan pengendalian mutu dilakukan dan menunjukkan bahwa pekerjaan girder telah memenuhi spesifikasi dan toleransi yang dipersyaratkan, selanjutnya dilakukan pekerjaan diafragma untuk menghubungkan antar girder secara melintang. Berdasarkan [26] dan [27], diafragma berfungsi untuk menghubungkan antar PCU girder agar menjadi satu kesatuan struktur yang kuat dan stabil.

Pekerjaan diafragma pada Proyek Flyover Gelumbang menggunakan konstruksi beton bertulang dengan sistem cor di tempat (*cast in situ*). Pekerjaan diafragma dimulai dengan pemasangan dan pengikatan tulangan diafragma pada *dowel* yang menonjol dari girder. Tulangan baja yang digunakan untuk diafragma pada proyek ini adalah baja tegangan ulir D13 dan mutu BJTS 420B sesuai dengan SNI 2052:2017. Selanjutnya dilakukan

pemasangan bekisting pada lokasi diafragma. Material bekisting diafragma pada proyek ini menggunakan papan kayu dengan tebal 2 cm.

Pekerjaan pengecoran diafragma dilakukan dengan menuangkan material beton yang sesuai spesifikasi teknis secara bertahap ke dalam bekisting. Beton di dalam bekisting selanjutnya dipadatkan menggunakan vibrator untuk menghilangkan rongga udara atau *honeycomb*, sehingga dihasilkan beton yang padat dan homogen. Proses *curing* dilakukan untuk menjaga kelembaban beton hingga mencapai kuat tekan yang dipersyaratkan. Pembongkaran bekisting dilakukan setelah beton mencapai kekuatan yang direncanakan. Untuk memastikan kualitas beton diafragma pada proyek Flyover Gelumbang, juga dilakukan inspeksi visual terhadap kondisi permukaan beton, untuk memastikan tidak terdapat cacat pada beton.

4.3. Penerapan Prinsip Keinsinyuran

Penerapan prinsip-prinsip keinsinyuran dalam setiap pelaksanaan proyek konstruksi

mutlak diperlukan untuk menjamin agar setiap tahapan dan pekerjaan dilakukan secara profesional; memenuhi standar teknis; serta mengutamakan aspek keamanan, keselamatan, kesehatan kerja, dan lingkungan. Penerapan prinsip-prinsip keinsinyuran pada proyek konstruksi tidak hanya bertujuan agar proyek dapat diselesaikan tepat waktu, tepat biaya, dan tepat mutu, namun memberikan kontribusi yang lebih besar dalam penyediaan infrastruktur yang aman, andal, dan berkelanjutan. Pengendalian mutu dan penerapan Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi (SMKK) merupakan dua instrumen manajemen yang diterapkan sebagai wujud penerapan prinsip keinsinyuran dalam pekerjaan *erection girder* pada Proyek Flyover Gelumbang.

Pekerjaan *erection girder* pada Flyover Gelumbang menerapkan pengendalian mutu terhadap material, proses, maupun hasil pekerjaan. Pada kajian ini, pembahasan terkait pengendalian mutu dibatasi pada aspek material PCU Girder sebagai material utama dan alat *girder launcher* sebagai alat utama yang digunakan pada proses *erection girder*. Pengendalian mutu terhadap material PCU Girder dilakukan di proyek Flyover Gelumbang dengan cara inspeksi, pengukuran, dan verifikasi dengan dokumen proyek (meliputi dokumen DED, spesifikasi teknis, dan kriteria penerimaan).

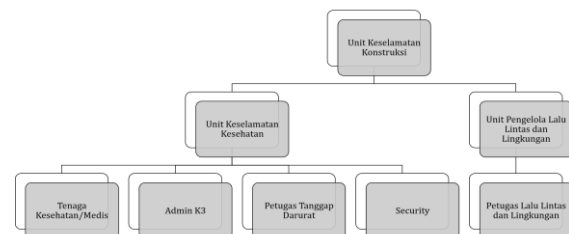
Bentuk kegiatan inspeksi yang dilakukan di lokasi proyek pada saat material girder didatangkan ke lokasi proyek antara lain pemeriksaan dimensi girder, pemeriksaan visual terhadap permukaan beton (misal: retak, *spalling*), dan kondisi *duct*. Sebelum dilakukan pengangkatan girder, tim proyek juga melakukan pemeriksaan terhadap mutu hasil *stressing*, mutu hasil *grouting*, pemeriksaan permukaan beton, memeriksa kondisi alat angkat dalam kondisi layak operasi, serta memastikan identitas girder sesuai dengan urutan pemasangannya. Pada saat proses *erection girder*, kegiatan pengendalian mutu juga dilakukan dengan cara memastikan titik pemasangan girder, ketinggian elevasi *bearing pad*, dan pemeriksaan alinyemen girder agar sesuai dengan persyaratan teknis dan masih berada dalam batas toleransi. Pemeriksaan terhadap pekerjaan pengecoran beton dilakukan melalui pengujian *slump* beton, uji sampel

beton, serta inspeksi visual terhadap permukaan beton.

Penerapan SMKK dalam pekerjaan *erection girder* pada proyek Flyover Gelumbang dilakukan secara sistematis pada setiap tahapan pekerjaan. Sejalan dengan Peraturan Menteri PUPR Nomor 10 Tahun 2021 tentang Pedoman Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi [28], penerapan SMKK pada tahap pelaksanaan *erection girder* pada proyek ini dapat diuraikan sebagai berikut:

a. Kepemimpinan dan partisipasi tenaga kerja

Penerapan elemen kepemimpinan dan partisipasi tenaga kerja dalam keselamatan konstruksi pada Proyek Flyover Gelumbang ditunjukkan melalui penetapan organisasi unit keselamatan konstruksi, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 8. Mengingat pekerjaan *erection girder* merupakan pekerjaan konstruksi yang memiliki risiko tinggi, maka dibutuhkan struktur organisasi unit keselamatan kerja yang memiliki tugas dan tanggung jawab yang jelas untuk menjamin seluruh proses *erection girder* dan pekerjaan lainnya di proyek dilaksanakan sesuai dengan ketentuan keselamatan konstruksi.



Gambar 8. Struktur Organisasi Unit Keselamatan Kerja

b. Perencanaan keselamatan konstruksi

Proyek Flyover Gelumbang telah menyusun identifikasi bahaya, penilaian risiko, dan peluang (IBPRP) untuk seluruh pekerjaan proyek, termasuk IBPRP untuk pekerjaan *erection girder*. Identifikasi bahaya untuk pekerjaan *erection girder* disusun menggunakan pendekatan analisis muti-risiko, yang meliputi risiko keselamatan pekerja, keselamatan publik dan keselamatan lingkungan, serta keselamatan material, properti, dan peralatan. Berdasarkan IBPRP proyek, selanjutnya tim proyek menyusun *Job Safety Analysis* (JSA) yang spesifik untuk

pelaksanaan pekerjaan *erection girder*. JSA pekerjaan *erection girder* pada proyek Flyover Gelumbang meliputi analisis terhadap risiko peralatan angkat (*crane dan girder launcher*); persiapan area kerja dengan mempertimbangkan kondisi lapangan dan akses kerja; proses kerja (pengangkatan, pemindahan, dan penempatan girder); pemeriksaan akhir; hingga pembersihan area kerja. Penerapan JSA membantu memastikan pekerjaan *erection girder* dilakukan sesuai dengan standar keamanan dan keselamatan kerja.

c. *Dukungan keselamatan konstruksi*

Dukungan keselamatan konstruksi untuk pelaksanaan pekerjaan *erection girder* pada proyek Flyover Gelumbang ditunjukkan melalui penyediaan peralatan utama dan pendukung yang memenuhi persyaratan kelaikan, kapasitas dan jumlah yang sesuai, serta pemilihan peralatan yang sesuai dengan kondisi lapangan. Pada proyek ini, *crane, girder launcher, dan hydraulic jack* yang digunakan sebagai peralatan utama untuk pekerjaan *erection girder*, telah dibuktikan dengan sertifikat kelaikan sebagai bukti dukungan keselamatan terhadap peralatan. Dukungan keselamatan juga ditunjukkan pada aspek tenaga kerja, yaitu dengan mewajibkan seluruh personil keselamatan konstruksi memiliki kompetensi yang sesuai dan dibuktikan dengan kepemilikan sertifikat keahlian atau kompetensi. Penerapan prosedur *safety induction, safety morning, toolbox meeting, safety induction* juga diterapkan sebagai bentuk komunikasi dalam mendukung keselamatan konstruksi. Proyek ini mengalokasikan anggaran sebagai bentuk dukungan keselamatan konstruksi, termasuk untuk pekerjaan *erection girder*.

d. *Operasi keselamatan konstruksi*

Operasi keselamatan konstruksi merupakan elemen penting untuk menjamin pekerjaan *erection girder* dilakukan secara aman dan sesuai dengan ketentuan penerapan SMKK. Proyek Flyover Gelumbang secara umum telah menerapkan operasi keselamatan konstruksi melalui berbagai upaya, diantaranya telah memiliki unit keselamatan konstruksi sebagai bagian dari struktur organisasi pelaksana pekerjaan konstruksi; melakukan analisis keselamatan konstruksi (*construction safety*

analysis) untuk pekerjaan *erection girder*; melakukan inspeksi terhadap mutu material/bahan dan peralatan di lapangan; menerapkan izin kerja (*permit to work*) yang terdiri dari *lifting plan* untuk pengangkatan segmen PCU girder serta izin bekerja di ketinggian bagi pekerja yang akan melakukan pemasangan *girder* di atas *pier* dan *launcher*; melakukan manajemen keselamatan lalu lintas mengingat lokasi proyek berada di atas jalur perlintasan kereta api dan jalan nasional.

Secara umum, pengendalian mutu dan SMKK yang diterapkan untuk pekerjaan *erection girder* pada proyek ini telah mencerminkan penerapan prinsip keinsinyuran yang menempatkan aspek keselamatan dan kesehatan kerja, keberlanjutan, profesionalisme, dan penerapan etika profesi keinsinyuran sebagai dasar dalam melaksanakan pekerjaan di proyek konstruksi. Pengendalian mutu dan SMKK yang diimplementasikan sebagai satu-kesatuan kerangka terintegrasi dalam *quality, safety, health, and environment* (QHSE) menjadi manifestasi penerapan prinsip keinsinyuran pada proyek *flyover* yang ditinjau. Hal ini sejalan dengan kajian yang telah dilakukan oleh [29]. Pengendalian mutu dan penerapan SMKK mengindikasikan bahwa pekerjaan proyek telah berorientasi kepada keselamatan dan kesehatan pekerja maupun pihak publik, termasuk menjamin dampak pekerjaan proyek terhadap lingkungan agar selaras dengan prinsip pembangunan berkelanjutan.

Penerapan pengendalian mutu dan SMKK pada pekerjaan *erection girder* ini juga menunjukkan adanya penerapan prinsip profesionalisme dan etika profesi keinsinyuran yang baik. Prinsip profesionalisme insinyur dan etika profesi ini terkait erat dengan kepatuhan insinyur terhadap pemenuhan standar dan spesifikasi teknis yang diwujudkan melalui berbagai proses dalam kegiatan pengendalian mutu dan SMKK, misalnya melalui pengujian material, pemeriksaan kondisi peralatan, verifikasi kompetensi bagi setiap tenaga kerja yang terlibat, serta dokumentasi terhadap seluruh hasil pengendalian mutu dan elemen SMKK. Melalui berbagai kegiatan tersebut, insinyur memastikan bahwa setiap tindakan dan keputusan yang diambil didasarkan pada kompetensi dan standar yang berlaku, sehingga profesionalisme dan etika profesi insinyur

diwujudkan dalam setiap tahapan pelaksanaan pekerjaan pada proyek studi kasus ini.

5. KESIMPULAN

- a. Pekerjaan *erection girder* pada proyek Pembangunan Flyover Gelumbang telah dilaksanakan dengan tahapan dan metode pelaksanaan konstruksi yang sesuai dengan karakteristik dan kondisi lapangan. Tahapan pekerjaan *erection girder* dimulai dari pekerjaan persiapan, pekerjaan *stressing*, pemasangan *bearing pad*, pemasangan PCU *girder*, hingga konstruksi diafragma dilaksanakan sesuai dengan spesifikasi teknis yang telah ditentukan. Pemasangan PCU *girder* pada proyek ini dibantu menggunakan *girder launcher* sebagai alat utama, mengingat proyek Flyover Gelumbang berada di atas koridor jalan nasional dan jalur kereta api aktif.
- b. Pengendalian mutu dan penerapan SMKK pada proyek Flyover Gelumbang dilakukan secara terpadu, karena pekerjaan *erection girder* pada proyek ini memiliki tingkat risiko yang tinggi. Penerapan kedua sistem manajemen tersebut telah memenuhi prinsip-prinsip keinsinyuran, yang meliputi kesehatan dan keselamatan kerja, keberlanjutan, profesionalisme, dan penerapan etika profesi keinsinyuran.
- c. Kajian ini dapat menjadi referensi bagi pelaksanaan pekerjaan *erection girder* pada proyek pembangunan jembatan atau *flyover*, khususnya dalam upaya untuk meningkatkan praktik keinsinyuran yang baik pada proyek konstruksi infrastruktur.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Tanne, Y. A., Safira, H., Zai, O. T. R., Meilani, R., & Kurnia, S. A. (2024). Evaluation of Level Crossings (Case Study: Greater Bandung). *Jurnal Perkeretaapian Indonesia (Indonesian Railway Journal)*, 8(1), 32-41. <https://doi.org/10.37367/jpi.v8i1.313>
- [2] Prih Raharjo, E., Anisa Mahadita Candrarahayu, Tamtomo Adi, W., Widi Astuti, S., Nurhadi, M., & Dewi, P. (2026). Modeling Railway Level Crossing Accidents Using Zero-Inflated Poisson and Zero-Inflated Negative Binomial Approaches. *Jurnal Perkeretaapian Indonesia (Indonesian Railway Journal)*, 10(1), 22-29. <https://doi.org/10.37367/jpi.v10i1.604>
- [3] Ihtirom, M. W., & Supriyatno, D. (2025). Analisis Kebutuhan Sarana dan Prasarana untuk Keselamatan pada Perlintasan Sebidang Kereta Api. *Jurnal Media Publikasi Terapan Transportasi*, 3(3), 277-284. <https://doi.org/10.26740/mitrans.v3n3.p277-284>
- [4] Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 11 Tahun 2014 tentang Keinsinyuran. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2014 Nomor 61. Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 5520
- [5] Yap, J. B. H., Skitmore, M., Chong, J. R., & Hon, C. K. H. (2022). Managerial measures to reduce rework and improve construction safety in a developing country: Malaysian case. *Journal of Civil Engineering and Management*, 28(8), 646-660. <https://doi.org/10.3846/jcem.2022.17570>
- [6] Ajayi, S. O., Adegbenro, O. O., Alaka, H., Oyegoke, A.S., & Manu, P.A. (2021). Addressing behavioural safety concerns on Qatari mega projects. *Journal of Building Engineering*, 41, 102398. <https://doi.org/10.1016/j.jobee.2021.102398>
- [7] American Society of Civil Engineers. (2020). ASCE code of ethics. ASCE.
- [8] Persatuan Insinyur Indonesia. (2021). Kode etik insinyur Indonesia.
- [9] Yang, X., Li, J. Q., Liu, W., Wang, K. C. P., Hatt, J., & Schwennessen, J. (2023). Selection of at-grade highway-rail crossings for grade separation. *International Journal of Rail Transportation*, 11(2), 227-247. <https://doi.org/10.1080/23248378.2022.2060359>
- [10] Congress, S.S.C., Puppala, A.J., Banerjee, A., & Patil, U.D. (2021). Identifying hazardous obstructions within an intersection using unmanned aerial data analysis. *International Journal of Transportation Science and Technology*, Volume 10, Issue 1, 34-48, <https://doi.org/10.1016/j.ijtst.2020.05.004>
- [11] Ilham. (2025). Evaluating Socio-Economic and Safety Impacts of Grade-

- Separated Railway Crossings in Indonesia. *Ilomata International Journal of Social Science*, 6(1), 149–164. <https://doi.org/10.61194/ijss.v6i1.1555>
- [12] Puspitasari, M. D., Ardiansyah, A. D., Prihatanto, R., Kurniawan, M. A., & Astuti, S. W. (2026). Technical And Safety Assessment Of Grade Separation At Jpl 193 Km 182+055 Between Haurpugur And Cicalengka. *Jurnal Penelitian Sekolah Tinggi Transportasi Darat*, 17(1). <https://doi.org/10.55511/jpsttd.v17i1.773>
- [13] Lin, W., & Yoda, T. (2017). *Bridge engineering: Classifications, design loading, and analysis methods*. Butterworth-Heinemann/Elsevier. <https://doi.org/10.1016/C2015-0-00602-5>
- [14] Chen, W.-F., & Duan, L. (2014). *Bridge engineering handbook: Superstructure design* (2nd ed.). CRC Press. ISBN 978-1439852217
- [15] Badan Standardisasi Nasional. (2016). SNI 1725:2016: Pembebanan untuk Jembatan. Badan Standardisasi Nasional.
- [16] Dewobroto, W., & Canny, K. A. (2024). Evaluation of the Indonesian Standard Guidelines for Long-Span PC Girder Erection. *Practice Periodical on Structural Design and Construction* (ASCE). <https://doi.org/10.1061/PPSCFX.SCENG-1424>
- [17] Shrivastava, A. K. (2024). Investigation of Failures of Three Precast Post-Tensioned Segmental Concrete (PSC) Box Girder Bridges During Construction. *Structural Engineering International*, 34(3), 398–403. <https://doi.org/10.1080/10168664.2024.2368218>
- [18] Ahmad, C., Nugraheni, F., & Faisol. (2024). Development of work safety procedures for PCI Girder installation using interactive analysis models. *Teknisia*, 29(1), 24–36. <https://doi.org/10.20885/teknisia.vol29.iss1.art3>
- [19] Fitriani, A., Dradjad, K., & Saputra, J. (2022). Pengaruh penerapan SMKK terhadap pengendalian risiko pekerjaan struktur atas jembatan. *Construction and Material Journal*, 4(3), 157–172. <https://doi.org/10.32722/cmj.v4i3.4778>
- [20] Mohandes, S. R., Abdelmageed, S., Hem, S., Yoo, J. S., Abhayajeewa, T., & Zayed, T. (2022). Occupational Health and Safety in Modular Integrated Construction Projects: The Case of Crane Operations. *Journal of Cleaner Production*, 342, 130950. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.130950>
- [21] Ali, A. H., Zayed, T., & Hussein, M. (2024). Crane Safety Operations in Modular Integrated Construction. *Automation in Construction*, 164, 105456. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2024.105456>
- [22] Jethwa, H. J., Pitroda, J. R., Raichura, C. S., & Poriya, N. (2025). Relative Importance Index: Help to Identify Factors During Precast Girder Erection Process. *International Journal of Construction Engineering and Planning*, 11(02), 51-64. <https://journalspub.com/publication/ijcep/article=19138/>
- [23] Jang, D.H., Roh, G.T., Jeon, C.H., & Shim, C.S. (2025). Simulation-Based Optimization of Crane Lifting Position and Capacity Using a Construction Digital Twin for Prefabricated Bridge Deck Assembly. *Buildings*, 15(3), 475. <https://doi.org/10.3390/buildings15030475>
- [24] Orfeo, A., Tubaldi, E., McAlorum, J., Perry, M., Ahmadi, H., & McDonald, H. (2023). Self-Sensing Rubber for Bridge Bearing Monitoring. *Sensors*, 23(6), 3150. <https://doi.org/10.3390/s23063150>
- [25] Meghashree, M.; Urs, Neethu; Amith, B. N.; and Shetty, Kiran K., "Elastomeric bearing performance prediction and damage effect evaluation using machine learning" (2025). Open Access archive. 13327. <https://impressions.manipal.edu/open-access-archive/13327>
- [26] Chen, C., Yang, C., Zhang, K., Wang, W., & Dong, L. (2023). Structural Behavior and Load Distribution Factor of a T-Girder Bridge with Various Truss Diaphragms. 28 (12). *Journal of Bridge Engineering*. <https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/JBENF2.BEENG-6171>
- [27] Shaker, Fatemeh dan Rahai, Alireza. (2022). Effect of a two bearing lines deck on the bridge substructure. *Structural engineering and mechanics: An*

- international journal, 81(2), 117-129.
<https://doi.org/10.12989/sem.2022.81.2.117>
- [28] Kementerian PUPR. (2021). Peraturan Menteri PUPR Nomor 10 Tahun 2021 tentang Pedoman Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- [29] Njoko, F., Husin, N. A., Prihantono, G., Bayuaji, R., & Suswanto, B. (2025). Penerapan Profesionalisme, Etika Profesi, dan Keselamatan dan Kesehatan kerja (K3) pada Pembangunan Jalan Tol di Pulau Jawa dengan Metode Span-by-Span dan Sistem External Post-Tension pada Struktur Box Girder. *Jurnal Profesi Insinyur Universitas Lampung*, 6(1).
<https://doi.org/10.23960/jpi.v6n1.144>.