

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

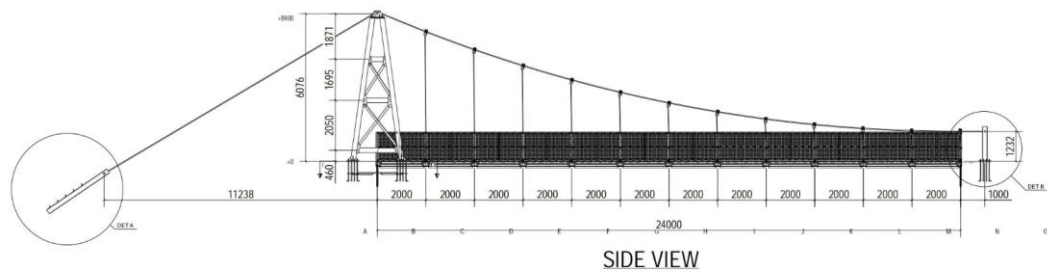
5.1 Gambaran Umum Proyek

Objek dalam penelitian ini difokuskan secara khusus pada Proyek Pembangunan Jembatan Gantung Ciharuman. Jembatan ini merupakan infrastruktur penghubung yang sangat vital bagi mobilitas, aksesibilitas, dan peningkatan perekonomian masyarakat di dua wilayah perbatasan kabupaten. Secara geografis dan administratif, lokasi proyek ini membentang di atas batas alam yang menghubungkan Desa Kertajaya, Kecamatan Cigugur, Kabupaten Pangandaran dengan Desa Pancatengah, Kecamatan Pancatengah, Kabupaten Tasikmalaya, Provinsi Jawa Barat.



Gambar 5. 1 Pekerjaan Struktur Atas

Jembatan Gantung Ciharuman dirancang menggunakan tipe struktur Jembatan Gantung Asimetris. Karakteristik utama dari jembatan jenis ini adalah pemanfaatan sistem kabel yang bertumpu pada menara (*pylon*) dan struktur angkur (*anchor block*) untuk menahan seluruh beban tarik secara optimal tanpa menempatkan pilar di tengah bentang sungai. Berdasarkan gambar perencanaan, jembatan ini memiliki panjang bentang utama sebesar 24 meter dengan tinggi *pylon* 6 meter dan lebar jalan 1,4 meter. Dimensi tersebut dirancang untuk menjamin kestabilan struktur, memberikan ruang bebas yang memadai terhadap aliran sungai, serta mendukung fungsi jembatan sebagai sarana penghubung yang aman dan efisien bagi masyarakat di kedua wilayah yang dihubungkannya.



Gambar 5. 2 Gambar Rencana Jembatan Ciharuman

Berdasarkan hasil observasi dan pengkondisian di lapangan, pelaksanaan konstruksi proyek ini memiliki tingkat kesulitan teknis dan kompleksitas yang sangat tinggi. Hal ini disebabkan oleh kondisi lingkungan kerja yang ekstrem, yang meliputi:

1. Pekerjaan di Ketinggian

Sebagian besar tahapan konstruksi jembatan, terutama pada fase ereksi menara (*pylon erection*) perakitan gelagar baja, dan penarikan kabel utama (*main cable pulling*), dilakukan pada ketinggian yang sangat berisiko tinggi terhadap keselamatan pekerja.

2. Kondisi Hidrologis yang Dinamis

Kondisi hidrologis area kerja bersifat dinamis karena fluktuasi debit air sungai sangat dipengaruhi oleh perubahan cuaca lokal. Pada musim kemarau aliran air cenderung surut, namun dapat berubah menjadi arus deras saat curah hujan meningkat. Dinamika ini memperbesar probabilitas terjadinya kecelakaan kerja, seperti pekerja tenggelam atau terbentur dasar sungai, sekaligus mengancam stabilitas dan keamanan struktur perancah jembatan.

3. Kondisi Geografis dan Cuaca

Lokasi proyek di wilayah Pangandaran-Tasikmalaya memiliki karakteristik kelembapan udara yang tinggi serta perubahan cuaca yang tidak menentu. Hal tersebut menyebabkan permukaan struktur menjadi licin dan memicu bahaya kombinasi akibat kecepatan angin di ketinggian.

4. Keterbatasan Aksesibilitas

Akses mobilisasi menuju lokasi konstruksi jembatan ini sangat terbatas disebabkan oleh kondisi infrastruktur jalan yang rusak dan sempit, serta

berbatasan langsung dengan area tebing. Keterbatasan akses geografis ini berdampak pada metode pelaksanaan di lapangan, di mana mobilisasi seluruh komponen material struktur atas harus dilakukan melalui bentang udara tanpa menggunakan alat berat di area utama jembatan. Mengingat kompleksitas dan besarnya potensi bahaya tersebut, proyek ini diklasifikasikan ke dalam kategori proyek berisiko tinggi (*high risk*) hingga ekstrem (*extreme risk*). Kondisi ini menuntut implementasi Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi (SMKK) secara konsisten dan ketat guna mencapai target *zero accident*.

5.2 Rekapitulasi Data Primer dan Sekunder

Dalam rangka melakukan analisis manajemen risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) menggunakan metode *Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control* (HIRARC), dilakukan pengumpulan data secara komprehensif yang diklasifikasikan ke dalam dua sumber utama, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh secara langsung dari lokasi proyek melalui pengamatan empiris dan interaksi verbal dengan pihak pelaksana. Sementara data sekunder berfungsi sebagai landasan teoretis, administratif, dan regulatif untuk memperkuat validitas analisis. Rekapitulasi dari seluruh data yang telah dihimpun dipaparkan pada rincian berikut:

1. Hasil Observasi Visual Lapangan (Data Primer)

Observasi visual dilakukan secara langsung pada area kerja struktur bawah (*sub-structure*) dan struktur atas (*super-structure*) Jembatan Gantung Ciharuman. Fokus pengamatan dititikberatkan pada perilaku tidak aman (*unsafe acts*) dari tenaga kerja serta kondisi lingkungan kerja yang tidak aman (*unsafe conditions*). Berikut adalah rekapitulasi temuan visual di lapangan:

a. Perilaku Tidak Aman (*Unsafe Acts*)



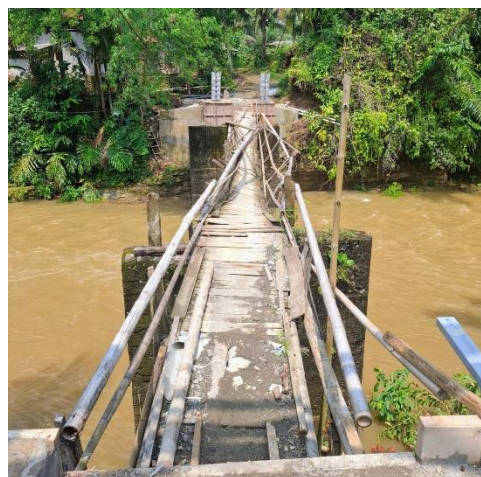
Gambar 5. 3 Pekerja tidak menggunakan APD

- 1) Abaikan Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD). Ditemukan sejumlah pekerja di area struktur bawah dan perancah yang tidak menggunakan helm keselamatan (*safety helmet*) secara konsisten serta mengabaikan penggunaan sarung tangan saat memobilisasi material berat.
 - 2) Penyalahgunaan Alat Pelindung Jatuh. Pekerja pada fase elevasi tinggi (seperti pada ereksi menara *pylon*) kedapatan tidak mencantolkan *hook full body harness* mereka pada tali pengaman (*lifeline*) secara benar dengan alasan menghambat pergerakan dinamis.
- b. Kondisi Tidak Aman (*Unsafe Conditions*)
- 1) Ketinggian Ekstrem Tanpa Pengaman Ganda. Area kerja ereksi *pylon*, penarikan kabel utama, dan perakitan gelagar baja berada pada ketinggian yang rawan, namun belum dilengkapi dengan jaring pengaman (*safety net*) di bawah bentang struktur untuk mengantisipasi kegagalan alat atau jatuhnya pekerja.



Gambar 5. 4 Eksisting Jembatan Ciharuman

- 2) Area Kerja Licin dan Lembap. Struktur eksisting Jembatan Ciharuman merupakan jembatan gantung berbahan bambu yang telah mengalami pelapukan, sehingga menimbulkan risiko tinggi bagi pekerja yang bermobilisasi ke seberang jembatan. Setelah penyelesaian pekerjaan struktur bagian bawah, jembatan eksisting tersebut mengalami keruntuhan pada struktur penyangga. Kondisi ini menyebabkan posisi jembatan menjadi miring dan meningkatkan risiko bahaya saat dilewati, terutama setelah terjadinya hujan yang membuat permukaan area kerja menjadi licin dan lembap.



Gambar 5. 5 Eksisting Jembatan Ciharuman Setelah mengalami keruntuhan penyangga

- 3) Fluktuasi Arus Sungai yang Dinamis. Area struktur bawah (blok angkur dan fondasi tepi) sangat dekat dengan sempadan sungai yang arusnya dapat

berubah deras sewaktu-waktu akibat cuaca tidak menentu, menciptakan ancaman bahaya perairan (tenggelam/terbawa arus).



Gambar 5. 6 Eksisting Jembatan Ciharuman saat air sungai tinggi

2. Hasil Wawancara Mendalam (Data Primer)



Gambar 5. 7 Wawancara Bersama Pelaksana

Wawancara terstruktur dan semi-terstruktur dilakukan kepada dua pemangku kepentingan (*stakeholders*) utama di proyek untuk mendapatkan validasi sosiologis dan teknis mengenai komitmen K3. Rekapitulasi hasil wawancara adalah sebagai berikut:

a. Pelaksana

Tahap Awal Orientasi Lapangan. Pada awal kunjungan lapangan (survei proyek), peneliti memperkenalkan diri sekaligus memohon izin kepada pihak pelaksana proyek untuk melakukan studi kasus. Melalui pertemuan awal

tersebut, dilakukan wawancara terstruktur mengenai kondisi umum proyek, durasi pelaksanaan, serta kendala yang dihadapi di lapangan. Berdasarkan hasil wawancara, diketahui bahwa proyek pembangunan Jembatan Gantung Ciharuman didanai oleh Desa Kertajaya dengan masa pelaksanaan kontrak selama dua bulan kalender, terhitung sejak 4 Februari hingga 20 April 2026. Adapun kendala utama yang diidentifikasi pada proyek ini bersumber dari faktor cuaca.

b. Pengawas

Tahap Wawancara Lanjutan. Wawancara selanjutnya dilakukan bersama pengawas dari PU Bina Marga Pangandaran pada saat kunjungan lapangan yang kedua. Fokus wawancara ini lebih menekankan pada identifikasi aspek risiko keselamatan kerja pada tahapan pekerjaan struktur bawah dan struktur atas. Berdasarkan hasil wawancara kedua tersebut, tingkat risiko tinggi terdapat pada pekerjaan struktur atas, dan tingkat risiko medium sampai low terdapat pada pekerjaan struktur bawah.

3. Data Sekunder Pendukung

Data sekunder diperoleh dari arsip administrasi teknis milik kontraktor pelaksana serta dokumen legalitas hukum K3 yang berlaku di Indonesia. Data ini digunakan sebagai standar pembandingan (*benchmark*) dalam mengukur tingkat keparahan (*severity*) dan probabilitas (*likelihood*):

a. Dokumen Teknis Proyek

- 1) Gambar Kerja (*As-Built / Shop Drawing*). Digunakan untuk memetakan dimensi ketinggian menara *pylon*, bentang kabel jembatan, serta posisi koordinat blok angkur guna mengetahui titik-titik kritis bahaya runtuh atau jatuh.



Gambar 5. 8 Desain Jembatan Gantung Asimetris Ciharuman

b. Regulasi K3 Pendukung (Landasan Hukum)

- 1) Undang-Undang No. 1 Tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja. Sebagai payung hukum utama kewajiban penyediaan lingkungan kerja yang aman oleh pengurus proyek (Undang-Undang Nomor 1 Tahun 1970).
- 2) Peraturan Pemerintah (PP) No. 50 Tahun 2012 tentang Penerapan SMK3. Standar audit pengintegrasian sistem manajemen keselamatan di lingkungan industri konstruksi (PP No. 50 Tahun 2012).
- 3) Peraturan Menteri PUPR No. 10 Tahun 2021 tentang Pedoman Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi (SMKK). Acuan spesifik untuk menyusun Rencana Keselamatan Konstruksi (RKK) serta penentuan kriteria tingkat risiko (dari *Low* hingga *Extreme*) pada pekerjaan infrastruktur publik (Permen PUPR No. 10 Tahun 2021).
- 4) Undang-Undang No. 13 Tahun 2003 tentang Ketenagakerjaan. Landasan hak perlindungan atas keselamatan dan kesehatan bagi para tenaga kerja di lapangan (UU No. 13 Tahun 2003).

Melalui rekapitulasi data primer dan sekunder di atas, seluruh potensi bahaya yang bersifat multifaktorial di lapangan telah terdokumentasi dengan valid. Data tersebut selanjutnya ditransformasikan ke dalam Matriks Penilaian Risiko untuk dilakukan perhitungan indeks risiko $R = L \times S$ pada tahapan analisis HIRARC.

5.3 Identifikasi Bahaya (*Hazard Identification*) Berdasarkan Item Pekerjaan

Tahapan identifikasi bahaya (*hazard identification*) merupakan langkah awal dan krusial dalam metodologi HIRARC yang bertujuan untuk mengenali, memetakan,

dan mendaftar secara komprehensif seluruh potensi sumber bahaya yang ada di lapangan. Bagian ini secara khusus ditujukan untuk menjawab rumusan masalah pertama dalam penelitian ini, yaitu mengidentifikasi jenis-jenis bahaya potensial yang melekat pada setiap aktivitas konstruksi kritis di proyek Pembangunan Jembatan Gantung Ciharuman.

Analisis identifikasi bahaya ini diklasifikasikan berdasarkan item pekerjaan atau metode pelaksanaan (*work breakdown structure*) guna memastikan tidak ada risiko minor maupun mayor yang terlewatkan.

5.3.1 Identifikasi Bahaya Tahap Struktur Bawah (*Sub-Structure*)

Pelaksanaan konstruksi struktur bawah (*sub-structure*) pada Jembatan Gantung Ciharuman memegang peranan vital karena berfungsi sebagai penopang seluruh beban mati dan beban hidup jembatan. Mengingat lokasi geografis jembatan yang membelah sungai dan berada di perbatasan wilayah Kabupaten Pangandaran dan Kabupaten Tasikmalaya dengan kontur tanah yang curam, fase ini memiliki karakteristik bahaya lingkungan (*environmental hazard*) dan bahaya mekanis yang tinggi. Berikut adalah hasil identifikasi bahaya secara mendalam pada tahapan struktur bawah:

1. Pekerjaan Fondasi Menara (*Pylon*) dan Blok Angkur

Pekerjaan galian tanah untuk fondasi menara (*pylon*) dan blok angkur (*anchor block*) merupakan aktivitas kritis yang berinteraksi langsung dengan ketidakpastian kondisi geoteknis dan hidrologis sungai. Potensi bahaya yang teridentifikasi meliputi:

a. Risiko Longsoran Tanah Lereng

- 1) Sumber Bahaya. Kontur tanah tepi sungai yang asimetris, curam, serta memiliki kemiringan ekstrem. Ketiadaan struktur penahan tanah (*retaining wall*).
- 2) Dampak Kejadian. Tanah di area atas lereng dapat mengalami kelongsoran material secara masif, yang berpotensi menimbun pekerja di area bawah atau merusak area penempatan material jembatan.

b. Dinding Galian Runtuh (*Excavation Collapse*)

- 1) Sumber Bahaya. Kedalaman galian tanah untuk blok angkur dan fondasi *pylon* yang masif, dikombinasikan dengan karakteristik tanah lokal yang memiliki tingkat kejenuhan air tinggi akibat rembesan air tanah (*seepage*).
 - 2) Dampak Kejadian. Dinding galian dapat runtuh secara mendadak tanpa ada tanda-tanda visual (*sudden failure*) jika tidak dipasang penopang (*shoring*) yang memadai. Risiko ini dapat mengakibatkan pekerja terjebak atau tertimbun di dalam lubang galian.
- c. Bahaya Perairan dan Banjir Luapan Sungai (*Flash Flood / Water Hazard*)
- 1) Sumber Bahaya. Posisi struktur bawah yang berada di sempadan sungai aktif yang memiliki fluktuasi arus dinamis. Cuaca buruk atau hujan deras di daerah hulu (wilayah Tasikmalaya maupun Pangandaran) dapat memicu kenaikan debit air secara tiba-tiba.
 - 2) Dampak Kejadian. Air sungai dapat meluap dan menggenangi lubang galian fondasi secara cepat. Bahaya utama meliputi risiko pekerja tenggelam, hanyut terbawa arus sungai yang deras, serta kerusakan total pada perancah kerja.
2. Pekerjaan Pengecoran Beton Struktur Bawah
- Setelah fase galian selesai, aktivitas dilanjutkan dengan fabrikasi pembesian dan pengecoran beton (*concreting*) volume masif untuk fondasi *pylon* dan blok angkur. Potensi bahaya pada tahap ini meliputi:
- a. Bahaya Mekanis dan Fisik Saat Fabrikasi serta Pemasangan Tulangan
 - 1) Sumber Bahaya. Proses pemotongan baja tulangan menggunakan *bar cutter*, penekukan dengan *bar bender*, serta mobilisasi besi tulangan berdiameter besar secara manual oleh pekerja.
 - 2) Dampak Kejadian. Pekerja berisiko mengalami luka sayat akibat ujung besi yang tajam, terjepit di antara tulangan baja yang berat, atau tertusuk ujung besi sengkang/utama yang belum ditekuk saat proses instalasi di dalam lubang galian.
 - b. Kegagalan Struktur Acuan dan Perancah (*Formwork Failure*)
 - 1) Sumber Bahaya. Tekanan hidrostatik beton basah yang sangat besar saat dituangkan ke dalam cetakan, terutama jika kekuatan struktur bekisting

(*formwork*) dan pipa-pipa penyangga tidak dihitung secara cermat terhadap beban kejut beton.

- 2) Dampak Kejadian. Bekisting pecah atau perancah runtuh saat proses penuangan beton sedang berlangsung. Hal ini dapat mengakibatkan pekerja tertimpa material bekisting, terperosok ke dalam adukan beton, atau mengalami cedera fatal akibat runtuhnya struktur kerja.

c. Bahaya Kimia dan Fisik Akibat Kontak dengan Semen Basah

- 1) Sumber Bahaya. Paparan langsung kulit pekerja dengan mortar atau pasta beton basah (*fresh concrete*) saat meratakan adukan di dalam cetakan, serta debu semen kering saat penyiapan area.
- 2) Dampak Kejadian. Sifat semen basah yang sangat basa (alkali tinggi) dapat menyebabkan iritasi kulit kronis, luka bakar kimia (*cement burns*), serta gangguan pernapasan apabila partikel kering semen terhirup dalam jangka panjang tanpa masker respirator.

5.3.2 Identifikasi Bahaya Tahap Struktur Atas (Super-Structure)

Pada tahapan pelaksanaan konstruksi struktur atas (*super-structure*) Jembatan Gantung Ciharuman, kompleksitas teknis dan potensi bahaya yang dihadapi oleh para pekerja meningkat secara signifikan. Karakteristik utama dari pekerjaan struktur atas ini melibatkan interaksi intensif antara aktivitas di ketinggian ekstrem, penanganan material baja dengan tegangan tarik yang tinggi, serta kondisi lingkungan di atas permukaan air sungai yang dinamis.

Berdasarkan hasil observasi lapangan dan analisis deskriptif metode HIRARC, klasifikasi identifikasi bahaya pada item pekerjaan struktur atas dijabarkan sebagai berikut:

1. Pekerjaan Ereksi/Pemasangan Menara (Pylon Tower)

Pekerjaan ereksi menara *pylon* merupakan salah satu fase paling kritis karena menjadi struktur penopang utama seluruh beban kabel jembatan gantung. Potensi bahaya yang teridentifikasi pada aktivitas ini meliputi:

a. Risiko Pekerja Jatuh dari Ketinggian

Aktivitas penyetelan, pengencangan baut, dan pengelasan segmen *pylon* mengharuskan pekerja berada pada elevasi tinggi. Tanpa penggunaan *full body*

harness yang ditambatkan pada *lifeline* yang kokoh, risiko jatuh bebas (*fall from height*) dapat mengakibatkan kecelakaan fatal (kematian).

b. Risiko Material atau Peralatan Jatuh (Dropped Objects)

Penggunaan perkakas tangan (seperti kunci tumbuk, mesin las, atau baut pengikat) di atas menara berpotensi jatuh ke area bawah pengerjaan. Hal ini membahayakan tenaga kerja di area dasar *pylon* serta dapat merusak material struktur di bawahnya.

c. Pengaruh Kecepatan Angin dan Cuaca

Lokasi Jembatan Ciharuman yang berada di kawasan dengan kelembapan tinggi dan angin lembah yang tidak menentu berpotensi mengganggu keseimbangan pekerja di atas menara. Kecepatan angin yang tinggi juga meningkatkan risiko stabilitas komponen *pylon* saat diangkat sebelum terikat sempurna.

2. Pekerjaan Penarikan Kabel Utama (Main Cable Pulling)

Proses instalasi kabel utama melibatkan penarikan kawat baja (*wire rope*) melintasi bentang sungai dari blok angkur satu ke blok angkur seberangnya. Aspek bahaya pada pekerjaan ini didominasi oleh faktor mekanis dan lingkungan perairan:

a. Pelepasan Energi akibat Ketegangan Tinggi Kabel Baja (*Tension Failure*)

Kabel utama ditarik menggunakan alat penarik (*winch/come-along*) hingga mencapai lendutan (*sagging*) yang direncanakan, sehingga menghasilkan gaya tegang (*tension*) yang sangat besar. Kegagalan struktural pada kabel atau putusanya jalinan baja secara mendadak akan melepaskan energi kinetik masif yang berakibat pada efek cambukan (*snapback*) fatal bagi pekerja di sekitarnya.

b. Kegagalan Alat Sambung (*Splicing/Klem Failure*)

Ketidaksempurnaan pemasangan klem pengikat kabel atau kegagalan alat bantu sambung saat penarikan dapat menyebabkan kabel terlepas secara tiba-tiba dan meluncur bebas ke bawah.

c. Risiko Tenggelam di Perairan

Mengingat proses penarikan kabel ini dilakukan langsung di atas aliran Sungai Ciharuman yang dinamis, pekerja yang bertugas melakukan panduan atau

penyesuaian di tepi sungai berisiko terpeleset, jatuh, dan hanyut atau tenggelam akibat arus deras sungai.

3. Pekerjaan Pemasangan Kabel Penggantung (Hanger) dan Batang Pengaku (Truss)

Aktivitas ini dilakukan setelah kabel utama terpasang stabil, di mana para pekerja mulai memasang kabel-kabel vertikal (*hanger*) dan merakit rangka batang pengaku jembatan:

a. Bahaya Terjepit Komponen Rangka Baja

Proses penyambungan dan penyesuaian posisi batang pengaku (*truss*) dengan *hanger* menggunakan alat manual berpotensi menimbulkan bahaya mekanis berupa jari atau tangan pekerja terjepit di antara celah pelat buhul dan baut sambungan.

b. Ayunan Struktur yang Fleksibel

Pada fase ini, struktur jembatan belum kaku dan masih sangat fleksibel terhadap beban angin atau pergerakan pekerja. Ayunan jembatan yang mendadak dapat menghilangkan keseimbangan pekerja, memicu risiko terjatuh ke sungai atau benturan keras dengan rangka baja.

c. Bahaya Pekerja Terjatuh dari Ketinggian

Lokasi perakitan gelagar/batang pengaku (*truss*) dan pemasangan *hanger* berada di atas bentang udara yang tinggi. Di dalam proyek ini, belum dilengkapi dengan jaring pengaman (*safety net*) di bawah bentang struktur untuk mengantisipasi jatuhnya pekerja jika terjadi kegagalan alat atau terpeleset.

d. Kelelahan Fisik dan Siklus Kerja Ergonomis yang Buruk

Pekerja sering kali harus mempertahankan posisi tubuh yang tidak ergonomis (membungkuk atau menggantung) dalam durasi lama untuk mengencangkan komponen pengikat, yang dapat mengakibatkan cedera otot akut.

4. Pekerjaan Pemasangan Lantai Jembatan (Deck Installation)

Tahap akhir dari struktur atas adalah pemasangan panel lantai jembatan (*decking*) di atas sistem rangka pengaku:

a. Bahaya Terpeleset dan Terjatuh melalui Celah Lantai

Sebelum seluruh panel lantai terpasang rapat, terdapat celah-celah terbuka (*open edges*) di sepanjang bentang jembatan. Pekerja yang memobilisasi panel memiliki risiko tinggi terpeleset akibat permukaan besi yang licin oleh kelembapan udara atau salah melangkah sehingga terjatuh langsung ke dasar sungai di bawahnya.

b. Kegagalan Perancah Gantung atau Platform Kerja

Jika proses instalasi menggunakan perancah pembantu yang digantungkan pada kabel utama, ketidakmampuan perancah menahan beban panel lantai dan pekerja (*overload*) dapat memicu keruntuhan lokal platform kerja.

c. Cedera Akibat Penanganan Material secara Manual (*Manual Handling*)

Mobilisasi panel lantai jembatan di atas bentang yang sempit dan bergerak sering kali dilakukan secara manual tanpa alat bantu berat. Kesalahan postur saat mengangkat panel baja yang berat berisiko menimbulkan cedera tulang belakang (*low back pain*) bagi tenaga kerja.

5.4 Penilaian Risiko (*Risk Assessment*) dan Pemetaan Level Risiko

Sub-bab ini ditujukan untuk menjawab rumusan masalah kedua di dalam penelitian, yakni mengenai penentuan tingkat risiko (*risk level*) dari setiap potensi bahaya yang telah diidentifikasi pada proyek pembangunan Jembatan Gantung Ciharuman. Penilaian risiko dilakukan melalui pendekatan analisis kuantitatif atau semi-kuantitatif yang mengacu pada standar manajemen risiko K3 konstruksi. Nilai tingkat risiko diperoleh dengan mengalikan bobot parameter kemungkinan terjadinya kecelakaan (*likelihood*) dengan parameter tingkat keparahan dampak yang ditimbulkan (*severity*). Secara matematis, formulasi fungsi matriks risiko tersebut dapat diekspresikan melalui persamaan matematika sebagai berikut:

$$R = L \times S$$

Keterangan:

- a. R = *Risk Level* / Tingkat Risiko
- b. L = *Likelihood* / Nilai Kemungkinan Kejadian
- c. S = *Severity* / Nilai Tingkat Keparahan Dampak

Melalui fungsionalisasi rumus di atas, seluruh potensi bahaya yang ada pada tahapan konstruksi, seperti pengangkatan menara (*pylon erection*) asimetris

setinggi 6 meter dan penarikan kabel utama sepanjang bentang 24 meter di atas aliran sungai, akan dikonversikan menjadi nilai angka baku. Angka hasil perkalian ini nantinya digunakan sebagai basis pengelompokan tingkatan risiko ke dalam kategori *low*, *medium*, *high*, hingga *extreme risk*.

5.4.1 Penentuan Nilai Kemungkinan (*Likelihood*) dan Keparahannya (*Severity*)

Untuk menghasilkan penilaian yang objektif dan konsisten, proses kalkulasi indeks risiko harus didasarkan pada skala pembobotan (skor) yang terstandarisasi. Penentuan nilai kemunculan (*likelihood*) diklasifikasikan menggunakan skala 1 sampai 5 yang diukur berdasarkan frekuensi atau probabilitas terjadinya kecelakaan kerja di lingkungan lapangan konstruksi. Kriteria pembobotan skala *likelihood* disajikan secara rinci pada Tabel 5.1 berikut.

Tabel 5. 1 Skala Likelihood

Bobot Skala	Kategori	Deskripsi Frekuensi Kejadian di Lapangan Proyek
1	<i>Rare</i> (Hampir Tidak Pernah)	Sangat jarang terjadi; hanya muncul pada kondisi ekstrem atau belum pernah terjadi dalam kurun waktu tahunan di proyek sejenis.
2	<i>Unlikely</i> (Jarang Terjadi)	Kecil kemungkinan untuk terjadi; insiden sesekali dapat muncul dalam kondisi operasional tertentu.
3	<i>Possible</i> (Mungkin Terjadi)	Dapat terjadi sewaktu-waktu; insiden pernah tercatat beberapa kali dalam siklus proyek pelaksanaan struktur bawah atau atas.
4	<i>Likely</i> (Sering Terjadi)	Besar kemungkinan terjadi; insiden biasa berulang dalam

Bobot Skala	Kategori	Deskripsi Frekuensi Kejadian di Lapangan Proyek
		sebagian besar kondisi pelaksanaan konstruksi jika tanpa pengawasan ketat.
5	<i>Almost Certain</i> (Hampir Pasti)	Sangat sering terjadi; insiden dipastikan akan muncul dalam waktu dekat atau terjadi secara berulang dalam aktivitas harian di lapangan.

Di sisi lain, parameter tingkat keparahan (*severity*) juga diukur menggunakan skala linier 1 sampai 5. Indikator pembobotan dampak cedera disesuaikan secara spesifik untuk memitigasi bahaya fatalitas pekerja (seperti risiko jatuh dari ketinggian atau tenggelam di arus sungai) serta dampak kerusakan fisik terhadap material struktur jembatan gantung asimetris. Kriteria pembobotan skala *severity* dipaparkan pada Tabel 5.2 berikut.

Tabel 5. 2 Skala Severity

Bobot Skala	Kategori	Dampak Cedera / Fatalitas Pekerja	Dampak Kerusakan Struktur Jembatan
1	<i>Insignificant</i>	Cedera ringan, tidak memerlukan penanganan medis khusus; pekerja langsung dapat kembali beraktivitas.	Kerusakan minor yang bersifat kosmetik; tidak mengganggu integritas menara (<i>pylon</i>) 6 meter, angkur, maupun lantai jembatan.
2	<i>Minor</i>	Cedera ringan yang memerlukan pertolongan pertama (P3K);	Kerusakan terlokalisasi pada komponen non-struktural; perbaikan dapat diselesaikan secara

Bobot Skala	Kategori	Dampak Cedera / Fatalitas Pekerja	Dampak Kerusakan Struktur Jembatan
		mengakibatkan jam kerja hilang jangka pendek.	instan dengan biaya rendah.
3	<i>Moderate</i>	Cedera sedang yang membutuhkan perawatan medis intensif di klinik/rumah sakit; pekerja mengalami kehilangan hari kerja.	Kerusakan struktural parsial (misal pada komponen ikatan angin atau balok melintang); membutuhkan penanganan rekayasa teknik khusus.
4	<i>Major</i>	Cedera berat atau cacat permanen pada anggota tubuh; memerlukan penanganan medis darurat dan rawat inap jangka panjang.	Kerusakan struktural utama yang signifikan pada bentang jembatan atau fondasi batu kali; menghentikan jalannya operasional proyek.
5	<i>Catastrophic</i>	Kecelakaan fatal yang mengakibatkan kematian tunggal atau massal (misal akibat pekerja jatuh bebas ke sungai atau runtuhnya struktur).	Kegagalan katastrofik total pada struktur jembatan; robohnya menara <i>pylon</i> atau putusnya kabel utama bentang 24 meter yang memerlukan pembangunan ulang secara total.

5.4.2 Analisis Matriks Risiko Awal (*Initial Risk Assessment*)

Analisis risiko awal (*initial risk assessment*) merupakan tahapan krusial untuk mengevaluasi tingkat bahaya murni pada setiap item pekerjaan konstruksi sebelum diberlakukannya tindakan pengendalian risiko (*existing control*). Penilaian ini

dilakukan dengan mengorelasikan nilai kemungkinan terjadinya kecelakaan (*likelihood*) dan nilai tingkat keparahan dampak (*severity*) yang didapatkan dari observasi lapangan serta data historis proyek.

Hasil perkalian kedua variabel tersebut kemudian diplot ke dalam matriks penilaian risiko standar K3 konstruksi. Untuk memberikan gambaran yang jelas mengenai klasifikasi hasil perkalian tersebut, berikut adalah acuan tingkatan risiko yang digunakan:

Tabel 5. 3 Tingkatan Risiko

Nilai Indeks	Tingkatan Risiko (Risk Level)	Deskripsi Kategori
1 – 3	<i>Low Risk</i> (Risiko Rendah)	Tingkat bahaya kecil, memerlukan pemantauan rutin tanpa penanganan medis berat.
4 – 7	<i>Medium Risk</i> (Risiko Sedang)	Tingkat bahaya moderat, memerlukan pengendalian operasional spesifik atau APD tambahan.
8 – 14	<i>High Risk</i> (Risiko Tinggi)	Tingkat bahaya signifikan, membutuhkan prosedur kerja aman (JSA) dan pengawasan ketat.
15 – 25	<i>Extreme Risk</i> (Risiko Ekstrem)	Tingkat bahaya sangat tinggi, pekerjaan harus dihentikan atau ditunda sampai risiko ditekan.

Melalui pemetaan ini, setiap deviasi atau potensi bahaya pada proyek pembangunan Jembatan Gantung Ciharuman terutama pada pekerjaan berisiko tinggi seperti ereksi menara *pylon* sejauh 6 meter, penarikan kabel baja utama (*main cable*) sepanjang bentang 24 meter, hingga mobilisasi material di area tebing sungai dapat dikelompokkan secara terukur berdasarkan kategori di atas.

Secara komprehensif, akumulasi hasil penilaian indeks dan pemetaan level risiko awal untuk seluruh tahapan pelaksanaan konstruksi disajikan pada Tabel 5.4 berikut.

Tabel 5. 4 Matriks Penilaian Risiko

No	Tahapan / Item Pekerjaan	Identifikasi Bahaya Kerja	(L)	(S)	Nilai Risiko (R = L x S)	Tingkat Risiko
1.	Pekerjaan Persiapan & Mobilisasi					
1)	Pekerja cidera akibat terjatuh saat mobilisasi material di medan curam/licin. Ini dapat terjadi sewaktu waktu. (Possible). Kerusakan terlokalisasi (Minor).		3	2	6	Medium Risk
2)	Gangguan kesehatan pernapasan akibat paparan debu semen dan material. Dapat terjadi sewaktu waktu. (Possible). Kerusakan minor (Insignificant).		3	1	3	Low Risk
2	Pekerjaan Struktur Bawah (Pondasi & Angkur)					
1)	Longsoran tanah galian pada dinding lereng tepi sungai menimbun pekerja. Dapat terjadi sewaktu waktu. (Possible). (Major).		3	4	12	High Risk
2)	Pekerja terluka/terjepit saat pemasangan bekisting dan pembesian. Insiden sesekali dapat muncul (Unlikely). Cedera ringan (Minor).		2	2	4	Medium Risk
3)	Mata pekerja terkena percikan mortar/semen saat pengecoran beton. Dapat terjadi sewaktu waktu. (Possible). Kerusakan terlokalisasi (Minor).		3	2	6	Medium Risk

No	Tahapan / Item Pekerjaan	Identifikasi Bahaya Kerja	(L)	(S)	Nilai Risiko (R = L x S)	Tingkat Risiko
3.	Pekerjaan Ereksi Menara (<i>Pylon Erection</i>)					
1)	Pekerja jatuh dari ketinggian saat merakit/menegakkan <i>pylon</i> 6 meter. Dapat terjadi sewaktu waktu. (Possible). Kecelakaan fatal (Catastrophic).	3	5	15	Extreme Risk	
2)	Tertimpa komponen rangka baja menara akibat kegagalan alat angkat manual. Kecil kemungkinan untuk terjadi (Unlikely). Cedera berat dan kerusakan struktural (Major).	2	4	8	High Risk	
4.	Pekerjaan Struktur Atas (Kabel & Jembatan)					
1)	Pekerja jatuh dan terpeleset ke dalam aliran arus sungai saat penarikan kabel utama bentang 24 meter, proses pemasangan Kabel Penggantung (Hanger) dan batang pengaku. (Likely). (Major).	4	4	16	Extreme Risk	
2)	Tangan pekerja terjepit atau terhantam <i>turnbuckle</i> / sling baja saat pengencangan kabel. Dapat terjadi sewaktu waktu. (Possible). (Moderate).	3	3	9	High Risk	
3)	Pekerja terjatuh saat pemasangan pelat lantai jembatan (<i>decking</i>). Dapat terjadi sewaktu waktu. (Possible). Cedera berat (Major).	3	4	12	High Risk	
5	Pekerjaan Akhir (<i>Finishing</i>)					

No	Tahapan / Item Pekerjaan	Identifikasi Bahaya Kerja	(L)	(S)	Nilai Risiko (R = L x S)	Tingkat Risiko
1)	Gangguan kesehatan akibat paparan debu semen atau mata terkena percikan mortar. Sesekali dapat muncul (Unlikely). (Minor).		2	2	4	<i>Medium Risk</i>

Berdasarkan pemaparan matriks risiko awal pada Tabel 5.3 di atas, terlihat bahwa pekerjaan struktural utama pada jembatan gantung asimetris ini didominasi oleh level risiko tinggi (*high risk*) hingga risiko ekstrem (*extreme risk*). Kondisi lingkungan kerja yang berada di atas aliran sungai serta melibatkan struktur tinggi setinggi 6 meter memicu tingginya nilai keparahan (*severity*). Oleh karena itu, data *initial risk assessment* ini berfungsi sebagai landasan fundamental untuk menyusun tahapan pengendalian risiko lanjutan (*risk control*) menggunakan hierarki kontrol K3 pada sub-bab berikutnya, guna meminimalisasi sisa risiko ke tingkat yang aman bagi seluruh pekerja di lapangan.

5.4.3 Klasifikasi dan Pemetaan Kategori Tingkat Risiko

1. Kategorisasi Risiko Secara Umum

Berdasarkan hasil analisis matriks risiko yang dilakukan pada setiap item pekerjaan Proyek Pembangunan Jembatan Gantung Ciharuman, diperoleh distribusi frekuensi risiko yang bervariasi ke dalam empat kategori utama, yaitu *Low Risk* (Risiko Rendah), *Medium Risk* (Risiko Sedang), *High Risk* (Risiko Tinggi), hingga *Extreme Risk* (Risiko Ekstrem).

Secara umum, distribusi ini memperlihatkan bahwa tingkat risiko pada konstruksi ini memiliki kecenderungan polarisasi yang jelas antara tahapan pekerjaan bawah (*sub-structure*) dan pekerjaan atas (*super-structure*).

2. Karakteristik Risiko Pekerjaan Struktur Bagian Bawah (*Sub-structure*)

Item pekerjaan yang berada pada struktur bagian bawah, seperti pembersihan lahan, pengukuran, dan pembuatan fondasi blok angkur cenderung mendominasi kategori *Low* hingga *Medium*.

Hal ini dikarenakan karakteristik pekerjaannya yang masih berada di atas permukaan tanah stabil, sehingga probabilitas (*likelihood*) terjadinya kecelakaan fatal serta tingkat keparahannya (*severity*) relatif dapat ditekan.

3. Karakteristik Risiko Pekerjaan Struktur Bagian Atas (*Super-structure*)

Sebaliknya, peningkatan kategori risiko secara signifikan menuju tingkat *High* dan *Extreme* mulai terkonsentrasi secara masif ketika tahapan proyek memasuki fase pengerjaan struktur bagian atas yang melibatkan komponen material berat, bentang udara bebas, serta area kerja yang sangat fleksibel.

Analisis mendalam terhadap pemetaan risiko mengungkapkan bahwa item pekerjaan kritis yang masuk ke dalam kategori *High* dan *Extreme* berpusat pada dua tahapan utama, yakni pekerjaan ereksi menara (*pylon erection*) setinggi 6 meter serta proses penarikan kabel baja utama (*main cable pulling*).

4. Analisis Kritis Pekerjaan Ereksi Menara (*Pylon Erection*)

Pada fase ereksi *pylon*, risiko dikategorikan sebagai *Extreme* karena para pekerja diwajibkan untuk beraktivitas pada elevasi tinggi dengan sistem proteksi jatuh yang masih terbatas di lapangan.

Kondisi tersebut ditambah dengan adanya bahaya kombinasi dari hembusan angin kencang dan permukaan struktur yang licin akibat kelembapan tinggi wilayah Pangandaran.

Kegagalan pada tahap ereksi ini berpotensi menyebabkan pekerja jatuh bebas (*fall from height*) yang berdampak fatalitas atau kematian (*catastrophic*).

5. Analisis Kritis Pekerjaan Struktur Atas (Kabel & Jembatan)

Sementara itu, pekerjaan penarikan kabel utama (*main cable pulling*) bentang 24 meter di atas Sungai Ciharuman tergolong sangat kritis akibat risiko tegangan tinggi pada kabel baja (*sling*). Kegagalan alat sambung atau penarik berpotensi melepaskan energi kinetik masif yang dapat mengakibatkan cedera akibat hantaman material hingga risiko pekerja terlempar dan tenggelam.

Potensi pekerja jatuh dan terpeleset ke aliran sungai juga mengancam proses instalasi kabel penggantung (*hanger*) serta perakitan batang pengaku (*truss*). Berdasarkan penilaian risiko K3, tingginya nilai probabilitas (*Likelihood*) dan dampak keparahan (*Major*) pada rangkaian pekerjaan struktur atas ini dipicu

oleh interaksi antara kompleksitas kerja di ketinggian, fleksibilitas bentang udara, dan dinamika arus sungai di bawahnya.

6. Rekomendasi Rencana Keselamatan Konstruksi (RKK)

Oleh karena itu, kedua item pekerjaan struktural utama ini diklasifikasikan ke dalam zona risiko paling tinggi yang memerlukan perhatian khusus serta implementasi ganda (*double protection*) dalam Rencana Keselamatan Konstruksi (RKK) guna menjamin lingkungan kerja yang *zero accident*.

5.5 Pengendalian Risiko (*Risk Control*) Berdasarkan Hierarki Kontrol

Bagian ini ditujukan untuk menjawab rumusan masalah ketiga dalam penelitian, yaitu merumuskan rekomendasi mitigasi yang sistematis, terukur, dan aplikatif pada Proyek Pembangunan Jembatan Gantung Ciharuman. Penyusunan strategi pengendalian ini didasarkan pada prinsip hierarki kontrol standar K3 konstruksi yang bertujuan untuk mereduksi tingkat risiko dari level *extreme* dan *high* menuju level yang dapat diterima (*acceptable risk*), sekaligus sebagai upaya nyata dalam mencapai target keselamatan kerja menyeluruh (*zero accident*) di lingkungan proyek.

5.5.1 Penerapan Hierarki Pengendalian Risiko pada Jembatan Ciharuman

Setelah mengidentifikasi jenis bahaya, menilai tingkat risiko awal, dan merumuskan usulan mitigasi berdasarkan hierarki kontrol K3, langkah krusial selanjutnya adalah memetakan seluruh elemen tersebut ke dalam suatu matriks yang terintegrasi. Penyusunan matriks ini berfungsi sebagai instrumen strategis untuk membandingkan secara visual antara tingkat risiko sebelum adanya pengendalian (*initial risk level*) dan perkiraan tingkat risiko yang tersisa setelah rencana pengendalian diimplementasikan (*residual risk level*). Melalui pendekatan komparatif ini, efektivitas dari setiap tindakan korektif mulai dari rekayasa teknik hingga penyediaan Alat Pelindung Diri (APD) dapat diukur secara terukur untuk memastikan bahwa seluruh sisa risiko telah turun ke ambang batas yang aman dan dapat diterima (*acceptable risk*) oleh manajemen proyek.

Lebih lanjut, matriks ini juga menjadi panduan praktis di lapangan bagi personil *HSE (Health, Safety, and Environment)* serta pelaksana konstruksi dalam menentukan skala prioritas pengawasan pada tiap tahapan pekerjaan pembangunan

Jembatan Gantung Asimetris Ciharuman. Secara komprehensif, seluruh rangkaian korelasi antara tahapan kegiatan, identifikasi bahaya, nilai risiko awal, usulan kontrol, hingga penurunan nilai risiko akhir pada proyek ini dirangkum dalam Tabel 5.5 Matriks Pengendalian Risiko berikut:

Tabel 5. 5 Matriks Pengendalian Risiko

No	Item Pekerjaan	Risiko Awal	Tingkat Risiko Awal	Rekomendasi Pengendalian Risiko K3 (Hierarki Kontrol)	Target Risiko Sisa
1.	Persiapan & Mobilisasi				
1)	Pekerja cedera akibat terpeleset/terjatuh saat memobilisasi material di medan curam & licin.	Medium Risk		Substitusi: Tangga aluminium anti-slip pabrikan. Rekayasa: Membuat undakan tanah padat, <i>handrail</i> kayu/besi. Administrasi: <i>Toolbox talk</i> , batas beban angkut manual, rambu K3. APD: <i>Safety shoes</i> sol karet grip tinggi.	Low Risk
2)	Gangguan kesehatan pernapasan akibat paparan debu semen dan material.	Low Risk		Administrasi: Penyiraman area berdebu secara berkala. APD: Wajib masker debu respirator.	Low Risk
2.	Struktur Bawah (Fondasi/Angkur)				
1)	Longsor tanah galian pada dinding lereng sungai menimbun pekerja di dalam lubang.	High Risk		Eliminasi: Larangan masuk lubang jika ada rembesan aktif sebelum diperkuat.	Low Risk

No	Item Pekerjaan	Risiko Awal	Tingkat Risiko Awal	Rekomendasi Pengendalian Risiko K3 (Hierarki Kontrol)	Target Risiko Sisa
				Rekayasa: Pemasangan dinding penahan tanah sementara (<i>shoring/turap</i>) atau <i>sloping/benching</i> lereng. Administrasi: Pengawas khusus (<i>spotter</i>), penerapan <i>Stop Work Authority</i> saat hujan. APD: <i>Safety helmet</i> dengan tali dagu kokoh.	
2)	Pekerja terluka/terjepit saat pemasangan bekisting dan pembesian.		Medium Risk	Rekayasa: Pemasangan penutup/rebar cap pada ujung besi tulangan yang mencuat. Administrasi: Prosedur manual handling yang benar, pengawasan intensif. APD: Sarung tangan kerja, safety boots.	Low Risk
3)	Mata pekerja terkena percikan mortar/semen saat pengecoran beton.		Medium Risk	Administrasi: Pelatihan teknik pengecoran yang aman, penyediaan eyewash station/air bersih. APD: Wajib safety goggles / kaca mata pelindung dan sarung tangan karet.	Low Risk
3.	Ereksi Menara (<i>Pylon Erection</i>)				

No	Item Pekerjaan	Risiko Awal	Tingkat Risiko Awal	Rekomendasi Pengendalian Risiko K3 (Hierarki Kontrol)	Target Risiko Sisa
1)	Pekerja jatuh dari ketinggian saat merakit/menegakkan struktur rangka <i>pylon</i> 6 meter.		Extreme Risk	Eliminasi: Larangan merakit komponen atas melayang tanpa platform kerja stabil. Rekayasa: Menyediakan <i>scaffolding</i> kokoh, <i>guardrail</i> penuh, pemasangan <i>lifeline</i> horizontal/vertikal. Administrasi: Pembuatan JSA ketinggian, sertifikasi TKBT pekerja, stop kerja jika angin kencang. APD: <i>Full body harness double lanyard (100% tie-back)</i>.	Medium Risk
2)	Tertimpa komponen rangka baja menara akibat kegagalan alat angkat manual.		High Risk	Rekayasa: Inspeksi dan uji kelayakan takel/chain block dan wire rope sling sebelum digunakan. Administrasi: Sterilisasi area bawah pengangkatan (<i>exclusion zone</i>), rambu "Awat Bahaya Ketinggian". APD: Safety helmet bersertifikasi.	Low Risk
4.	Struktur Atas (Kabel & Jembatan)				
1)	Pekerja jatuh dan terpeleset ke dalam aliran arus sungai saat penarikan kabel utama bentang 24		Extreme Risk	Substitusi: Menggunakan katrol elektrik (<i>electric winch system</i>) terkalibrasi.	Medium Risk

No	Item Pekerjaan	Risiko Awal	Tingkat Risiko Awal	Rekomendasi Pengendalian Risiko K3 (Hierarki Kontrol)	Target Risiko Sisa
	meter, proses pemasangan Kabel Penggantung (Hanger) dan batang pengaku.			Rekayasa: Pemasangan jaring pengaman (<i>safety net</i>) di bawah bentang dek jembatan, sistem <i>wire rope</i> proteksi ganda. Administrasi: Koordinasi ketat via HT, pantauan cuaca BMKG & debit air sungai. APD: Kombinasi <i>Full body harness</i>, <i>Life jacket</i> (pelampung).	
2)	Tangan pekerja terjepit atau terhantam <i>turnbuckle</i> / sling baja saat pengencangan kabel.		High Risk	Administrasi: Komunikasi aba-aba yang jelas satu komando saat pengencangan. APD: Sarung tangan kulit/pelindung benturan (<i>impact gloves</i>).	Low Risk
3)	Pekerja terjatuh saat pemasangan pelat lantai jembatan (<i>decking</i>).		High Risk	Rekayasa: Pemasangan <i>safety net</i> bentang bawah. APD: <i>Full body harness</i> yang ditambatkan pada <i>lifeline</i>.	Low Risk
5.	Pekerjaan Akhir (<i>Finishing</i>)				

No	Item Pekerjaan	Risiko Awal	Tingkat Risiko Awal	Rekomendasi Pengendalian Risiko K3 (Hierarki Kontrol)	Target Risiko Sisa
1)	Gangguan kesehatan akibat paparan debu semen atau mata terkena percikan mortar.		Medium Risk	Rekayasa: penyemprotan partikel air halus (<i>water mist</i>). Administrasi: Rotasi kerja pekerja, pembersihan sisa material berkala (<i>housekeeping</i>), kotak P3K stand-by. APD: Wajib <i>safety goggles</i> , masker respirator debu, dan sarung tangan karet.	Low Risk

Dengan menerapkan kombinasi pengendalian di atas terutama berfokus pada Rekayasa Teknik (*safety net, scaffolding, shoring*) dan Administrasi (*SOP, JSA, pembatasan cuaca*) tingkat kemungkinan (*likelihood*) dan tingkat keparahan (*severity*) kecelakaan dapat ditekan secara signifikan, sehingga sisa risiko (*residual risk*) pada proyek Jembatan Gantung Ciharuman ini turun ke level Low atau Acceptable Risk (Risiko yang Dapat Diterima).

5.5.2 Penilaian Risiko Sisa (*Residual Risk Assessment*)

1. Evaluasi Penurunan Tingkat Risiko Setelah Usulan Pengendalian Diterapkan
Tahapan evaluasi penurunan tingkat risiko ini dilakukan dengan membandingkan secara langsung nilai indeks risiko awal (*initial risk*) terhadap nilai risiko baru yang muncul setelah hierarki pengendalian K3 (seperti rekayasa teknik, kontrol administratif, dan APD) diimplementasikan secara teoritis maupun praktis di lapangan. Proses evaluasi ini bertujuan untuk mengukur seberapa signifikan deviasi angka *likelihood* (kemungkinan) dan *severity* (keparahan) dapat ditekan. Melalui komparasi matriks ini, kita dapat memvalidasi apakah pekerjaan-pekerjaan berkategori kritis pada proyek Jembatan Gantung Ciharuman seperti ereksi menara *pylon* setinggi 6 meter dan penarikan kabel baja utama (*main cable*) sepanjang 24 meter telah bergeser dari zona merah (*high/extreme risk*) menuju zona hijau atau kuning (*low/medium risk*). Penurunan tingkat risiko yang signifikan menjadi indikator utama bahwa perancangan keselamatan kerja telah memenuhi standar keselamatan konstruksi.
2. Memastikan Keefektifan Mitigasi
Memastikan keefektifan mitigasi dilakukan melalui analisis kritis terhadap keandalan setiap instrumen pengendalian yang diusulkan agar tidak menjadi regulasi di atas kertas semata. Pengendalian dinyatakan efektif apabila nilai risiko sisa berada pada tingkat yang dapat diterima (*acceptable risk*) sesuai dengan standar SMK (Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi) (Permen PUPR No. 10 Tahun 2021). Pengujian efektivitas ini juga mencakup penilaian terhadap potensi munculnya risiko sekunder (*secondary risk*) akibat pemasangan alat kendali baru. Dengan memastikan mitigasi berjalan efektif,

proyek pembangunan Jembatan Gantung Ciharuman dapat meminimalkan probabilitas terjadinya kecelakaan kerja (seperti pekerja terjatuh ke jurang atau kegagalan struktur kabel) secara presisi, sekaligus memberikan jaminan perlindungan optimal demi tercapainya target *zero accident*.

5.6 Pembahasan dan Interpretasi Hasil Analisis Risiko

Pada sub-bab ini, dilakukan pembahasan mendalam dan interpretasi terhadap hasil analisis manajemen risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) yang telah dilakukan menggunakan metode *Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control* (HIRARC) pada Proyek Pembangunan Jembatan Gantung Ciharuman. Interpretasi ini ditujukan untuk membedah signifikansi temuan tingkat risiko awal (*initial risk*), mengidentifikasi titik kritis operasional konstruksi, serta mengevaluasi daya reduksi dari setiap rekomendasi sistem pengendalian yang diusulkan terhadap sisa risiko (*residual risk*) proyek.

5.6.1 Interpretasi Tingkat Risiko Dominan pada Fase Konstruksi

Berdasarkan hasil rekapitulasi penilaian risiko awal (*initial risk assessment*) yang dirangkum dalam Matriks Penilaian Risiko (Tabel 5.4), terlihat adanya polarisasi tingkat bahaya yang jelas di mana fase pelaksanaan konstruksi jembatan gantung asimetris ini didominasi oleh kategori risiko tinggi (*high risk*) hingga risiko ekstrem (*extreme risk*). Melalui interpretasi data kuantitatif tersebut, terdapat dua item pekerjaan utama yang menempati zona risiko paling kritis dan membutuhkan perhatian khusus, yaitu:

1. Pekerjaan Ereksi Menara (Pylon Erection)

Aktivitas perakitan dan penegakan struktur menara pylon setinggi 6 meter ini menghasilkan nilai risiko awal sebesar $R = 15$, yang diklasifikasikan ke dalam kategori *Extreme Risk* (Risiko Ekstrem). Tingginya indeks risiko ini dipicu oleh parameter keparahan (*severity*) yang berada pada tingkat tertinggi (skala 5 / *catastrophic*). Karakteristik pylon tunggal setinggi 6 meter yang dibangun di atas kontur tebing tepi sungai yang curam menimbulkan potensi bahaya murni berupa pekerja jatuh bebas dari ketinggian (*fall from height*). Jika kecelakaan tersebut terjadi akibat ketiadaan atau kelalaian penggunaan alat pelindung jatuh

ganda, dampak yang dihasilkan bersifat fatalitas atau mengakibatkan kematian tenaga kerja.

2. Pekerjaan Struktur Atas (Kabel & Jembatan)

Proses penarikan kawat baja (*wire rope*) bentang 24 meter yang mencakup instalasi kabel penggantung (*hanger*) dan batang pengaku (*truss*) di atas sungai menempati indeks risiko tertinggi ($R = 16$, *Extreme Risk*). Karakteristik jembatan gantung asimetris dengan menara tunggal menyebabkan proses ini menyimpan gaya tegang (*tension*) yang sangat besar. Tingginya tingkat probabilitas (*Likelihood* skala 4) dipengaruhi oleh cuaca dan hidrologi lokal perbatasan Pangandaran–Tasikmalaya, seperti kelembapan tinggi, permukaan licin, dan angin tebing yang dinamis. Kondisi tersebut meningkatkan risiko pekerja terpeleset dan jatuh ke sungai. Selain itu, kegagalan alat penarik atau putusnya kabel dapat memicu efek cambukan (*snapback*) masif yang fatal serta berpotensi melempar pekerja ke dalam arus deras Sungai Ciharuman.

Selain kedua risiko ekstrem di atas, kategori Risiko Tinggi (*High Risk*) terkonsentrasi pada pekerjaan galian tanah untuk blok angkur dan fondasi tepi sungai akibat ancaman dinding galian runtuh (*excavation collapse*) dan longsor tebing lereng ($R = 12$), serta pada tahap pemasangan pelat lantai jembatan (*decking*) akibat adanya celah terbuka (*open edges*) sepanjang bentang 24 meter sebelum panel terpasang rapat ($R = 12$). Secara akumulatif, pola risiko dominan ini menegaskan bahwa bagian struktur atas (*super-structure*) jembatan gantung memiliki tingkat kerentanan keselamatan yang jauh lebih tinggi dan kritis dibandingkan dengan bagian struktur bawah (*sub-structure*).

5.6.2 Efektivitas Mitigasi dalam Menurunkan Indeks Risiko Menuju Acceptable Risk

Guna merealisasikan lingkungan kerja yang aman dan memenuhi target *zero accident*, seluruh usulan mitigasi dirancang secara berjenjang mengacu pada prinsip hierarki kontrol K3 konstruksi standar Peraturan Menteri PUPR No. 10 Tahun 2021 tentang Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi (SMKK) (Permen PUPR No. 10 Tahun 2021). Efektivitas dari penerapan kendali ini diukur melalui evaluasi

penurunan nilai indeks risiko sisa (*residual risk assessment*) sebagaimana dipetakan pada Tabel 5.5.

1. Reduksi Risiko Ekstrem Menjadi Risiko Sedang (*Medium Risk*)

- a. Pada Pekerjaan Ereksi Pylon (Dari R=15 Menuju *Medium Risk*). Langkah eliminasi diterapkan dengan melarang metode penyambungan rangka atas secara melayang. Kendali tersebut diperkuat secara masif melalui rekayasa teknik berupa penyediaan perancah (*scaffolding*) yang dilengkapi platform penuh serta pagar pengaman (*guardrail*) di sekeliling pylon. Melalui kontrol administrasi berupa pembuatan *Job Safety Analysis* (JSA) ketinggian dan kewajiban penggunaan APD berupa *full body harness double lanyard* dengan prinsip *100% tie-back* pada *lifeline*, tingkat keparahan dan kemungkinan jatuh berhasil ditekan secara signifikan menuju level yang aman dan dapat ditoleransi (*acceptable*).
- b. Pada Pekerjaan Penarikan Kabel Utama (Dari R=16 Menuju *Medium Risk*). Intervensi dilakukan melalui substitusi alat penarik manual dengan *electric winch system* yang kapasitas tariknya terkalibrasi secara teknis. Efektivitas rekayasa teknik dibuktikan melalui rencana pemasangan jaring pengaman (*safety net*) bentang lebar tepat di bawah sepanjang jalur dek jembatan untuk mengeliminasi dampak jatuhnya pekerja atau material ke sungai. Ditunjang dengan koordinasi via *Handy Talky* (HT) serta kewajiban penggunaan APD kombinasi antara *harness* dan *life jacket* (pelampung), potensi risiko tenggelam dan cedera mekanis berhasil diturunkan secara drastis.

2. Reduksi Risiko Tinggi Menjadi Risiko Rendah (*Low Risk*)

- a. Pada Pekerjaan Galian Struktur Bawah (Dari R=12 Menuju *Low Risk*). Potensi bahaya longsor dan tertimbun tanah dimitigasi secara efektif melalui rekayasa teknik berupa pemasangan dinding penahan tanah sementara (*shoring*) atau metode *sloping/benching* pada lereng galian batu kali. Dikombinasikan dengan kontrol administratif berupa penerapan kebijakan *Stop Work Authority* (hak penghentian kerja) saat terjadi hujan

lebat atau kenaikan debit air sungai, risiko sisa akhir berhasil diturunkan ke level *Low Risk*.

- b. Pada Pekerjaan Pemasangan Lantai Jembatan (Dari R=12 Menuju *Low Risk*). Risiko pekerja terperosok celah *decking* berhasil ditekan melalui pemasangan *lifeline* horizontal temporer sepanjang bentang sebagai tempat penambatan *harness* selama proses penyusunan panel lantai dilakukan.

Secara keseluruhan, analisis perbandingan antara *initial risk* dan *residual risk* dalam penelitian ini membuktikan secara empiris bahwa intervensi mitigasi berbasis hierarki kontrol K3 sangat efektif dalam mereduksi indeks risiko konstruksi. Pengendalian yang berfokus pada kekuatan rekayasa teknik (seperti *safety net*, *scaffolding*, dan *shoring*) serta pengetatan administrasi lapangan mampu mereduksi seluruh sisa risiko kritis dari zona merah (*extreme & high risk*) menuju ambang batas zona hijau atau kuning (*low & medium risk*). Dengan demikian, usulan pengendalian risiko ini dinyatakan valid, efektif, dan aplikatif untuk diadopsi ke dalam Rencana Keselamatan Konstruksi (RKK) kontraktor demi mewujudkan operasional pembangunan yang aman, efisien, serta nihil kecelakaan kerja.

5.7 Relevansi dengan Penelitian Terdahulu dan Teori

5.7.1 Relevansi Hasil HIRARC Jembatan Ciharuman dengan Studi K3 Jembatan Terdahulu

Berdasarkan hasil analisis risiko menggunakan metode *Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control* (HIRARC) yang telah dilakukan pada proyek pembangunan Jembatan Gantung Ciharuman, diperoleh temuan bahwa karakteristik risiko murni (*initial risk*) proyek ini memiliki tingkat kerawanan dan polarisasi bahaya yang sangat spesifik dan relevan dengan berbagai studi K3 jembatan terdahulu.

Distribusi tingkat risiko pada Pembangunan Jembatan Gantung Ciharuman menunjukkan adanya kecenderungan polarisasi yang jelas, di mana item pekerjaan struktur bawah (*sub-structure*) didominasi oleh level risiko rendah hingga sedang (*low to medium risk*), sedangkan pekerjaan struktur atas (*super-structure*) didominasi oleh level risiko tinggi hingga risiko ekstrem (*high to extreme risk*).

Karakteristik polarisasi risiko ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Mahendra Eka Bagus Sadewa (2021) mengenai pekerjaan pilar jembatan, yang mengonfirmasi bahwa tahapan awal di bagian bawah memiliki risiko tinggi pada aspek struktural tanah, namun meningkat secara signifikan menjadi risiko kritis saat beralih ke struktur atas akibat paparan bahaya gravitasi dan ketinggian fisik (Sadewa, M. E. B. 2021).

Pada struktur bawah Jembatan Ciharuman, pekerjaan galian tanah untuk *abutment* dan pembangunan blok ankur (*anchor block*) memiliki kerentanan tinggi terhadap risiko longsor lereng sungai serta bahaya area perairan. Kondisi ini relevan dengan temuan Widi Hartono, dkk (2023) dalam analisisnya berbasis standar (AS/NZS 4360:2004), yang menegaskan bahwa pekerjaan pondasi dan abutment pada jembatan beton selalu menempatkan risiko runtuhnya dinding galian dan rembesan air sebagai ancaman utama yang membutuhkan proteksi penopang dinding (*shoring*) secara intensif (Hartono et al., 2023). Begitu pula dengan hasil identifikasi risiko K3L oleh Nabila Aminatun Salamah, dkk (2022) pada Jembatan Menara Pandang Purwokerto, yang menyatakan bahwa gangguan stabilitas tanah dan dampak limpasan air permukaan sungai merupakan aspek risiko fisik lingkungan dominan pada fase awal konstruksi basah (Salamah et al., 2022).

Sebaliknya, lonjakan tingkat risiko ekstrem (*extreme risk*) pada Jembatan Gantung Ciharuman terjadi pada metode pelaksanaan struktur atas, khususnya pada proses ereksi menara *pylon* setinggi 6 meter dan penarikan kabel baja utama (*main cable*) sepanjang 24 meter di atas aliran arus sungai yang dinamis. Risiko pekerja jatuh dari ketinggian ekstrem dan terperosok ke dalam arus air merupakan representasi bahaya murni (*initial hazard*) paling fatal dalam studi kasus ini. Karakteristik bahaya pada pekerjaan kabel dan komponen tinggi ini memiliki relevansi kuat dengan penelitian Arif Sasmito (2023) di Jembatan Suramadu, yang menekankan bahwa pekerjaan mekanikal/struktural di atas bentang jembatan bentang panjang memicu akumulasi risiko tinggi akibat paparan angin kencang (*wind load*) dan kelelahan fisik pekerja saat beroperasi di ruang terbatas di atas permukaan air (Sasmito, 2023).

Selanjutnya, risiko kegagalan alat angkat dan ketegangan kabel saat proses instalasi kabel utama Jembatan Ciharuman memiliki kemiripan mekanis dengan risiko pelaksanaan bentang atas pada jembatan konvensional. I Wayan Muka (2024) dalam studinya pada Proyek Jembatan Tukad Ayung Bali memetakan 24 jenis risiko moderat hingga tinggi pada tahap pemasangan gelagar beton (*erection girder*), yang menyoroti bahwa ketidakstabilan perancah (*girder truss*) dan kegagalan sistem pengangkatan berpotensi menimbulkan kecelakaan kerja fatal (Wayan Muka et al., 2024). Risiko struktural perancah ini dipertegas oleh Trio Rizki Z (2023) melalui analisis *Fault Tree Analysis* (FTA) pada kasus Jembatan Sekarteja Lombok Timur, di mana kegagalan teknis akibat tumpuan perancah yang rapuh dan kikisan air menjadi akar penyebab patahnya struktur jembatan di bagian atas tengah saat pengecoran berlangsung (Z, Trio Rizki. 2023). Fakta-fakta dari penelitian terdahulu tersebut membuktikan bahwa jembatan gantung asimetris seperti Jembatan Ciharuman memiliki kompleksitas risiko struktural atas yang setara, bahkan lebih ekstrem, karena hilangnya fleksibilitas ruang tumpuan dan ketergantungan penuh pada kekuatan kabel utama selama masa konstruksi berlangsung.

5.7.2 Korelasi Pengendalian Risiko dengan Teori K3 dan Regulasi (Permen PUPR No. 10 Tahun 2021)

Formulasi usulan mitigasi dan pengendalian risiko yang dirumuskan dalam penelitian ini tidak hanya didasarkan pada instink lapangan, melainkan memiliki korelasi ilmiah yang erat dengan konsep teoretis *Hierarchy of Controls* (Hierarki Pengendalian Risiko) dan kepatuhan terhadap regulasi hukum positif yang berlaku di Indonesia.

Secara teoretis, langkah mitigasi pada pekerjaan kritis Jembatan Ciharuman diaplikasikan secara berjenjang guna menurunkan nilai kemungkinan (*likelihood*) dan tingkat keparahan (*severity*) kecelakaan kerja. Sebagai contoh, pada pekerjaan penarikan kabel utama yang berisiko ekstrem, tindakan pengendalian dilakukan melalui:

1. Substitusi

Mengganti metode penarikan manual atau katrol sederhana dengan *electric winch system* yang kapasitas tariknya telah terkalibrasi secara teknis untuk meminimalkan beban dinamis kejut pada pekerja.

2. Rekayasa Teknik (*Engineering Control*)

Merancang pemasangan jaring pengaman (*safety net*) bentang lebar di bawah dek jembatan, pembuatan sistem perancah (*scaffolding*) yang rigid, serta penerapan sistem perlindungan gantung ganda (*double protection system*) menggunakan *wire rope* sekunder yang independen.

3. Administrasi

Pembuatan *Standard Operating Procedure* (SOP) khusus pekerjaan ketinggian, pengisian *Job Safety Analysis* (JSA) setiap pergantian giliran kerja, koordinasi ketat berbasis komunikasi radio (HT), serta pembatasan aktivitas kerja berdasarkan pemantauan prakiraan cuaca BMKG dan debit arus sungai secara *real-time*.

4. Alat Pelindung Diri (APD)

Mewajibkan penggunaan integrasi antara *full body harness* dengan *double lanyard* dan *shock absorber* untuk bahaya jatuh, serta penggunaan *life jacket* atau pelampung otomatis karena area kerja berada di atas perairan.

Penerapan kombinasi hierarki kontrol ini terbukti secara teoritis mampu mereduksi indeks risiko awal murni (*initial risk*) dari zona merah (*high/extreme risk*) bergeser secara signifikan menuju zona hijau atau kuning yang dikategorikan sebagai *low risk* atau *acceptable risk* (risiko yang dapat diterima). Pendekatan ilmiah ini sejalan dengan teori manajemen risiko modern dan didukung oleh studi Rusandi Noor & Yusrika Asmaul Husna (2025) pada Pemancangan Jembatan Sebulu Tahap 1, yang menunjukkan bahwa pengawasan rencana keselamatan konstruksi yang menitikberatkan rekayasa teknik pada alat pancang mampu meminimalisasi sisa risiko (*residual risk*) di lapangan secara efektif (Noor & Husna, 2025).

Secara regulasi, seluruh tahapan HIRARC dan usulan mitigasi dalam skripsi ini disusun untuk memenuhi amanat Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (Permen PUPR) Nomor 10 Tahun 2021 tentang Pedoman Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi (SMKK). Berdasarkan Permen PUPR

No. 10 Tahun 2021, setiap penyelenggaraan jasa konstruksi wajib menyusun Rencana Keselamatan Konstruksi (RKK) yang memuat dokumen penjaminan keselamatan keteknikan konstruksi, keselamatan kerja, keselamatan kesehatan, dan keselamatan lingkungan (Permen PUPR No. 10 Tahun 2021).

Korelasi konkret antara pengendalian risiko Jembatan Ciharuman dengan Permen PUPR No. 10 Tahun 2021 dijabarkan sebagai berikut:

1. Identifikasi Bahaya dan Penilaian Risiko

Matriks penilaian risiko yang menggunakan perkalian nilai *likelihood* dan *severity* dalam penelitian ini mengadopsi standar format RKK yang diwajibkan dalam Lampiran Permen PUPR tersebut, sehingga memiliki legalitas dan aplikabilitas tinggi bagi kontraktor pelaksana.

2. Keselamatan Pekerjaan di Ketinggian

Usulan penggunaan *full body harness* wajib dengan titik angkur independen serta pemasangan *safety net* merupakan pemenuhan terhadap standar keselamatan kerja di ketinggian (*working at height*) yang diperketat dalam regulasi SMK3 untuk mencegah fatality akibat jatuh.

3. Manajemen Dokumen Keselamatan

Kewajiban penyusunan SOP teknis, pelaksanaan *safety briefing* sebelum bekerja, dan penempatan personil Ahli/Petugas K3 Konstruksi yang kompeten merupakan bentuk implementasi dari Elemen Operasi Keselamatan Konstruksi dalam SMK3 guna memastikan kondisi kerja yang teratur dan disiplin.

Kepatuhan regulasi ini juga didukung oleh argumen Mohammad Mukhlisin, dkk (2019) pada Proyek Jembatan Kol Sunandar, yang menyatakan bahwa penerapan SMK3 yang disiplin dan diawasi ketat oleh semua pihak, khususnya penyediaan rambu, barikade, serta garis polisi (*police line*) di area kerja yang berbatasan dengan ruang publik, merupakan indikator keberhasilan pemenuhan regulasi keselamatan konstruksi nasional (Mukhlisin et al., 2019). Melalui integrasi hierarki kontrol ilmiah dan regulasi Permen PUPR No. 10 Tahun 2021 ini, dokumen HIRARC Jembatan Gantung Ciharuman ini valid bertindak sebagai panduan preventif yang aplikatif untuk menekan angka kecelakaan kerja menuju target *zero accident* di lapangan.

5.8 Analisis Temuan dan Perbedaan Lapangan dengan Penelitian Terdahulu dan Teori

Proses analisis risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) dengan metode *Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control* (HIRARC) pada Proyek Pembangunan Jembatan Gantung Ciharuman menghasilkan sejumlah temuan empiris yang unik. Temuan ini dipengaruhi secara kuat oleh kondisi geografis perbatasan Kabupaten Pangandaran-Tasikmalaya, karakteristik jembatan tipe asimetris, serta aspek sosiologis perilaku pekerja di lapangan. Untuk mempertegas posisi ilmiah dan kebaruan (*research gap*) dari penelitian ini, dilakukan analisis komparatif konseptual antara temuan aktual di lapangan dengan sepuluh penelitian terdahulu serta landasan teoretis manajemen risiko K3 konstruksi.

5.8.1 Perbedaan Lapangan dengan Penelitian Terdahulu

Berdasarkan hasil observasi dan analisis data pada Proyek Jembatan Gantung Ciharuman, terdapat perbedaan mendasar dari segi karakteristik objek, tantangan lapangan, serta dominasi tingkat risiko jika dibandingkan dengan penelitian-penelitian jembatan terdahulu, antara lain:

1. Tipologi Struktur Jembatan dan Metode Ereksi

a. Penelitian Terdahulu

Penelitian oleh Muka (2024) pada Jembatan Tukad Ayung berfokus pada jembatan beton precast dengan risiko mayoritas *moderate* pada tahap pemasangan *concrete girder* (Wayan Muka et al., 2024). Sementara penelitian Syahriadi & Tenriajeng (2020) menyoroti risiko jatuhnya *girder* saat pengangkatan menggunakan alat berat crane (Syahriadi & Tenriajeng, 2020).

b. Perbedaan di Lapangan

Pembangunan Jembatan Gantung Ciharuman memiliki karakteristik struktur asimetris bentang 24 meter dengan tumpuan tunggal menara *pylon* setinggi 6 meter. Karena akses jalan sempit dan rusak di area tebing, proyek ini tidak dapat menggunakan alat berat (crane). Mobilisasi dan ereksi komponen dilakukan secara manual. Hal ini menggeser fokus risiko murni dari jatuhnya material berat *girder* beton menjadi risiko mekanis pelekatan

energi kinetik akibat ketegangan tinggi (*tension failure*) pada kabel baja dan efek cambukan (*snapback*) yang tidak ditemukan pada jembatan tipe girder beton.

2. Tingkat Fleksibilitas dan Bahaya Kombinasi Ketinggian-Perairan

a. Penelitian Terdahulu

Sadewa (2021) memfokuskan HIRADC khusus untuk pilar jembatan (struktur bawah),(Sadewa, M. E. B. 2021) dan Hartono dkk. (2023) meneliti jembatan beton konvensional di mana struktur atasnya bersifat kaku (*rigid*).

b. Perbedaan di Lapangan

Struktur atas Jembatan Gantung Ciharuman sangat fleksibel dan dinamis terhadap beban angin tebing Pangandaran yang tidak menentu. Ayunan struktur yang mendadak saat proses instalasi *hanger* dan rangka pengaku (*truss*) menciptakan bahaya kombinasi ekstrem: kehilangan keseimbangan, pekerja jatuh dari ketinggian 6 meter, sekaligus risiko tenggelam di arus Sungai Ciharuman yang berfluktuasi secara dinamis. Risiko simultan (jatuh dan tenggelam secara bersamaan) ini memerlukan mitigasi proteksi ganda (*double protection*) berupa perpaduan *full body harness* dan *life jacket* (pelampung), berbeda dengan penelitian terdahulu pada jembatan kaku yang hanya fokus pada pengaman jatuh (*safety net/scaffolding*).

3. Kondisi Aksesibilitas Terbatas dan Kegagalan Struktur Eksisting

a. Penelitian Terdahulu

Penelitian Trio Rizki (2023) dengan metode *Fault Tree Analysis* (FTA) menyimpulkan kegagalan perancah scaffolding konvensional sebagai faktor kritis kecelakaan jembatan (Z, Trio Rizki. 2023).

b. Perbedaan di Lapangan

Di Jembatan Ciharuman, tantangan lapangan bertambah ekstrem karena jembatan bambu eksisting yang digunakan pekerja untuk mobilisasi harian mengalami keruntuhan penyangga setelah pekerjaan struktur bawah selesai, menyebabkan posisinya miring, lapuk, dan sangat licin setelah hujan. Risiko sekunder berupa pekerja terperosok saat melintasi akses darurat

eksisting ini menjadi temuan kontekstual lapangan yang tidak dijumpai pada penelitian jembatan modern dengan *site layout* yang teratur.

4. Fokus Ruang Lingkup dan Kompleksitas Manajemen Pengendalian

a. Penelitian Terdahulu

Sasmito (2023) membatasi penelitian pada instalasi spesifik *fire fighting system* di Jembatan Suramadu (Sasmito, 2023), dan Salamah dkk. (2022) mengintegrasikan aspek lingkungan (K3L) pada jembatan ikonik kota (Salamah et al., 2022).

b. Perbedaan di Lapangan

Penelitian pada Jembatan Ciharuman mencakup analisis komprehensif seluruh siklus konstruksi fisik (*construction phase*) dari sub-struktur hingga super-struktur jembatan perbatasan desa terpencil. Dominasi tingkat risiko ekstrem terkonsentrasi penuh pada interaksi manual pekerja dengan kabel baja utama (*main cable*), bukan pada aspek mekanikal-elektrikal maupun sekadar dampak lingkungan sekitar.

5.8.2 Perbedaan Lapangan dengan Teori

Analisis kesenjangan (*gap analysis*) antara kondisi riil pelaksanaan proyek dengan teori baku keselamatan konstruksi (berdasarkan Undang-Undang No. 1 Tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja dan Permen PUPR No. 10 Tahun 2021) mengindikasikan adanya beberapa deviasi penting:

1. Perilaku Pekerja Terhadap Keamanan Mandiri (*Unsafe Acts*)

a. Teori K3

Berdasarkan konsep hierarki kontrol K3, Alat Pelindung Diri (APD) adalah lini pertahanan terakhir yang wajib dipatuhi secara mutlak ketika rekayasa teknik tidak mampu menghilangkan bahaya secara total. Pekerja di ketinggian wajib melakukan pengikatan penuh (*100% tie-back*) pada jalur penyelamat (*lifeline*) (Undang-Undang Nomor 1 Tahun 1970).

b. Kenyataan di Lapangan

Ditemukan deviasi perilaku yang signifikan di mana para pekerja ereksi *pylon* sengaja tidak mencantolkan *hook full body harness* mereka pada *lifeline* dengan alasan klise bahwa tali tersebut membatasi ruang gerak

dinamis mereka. Selain itu, terdapat pengabaian penggunaan helm keselamatan (*safety helmet*) dan sarung tangan saat memindahkan material berat di area struktur bawah. Hal ini membuktikan bahwa risiko di lapangan tidak hanya dibentuk oleh faktor teknis struktur (*unsafe conditions*), melainkan diperparah oleh rendahnya *safety awareness* tenaga kerja.

2. Ketersediaan Dokumen Perencanaan K3 Konstruksi

a. Teori K3

Berdasarkan Permen PUPR No. 10 Tahun 2021, setiap penyelenggaraan jasa konstruksi wajib menyusun dokumen Rencana Keselamatan Konstruksi (RKK) dan *Job Safety Analysis* (JSA) secara spesifik sebelum pekerjaan dimulai, di mana biayanya dialokasikan secara mandiri dalam RAB (Permen PUPR No. 10 Tahun 2021).

b. Kenyataan di Lapangan

Pada proyek Jembatan Ciharuman, dokumen manajemen risiko yang memetakan bahaya detail per item pekerjaan belum tersedia secara tertulis sejak awal proyek. Tindakan mitigasi yang diambil oleh pihak pelaksana cenderung bersifat reaktif di lapangan ketimbang preventif-administratif, karena durasi kontrak yang relatif singkat (dua bulan kalender) dan keterbatasan personil ahli K3 bersertifikat di tingkat pemerintahan desa sebagai penyedia dana.

3. Penyediaan Instrumen Pengendalian Kolektif

a. Teori K3

Pekerjaan di atas perairan dan pada ketinggian tinggi secara teoretis mensyaratkan adanya pengaman kolektif berupa jaring pengaman (*safety net*) bentang lebar di bawah dek jembatan untuk menangkap jatuhnya personel maupun peralatan kerja (*dropped objects*) (Permen PUPR No. 10 Tahun 2021).

b. Kenyataan di Lapangan

Instrumen pengaman kolektif seperti *safety net* belum terpasang di sepanjang bentang udara 24 meter selama proses penarikan kabel utama. Ketidaksesuaian ini menempatkan nilai risiko sisa (*residual risk*) murni

pada level yang kritis jika tidak segera diintervensi oleh rekomendasi pengendalian yang aplikatif dalam penelitian ini.

5.9 Implikasi Praktis Hasil Penelitian

Implikasi praktis dalam penelitian ini memaparkan dampak langsung serta kegunaan nyata dari hasil analisis risiko berbasis *Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control* (HIRARC) yang telah dirumuskan. Melalui pemetaan risiko murni (*initial risk*) hingga penentuan risiko sisa (*residual risk*), hasil kajian ini memberikan kontribusi taktis bagi pihak pelaksana proyek dan instansi terkait dalam meminimalkan angka kecelakaan kerja pada proyek infrastruktur jembatan gantung asimetris yang memiliki tingkat kerawanan ekstrem.

5.9.1 Kontribusi Hasil HIRARC dalam Penyusunan Dokumen Rencana Keselamatan Konstruksi (RKK) Kontraktor

Fakta di lapangan menunjukkan bahwa proyek pembangunan Jembatan Gantung Ciharuman saat ini belum memiliki dokumen Rencana Keselamatan Konstruksi (RKK). Ketiadaan dokumen regulatif ini menempatkan pelaksanaan konstruksi pada kondisi rentan, mengingat pekerjaan pylon setinggi 6 meter dan penarikan kabel utama sepanjang 24 meter berada di atas aliran sungai yang dinamis dan memiliki kategori risiko tinggi (*high risk*) hingga ekstrem (*extreme risk*).

Oleh karena itu, implikasi praktis utama dari penelitian ini adalah menyajikan draf dan basis data komprehensif bagi kontraktor pelaksana untuk menyusun dokumen RKK substantif yang memenuhi amanat Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (Permen PUPR) Nomor 10 Tahun 2021 tentang Pedoman Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi (SMKK) (Permen PUPR No. 10 Tahun 2021). Kontribusi konkret hasil analisis HIRARC ini terhadap komponen RKK meliputi:

1. Elemen Identifikasi Bahaya dan Penilaian Risiko

Kontraktor dapat langsung mengadopsi matriks pemetaan risiko dalam penelitian ini sebagai bagian utama dari dokumen RKK untuk memetakan fase-fase kritis pada struktur bawah (*sub-structure*) dan struktur atas (*super-structure*).

2. Formulasi Sasaran dan Program Keselamatan

Usulan mitigasi berbasis hierarki kontrol seperti pemasangan dinding penahan tanah (*shoring*) pada galian pondasi serta penggunaan *electric winch system* yang terkalibrasi untuk menggantikan katrol manual dapat dijadikan landasan dalam menyusun Standard Operating Procedure (SOP) dan penetapan target *zero accident* pada rencana mutu K3 konstruksi.

3. Perencanaan Biaya SMKK

Rekomendasi teknis seperti pengadaan jaring pengaman (*safety net*) bentang lebar di bawah dek jembatan dan penyediaan perlengkapan komunikasi radio (HT) memberikan acuan yang jelas bagi kontraktor dalam mengalokasikan anggaran biaya K3 secara akurat di dalam dokumen RKK, sehingga implementasi keselamatan di lapangan tidak terkendala oleh faktor finansial.

5.9.2 Dampak Penerapan Ganda Perlindungan (*Double Protection*) bagi Budaya Keselamatan Tenaga Kerja

Karakteristik geografis dan teknis Jembatan Ciharuman memicu adanya bahaya kombinasi (*combined hazards*), di mana pekerja struktur atas tidak hanya dihadapkan pada risiko jatuh dari ketinggian ekstrem, melainkan juga risiko tenggelam atau terbentur arus deras sungai di bawahnya. Hasil penelitian ini merumuskan solusi mitigasi berupa implementasi sistem perlindungan ganda (*double protection system*). Penerapan ganda perlindungan ini diwujudkan secara struktural melalui penggunaan *wire rope* sekunder yang independen saat proses penarikan kabel utama, serta secara personal melalui integrasi wajib antara *full body harness* dengan *double lanyard* dan *life jacket* (pelampung otomatis) bagi pekerja di bentang jembatan.

Penerapan sistem *double protection* ini memberikan dampak psikologis dan sosiologis yang signifikan terhadap pembentukan budaya keselamatan (*safety culture*) tenaga kerja di lokasi proyek:

1. Peningkatan Rasa Aman dan Fokus Kerja

Adanya perlindungan berlapis mengurangi kecemasan psikologis para pekerja saat beroperasi di area ekstrem. Rasa aman yang meningkat secara linear berdampak positif pada konsentrasi kerja, sehingga meminimalkan potensi

kesalahan manusia (*human error*) yang dipicu oleh faktor kepanikan atau kelelahan fisik di ketinggian.

2. Pergeseran Paradigma Kepatuhan APD

Kewajiban menggunakan perpaduan *harness* dan *life jacket* secara simultan melatih kedisiplinan pekerja untuk beralih dari kepatuhan terpaksa (*enforced compliance*) menjadi kepatuhan berbasis kebutuhan (*behavior-based safety*). Melihat adanya perlindungan nyata dari sistem *wire rope* sekunder memicu kesadaran kolektif bahwa aspek K3 merupakan instrumen pelindung nyawa, bukan sekadar beban kerja.

3. Penguatan Interaksi Pengawasan (*Stop Work Authority*)

Standar perlindungan ganda ini menciptakan indikator visual yang jelas di lapangan. Pengawas maupun sesama rekan kerja dapat dengan mudah mengidentifikasi jika ada personil yang belum mengaplikasikan proteksi ganda secara lengkap, sehingga menguatkan implementasi kebijakan hak penghentian kerja (*Stop Work Authority*) demi mencegah terjadinya fatalitas kerja.

5.10 Limitasi dan Kekurangan Penelitian

Setiap penelitian ilmiah tidak luput dari adanya keterbatasan maupun hambatan teknis yang dihadapi selama proses pengambilan data dan analisis di lapangan. Dalam konteks analisis manajemen risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) menggunakan metode *Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control* (HIRARC) pada proyek Pembangunan Jembatan Gantung Ciharuman, terdapat beberapa batasan eksternal maupun internal yang memengaruhi ruang lingkup generalisasi hasil penelitian. Penjelasan mengenai limitasi dan kekurangan tersebut dijabarkan pada sub-bab di bawah ini guna memberikan panduan objektif bagi penelitian selanjutnya.

5.10.1 Keterbatasan Durasi Pengamatan Visual Aktual Lapangan

Proses identifikasi bahaya (*hazard identification*) dan penilaian perilaku tidak aman (*unsafe acts*) dari tenaga kerja pada proyek ini sangat bergantung pada metode observasi visual langsung (data primer) di lokasi konstruksi. Keterbatasan utama dalam sub-tahapan ini meliputi:

1. Dinamika Aktivitas Siklus Konstruksi

Pengamatan visual aktual di lapangan dilakukan dalam rentang waktu yang terbatas dan tidak mencakup seluruh durasi operasional proyek secara horizontal selama 24 jam penuh. Kondisi ini menyebabkan fluktuasi perilaku pekerja terkait kepatuhan penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) atau penerapan *Standard Operating Procedure* (SOP) di luar jam pengamatan peneliti tidak dapat terekam secara menyeluruh.

2. Pengaruh Kehadiran Peneliti (*Hawthorne Effect*)

Terdapat kemungkinan terjadinya bias perilaku di mana para pekerja cenderung meningkatkan kedisiplinan dan kesadaran K3 secara temporer ketika menyadari sedang berada di bawah pengamatan visual langsung oleh peneliti, sehingga data perilaku berisiko murni berpotensi tidak menggambarkan secara absolut.

3. Faktor Mikroklimat dan Hidrologis Spontan

Karakteristik cuaca lokal di wilayah perbatasan Pangandaran-Tasikmalaya serta fluktuasi debit air sungai yang berubah sangat cepat (dinamis) terkadang membatasi kontinuitas observasi visual pada item pekerjaan kritis struktur atas, seperti ereksi menara (*pylon*) dan penarikan kabel utama.

5.10.2 Hambatan Aksesibilitas Geografis dalam Validasi Komponen Mekanis Kabel Utama

Jembatan Gantung Ciharuman dirancang sebagai struktur jembatan gantung asimetris dengan panjang bentang utama sebesar 24 meter. Letak geografisnya yang ekstrem membentang di atas aliran sungai dinamis dan diapit oleh area tebing yang curam menimbulkan hambatan aksesibilitas yang signifikan bagi peneliti:

1. Keterbatasan Validasi Fisik pada Ketinggian

Peneliti mengalami keterbatasan akses fisik secara langsung untuk mendekati dan memvalidasi kondisi komponen mekanis kabel utama (*main cable*) serta kabel penggantung (*hanger*) yang berada pada elevasi tinggi dan ruang udara bebas di atas sungai. Pengamatan pada titik sambungan mekanis, tingkat kekencangan kabel, serta potensi slip pada klem kabel hanya dapat dilakukan dari jarak jauh atau berdasarkan dokumen teknis sekunder.

2. Ketiadaan Instrumen Pengujian Khusus (Non-Destruktif)

Lingkup penelitian ini dibatasi pada aspek manajemen keselamatan berbasis HIRARC dan tidak melibatkan instrumen pengujian mekanika struktural lanjut seperti *Ultrasonic Testing* atau *Magnetic Particle Inspection* untuk memvalidasi integritas mikro dari kabel baja utama. Hambatan geografis dan keterbatasan alat angkat di lokasi proyek mempersulit penempatan sensor monitoring jangka panjang, sehingga penilaian risiko mekanis yang dilakukan bersifat semi-kuantitatif yang didasarkan atas kombinasi *expert judgement*, serta observasi makro di lapangan.