

Metode Pelaksanaan Pekerjaan *Erection* Struktur Baja pada Fasilitas *Refinery* (Studi Kasus: RDMP Kilang Pertamina Balikpapan)

Angellia Natal Adelina Hutahaeen*, Jimmy Chandra

Program Studi Program Profesi Insinyur, Fakultas Biosains, Teknologi, dan Inovasi,
Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya, Jalan Jenderal Sudirman 51 Jakarta 12930

Article Info	Abstract
<i>Article history:</i> Received November, 21 2025 Accepted November, 26 2025 <i>Keywords: Method, Steel Structure, Refinery.</i>	<i>The Refinery EPC Project is a construction project with a high level of complexity. Steel structure installation is one of the main tasks, and steel structures being used in several main facilities at the refinery. The purpose of this study is to identify efficient methods for carrying out work on the Refinery EPC Project. The methods used in this study were literature review and data collection through direct observation of the work area, and the information obtained will be compile into a document. The results of this study was the steel structure erection method is carried out systematically and sequentially, and that quality control stages are an important part of carrying out each stage of work with reference to the approved ITP. The recommended stage from this study is the Ground Assembly stage, which is related to reducing the risk of work accidents and the efficiency of crane mobility time.</i>

Info Artikel	Abstrak
<i>Histori Artikel:</i> Diserahkan: 21 November 2025 Diterima: 26 November 2025 <i>Kata Kunci: Metode, Struktur Baja, Refinery.</i>	Proyek EPC <i>refinery</i> merupakan salah satu proyek konstruksi dengan skala kompleksitas yang tinggi. Instalasi struktur baja menjadi salah satu pekerjaan utamanya, struktur baja digunakan pada beberapa fasilitas utama di <i>refinery</i> . Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan metode pelaksanaan pekerjaan yang lebih efisien pada proyek EPC <i>Refinery</i> . Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan melakukan kajian pustaka dan pengumpulan data dengan meninjau langsung area pekerjaan, dan hasil informasi yang didapatkan akan dibentuk menjadi dokumen. Dari hasil penelitian ini didapatkan hasil yaitu metode pelaksanaan <i>erection</i> struktur baja dilakukan secara sistematis dan berurutan dan tahapan pengendalian mutu menjadi bagian penting dalam menjalankan setiap tahapan pekerjaan dengan mengacu pada ITP yang telah disetujui sebelumnya. Tahapan rekomendasi yang didapatkan dari penelitian ini adalah tahapan <i>ground assembly</i> , hal ini berkaitan dengan pengurangan risiko kecelakaan kerja serta efisiensi waktu mobilitas <i>crane</i> .

1. PENDAHULUAN

Proyek *Engineering, Procurement and Construction (EPC) refinery* adalah salah satu proyek berskala besar dengan kompleksitas yang tinggi. Proyek ini berjalan dari hasil kolaborasi dari beberapa disiplin kerja, mulai dari sipil, struktur, mekanikal, elektrikal hingga instrument. Dimana semua disiplin ini harus terintegrasi dengan tepat untuk mencapai target biaya, waktu, mutu dan keselamatan kerja proyek.

*Corresponding author. Angellia Natal Adelina Hutahaeen
Email address: angellianatal14@gmail.com

Salah satu disiplin yang ada yaitu struktur baja / *steel structure*, disiplin ini memiliki peran yang sangat penting sebagai penopang utama fasilitas di *refinery* unit seperti *piperack*, *equipment structure*, *platform*, dan *pipe support*. Pekerjaan struktur baja memiliki tingkat presisi yang tinggi, dimulai dari tahap fabrikasi hingga tahapan pemasangan / *erection*, sehingga adanya kesalahan kecil selama perencanaan hingga pelaksanaan dapat mengakibatkan dampak yang signifikan pada kelanjutan pekerjaan disiplin lain.

Dalam pelaksanaan pekerjaan struktur baja, pengendalian mutu memiliki peran penting, untuk memastikan tahapan pekerjaan sesuai dengan metode, standar desain dan spesifikasi teknis yang sudah disetujui. Perencanaan struktur baja di Indonesia diatur oleh peraturan Standar Nasional Indonesia (SNI), yaitu Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung pada SNI-03-1729-2020, sedangkan untuk peraturan internasional dikeluarkan oleh *American Institute of Steel Construction* (AISC).

Kegiatan utama dari disiplin ini adalah pekerjaan *erection* struktur baja yang dilakukan secara berurutan dimulai dengan *chipping* dan *padding* pondasi, *pumpness / verticality*, *bolt tightening*, *grouting*, dan *final inspection*. Pada praktiknya, proyek EPC *refinery* masih sering menghadapi permasalahan dalam pelaksanaannya seperti kesalahan dalam metode pelaksanaan keterlambatan pekerjaan, *re-work*, dan meningkatnya risiko keselamatan kerja.

Oleh karena itu, penting untuk melakukan perencanaan metode pelaksanaan yang baik dan jelas. Perencanaan ini terdiri dari urutan pekerjaan, tahapan pemeriksaan mutu, mobilisasi penggunaan alat dan pekerja lapangan dan analisis aspek K3 yang tepat pada tahapan pekerjaan *erection* struktur baja.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi berupa rekomendasi metode pelaksanaan pekerjaan struktur baja yang lebih efektif dan efisien di proyek EPC *refinery* dan hasil penelitian ini diharapkan dapat membantu meminimalkan terjadinya keterlambatan pekerjaan, meningkatkan mutu serta keselamatan dari pelaksanaan pekerjaan struktur baja di masa yang mendatang.

2. STUDI LITERATUR

2.1. Metode Pelaksanaan Pekerjaan

Metode pelaksanaan adalah prosedur atau tata cara pelaksanaan pekerjaan yang dilaksanakan secara urut dan sesuai dengan teknis untuk mencapai suatu tujuan yang telah ditetapkan sebelumnya. Metode pelaksanaan pekerjaan yang digunakan dalam suatu proyek juga menjadi cerminan profesionalitas dari tim pelaksana proyek yang bersangkutan (Jawat, I Wayan, 2017).

Penentuan metode pelaksanaan pekerjaan sangat penting dilakukan sebelum pelaksanaan pekerjaan dilakukan, hal ini berkaitan dengan menentukan jadwal proyek, bahan pertimbangan biaya proyek dan penyediaan tenaga kerja, bahan, peralatan kerja serta penentuan penyelesaian suatu pekerjaan (Jawat, I Wayan, 2017). Penggunaan metode kerja yang kurang tepat akan menimbulkan dampak langsung pada keterlambatan waktu penyelesaian pekerjaan proyek, penambahan biaya.

2.2. Erection Struktur Baja

Erection / Instalasi struktur baja adalah proses pekerjaan yang bertujuan untuk merangkai / merakit beberapa material baja yang telah selesai dikerjakan di tempat fabrikasi dan menjadi suatu struktur lengkap di lapangan. Pekerjaan *erection* struktur baja merupakan pekerjaan yang berisiko tinggi sehingga diperlukan penentuan metode pelaksanaan pekerjaan *erection* yang sesuai dengan situasi kondisi lapangan (Sumaidi, M.D., 2020).

2.3. Pengendalian Mutu Pekerjaan *Erection* Struktur Baja

Pengendalian mutu atau *quality check* memiliki peran penting dalam proses pekerjaan erection struktur baja. Tahapan ini menjadi penentu pekerjaan telah dilakukan sesuai dengan metode, standar desain, dan spesifikasi teknis yang sudah disetujui. Dalam pelaksanaan pekerjaan erection struktur baja beberapa sumber peraturan dan spesifikasi yang menjadi acuan adalah sebagai berikut:

- Tata cara perencanaan struktur baja untuk bangunan gedung pada SNI-03-1729-2020.
- *American Institute of Steel Construction (AISC) "Specification for Structural Steel Building (ANSI/AISC 303, AISC 360-10 dan AISC 348).*

2.4. Penerapan K3 dalam Pelaksanaan Pekerjaan

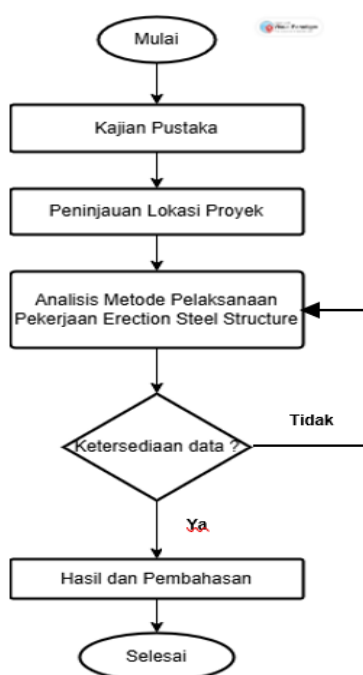
Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) menjadi faktor penting dalam menjalankan proyek konstruksi. Peran K3 dalam proyek konstruksi adalah untuk melindungi tenaga kerja atas keselamatan dalam bekerja dan menjaga produktivitas suatu pekerjaan, sehingga tingkat produktivitas maksimal dapat dicapai jika implementasi K3 dijalankan dengan baik.

Salah satu komponen dari penerapan K3 adalah *Job Safety Analysis (JSA)*. *Job Safety Analysis* adalah salah satu cara untuk identifikasi bahaya serta hasil dari pengkajian ulang metode pekerjaan yang tidak aman. JSA sendiri memiliki fungsi untuk pengendalian risiko dari suatu pekerjaan dan sebagai salah satu Langkah pencegahan terjadinya kecelakaan kerja Umam, Khotibul, 2020).

Job Safety Analysis (JSA) terdiri dari tahapan pekerjaan, identifikasi sumber bahaya pekerjaan, identifikasi risiko pekerjaan, identifikasi akibat pekerjaan, identifikasi penilaian risiko pekerjaan, dan rekomendasi tindakan pengendalian pekerjaan.

3. METODE PELAKSANAAN PENELITIAN

Tahapan dari penelitian ini dapat dilihat pada diagram alir berikut:



Gambar 1.
Diagram Alir Penelitian

Penjelasan dari tahapan penelitian yang terdapat pada Gambar 1 adalah sebagai berikut:

1. Kajian Pustaka

Tahapan ini adalah untuk mempelajari teori, standar dan referensi yang berkaitan dengan pekerjaan *erection* struktur baja, metode pelaksanaan pekerjaan dan pengendalian mutu pekerjaan struktur baja di Proyek EPC *refinery*.

2. Peninjauan Lokasi Proyek

Peninjauan lokasi proyek dilakukan untuk melakukan studi dokumen proyek, gambar teknis, spesifikasi teknis dan mendapatkan data kondisi lapangan yang berkaitan dengan pekerjaan struktur baja.

3. Analisis Metode Pelaksanaan Pekerjaan *Erection* Struktur Baja

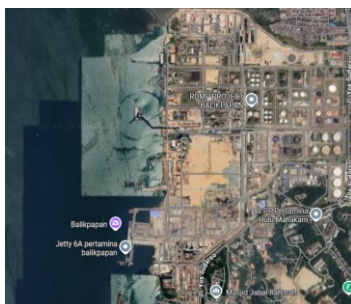
Data yang telah dikumpulkan sebelumnya akan dianalisis untuk mengetahui kesesuaian metode pelaksanaan yang digunakan sesuai dengan standar, urutan kerja, pengendalian mutu dan penerapan K3 di lapangan.

4. Hasil dan Pembahasan

Pada tahapan ini akan dijelaskan mengenai hasil analisis dari metode pelaksanaan pekerjaan serta pembahasan efektivitas metode, kendala, dan peluang dari perbaikan metode pekerjaan *erection* struktur baja dan diakhiri dengan penarikan kesimpulan dan saran berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan.

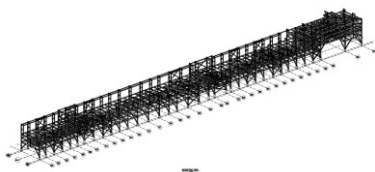
3.1. Metode Pelaksanaan Pekerjaan

Lokasi pelaksanaan dari penelitian ini adalah Proyek *Refinery Development Muster Plan* (RDMP) Kilang Pertamina Balikpapan, dengan spesifikasi unit yaitu Fasilitas *Piperack* XXX.



Gambar 2.

Peta Lokasi Penelitian RDMP Balikpapan
(Sumber: Google Maps, 2025)



Gambar 3.

Shopdrawing Piperack XXX RDMP Balikpapan

3.2. Gambaran Perusahaan

Refinery Development Muster Plan Joint Operation (RDMP JO) Kilang Pertamina Balikpapan merupakan salah satu Proyek Strategis Nasional Indonesia, yang mana proyek

ini memiliki visi untuk meningkatkan kapasitas dari hasil pengolahan Kilang Pertamina Balikpapan (Eprilia, Farina Firda., 2021). RDMP JO sebagai kontraktor utama dari proyek ini, menaungi beberapa sub-kontraktor dari berbagai bidang disiplin. Salah satunya yaitu Sub Kontraktor PT Inbang Duta Firza JO, yang merupakan perusahaan kontraktor yang bergerak di bidang konstruksi Struktur, Mekanikal, Pipa (SMP).

3.3. Metode Pelaksanaan Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah deskriptif kualitatif dengan melakukan kajian pustaka dan pengumpulan data dengan meninjau langsung area pekerjaan erection struktur baja. Informasi didapatkan dari observasi secara langsung dan dokumentasi kegiatan pekerjaan, dari informasi tersebut akan dibentuk menjadi dokumen.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Data Pekerjaan Pelaksanaan *Erection Piperack*

Pada pelaksanaan *erection piperack* pada proyek RDMP JO Balikpapan memiliki data pekerjaan sebagai berikut:

- Material konstruksi baja yang digunakan H700, H588, H450, H400, H350, H300, H200, CNP200, CNP150, CNP75 dengan tonasi material yaitu 1055 ton.
- Jumlah pondasi pedestal adalah sebanyak 74 titik.
- Gambar teknik/*shop drawing* dan perlengkapan kerja lapangan.
- Kebutuhan tenaga kerja dan alat pelindung diri pekerja.
- Mobilisasi alat berat yang digunakan selama pekerjaan

4.2. Analisis Pekerjaan Pelaksanaan *Erection Piperack*

Berikut ini adalah tabel proses pelaksanaan *erection* Unit PR. XXX di Proyek RDMP JO Balikpapan:

Tabel 1.

Tabel Tahapan Pelaksanaan *Erection Piperack*

No	Item Pekerjaan
1.	Pembongkaran Material / <i>Loading-Unloading</i>
2.	<i>Chipping</i> dan <i>Padding</i> Pondasi
3.	Persiapan Pekerjaan Pengangkatan / <i>Erection</i>
4.	<i>Ground Assembly</i> Material
5.	<i>Main Frame Erection – Column Erection</i>
6.	<i>Main Frame Erection – Girder, Beam, Brace Erection</i>
7.	<i>Plumbness</i> / Vertikaliti Kolom
8.	Pengencangan Baut / <i>Bolt Tightening</i>
9.	Pengecoran/ <i>Grouting</i> Pondasi

Pembongkaran Material / *Loading-Unloading* sebagai berikut:

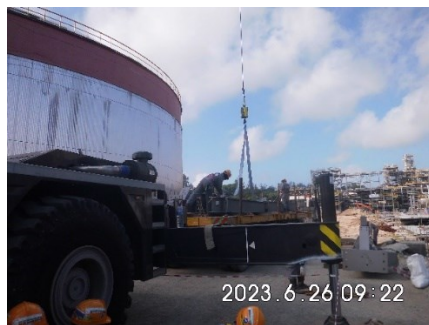
- a. Pastikan tempat pembongkaran material baja sudah siap.
- b. Pastikan *crane* beserta alat angkat yang akan digunakan selama pembongkaran telah lolos inspeksi.
- c. Lakukan perencanaan simulasi pengangkatan material menggunakan *crane* yang akan digunakan.
- d. Bongkar pelat baja terlebih dahulu sebagai akses jalan bagi *trailer* dan *crane*.

- e. Bongkar material struktur baja satu per satu dari dalam *trailer* dan tempatkan pada area yang sudah disiapkan.
- f. Tutup dan bentangkan *barricade* pada setiap tumpukan material yang telah selesai disusun.



Gambar 4.

Peta Rencana Penempatan Material Sementara
(Sumber: Dokumentasi Penulis, 2025)



Gambar 5.

Pembongkaran Material *Onsite*
(Sumber: Dokumentasi Penulis, 2025)

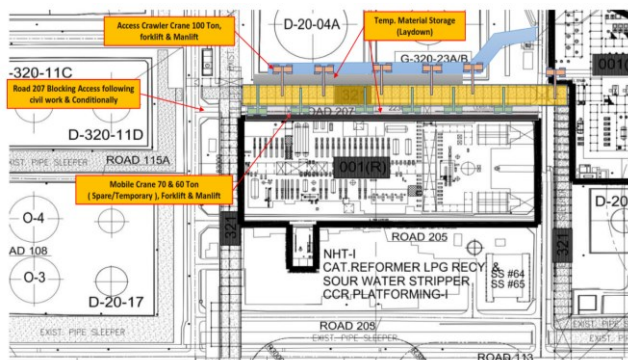
Chipping dan *Padding* Pondasi sebagai berikut:

- a. Pastikan pondasi telah lolos inspeksi dari tim sipil sebelumnya.
- b. Lakukan pengikisan/*chipping* pondasi sampai mencapai tingkat kekasaran yang diinginkan dan sampai permukaan kerikil terlihat.
- c. Cek dan pastikan jarak lubang angkur dan baut angkur sesuai dengan *shop drawing*.
- d. Setelah pengikisan selesai, bersihkan debu dan puing-puing dengan menggunakan sikat kawat.
- e. Berikan air dan jaga kondisi pondasi tetap basah setelah pekerjaan pengikisan.
- f. Lakukan *joint survey* untuk menentukan elevasi dan *center line* pada setiap pondasi pedestal.
- g. Letakkan *padding plate*/pelat pada posisi dimana beban material akan ditimpakan dengan menggunakan campuran SIK 215.
- h. Lakukan inspeksi leveling untuk mendapatkan *Top Padding Elevation* (TOP) dengan menggunakan alat level yang telah dikalibrasi.

Persiapan Pekerjaan Pengangkatan / *Erection* sebagai berikut:

- a. Persiapkan lokasi akses dan penempatan *crane* pada area kerja.
- b. Lakukan pembongkaran material yang akan dipasang pada posisi masing-masing agar proses *erection* menjadi lebih efisien.

- c. Persiapkan semua peralatan pengangkatan (*crane, shackle, webbing sling, chain block*) dan pastikan semua peralatan telah lolos inspeksi.
- d. Setiap rencana pekerjaan disesuaikan dengan gambar rencana kerja pengangkatan yang telah disusun, dengan peta rencana lokasi akses yang ada pada Gambar 6 berikut:



Gambar 6.

Peta Rencana Lokasi Akses Alat Berat

(Sumber: Dokumentasi Penulis, 2025)

Ground Assembly Material sebagai berikut:

- a. Lakukan penggabungan / *fit-up* material kolom dan girder menjadi satu rangkaian / *frame* dipermukaan tanah dengan menggunakan bantuan *crane* dan ikatkan *webbing sling* sesuai kapasitas yang diperlukan.
- b. Pasang *life-line* dari *scaffolding* sebagai akses untuk melakukan pengencangan baut secara lengkap dan inspeksi baut oleh tim QC.
- c. Sambungkan antar material dengan menggunakan baut dan nut yang telah disediakan sebelumnya, dan pastikan baut telah dikencangkan 60% - 80% dari kekuatan baut yang ditentukan.
- d. Pada setiap pengangkatan material, pastikan lakukan pemasangan *take-line* di setiap ujung material untuk mengarahkan material agar lebih stabil dan aman pada saat proses pengangkatan.

Main Frame Erection – Column Erection sebagai berikut:

- a. Ikatkan *webbing sling* pada frame / kolom yang telah siap untuk dipasang.
- b. Pastikan baut dan nut angkur telah lengkap di pondasi.
- c. *Erection* / lakukan pengangkatan kolom secara perlahan menuju pondasi pedestal.
- d. Turunkan material secara perlahan, sampai baut angkur telah masuk pada lubang *base-plate*, seperti yang tertera pada Gambar 7 berikut:



Gambar 7.

Erection Kolom

(Sumber: Dokumentasi Penulis, 2025)

- e. Setelah pengangkatan selesai, lepaskan *webbing sling* dengan menggunakan bantuan *manlift* / *scaffolding* sementara.
- f. Setelah posisi kolom telah presisi dan aman, lakukan pengencangan baut angkur dengan menggunakan kunci pas sesuai diameter baut angkur.
- g. Pasang dan ikatkan *lacing*/kabel sementara di antara kedua sisi kolom ke pondasi terdekat untuk menjaga posisi kolom tetap seimbang dan tegak.

Main Frame Erection – Girder, Beam and Brace Erection sebagai berikut:

- a. *Girder, beam* dan *Brace* adalah material prioritas yang harus dipasang setelah kolom / *frame* telah berdiri dengan baik.
- b. Ikatkan *webbing sling* pada material, dan pastikan pemasangan *take-line* di setiap ujung material untuk mengarahkan material agar lebih stabil dan aman pada saat pengangkatan.
- c. Lakukan pengangkatan material dan pasang sesuai dengan gambar kerja.



Gambar 8. Erection Beam

(Sumber: Dokumentasi Penulis, 2025)

- d. Arahkan pekerja untuk memasang dan mengencangkan baut sementara pada setiap sambungan dengan menggunakan bantuan *manlift* / *scaffolding* sementara.
- e. *Webbing sling* dapat dilepaskan setelah semua sambungan material telah dikencangkan dan material terpasang dengan baik.
- f. Pemasangan material ini dilakukan secara parsial dan berurutan sesuai dengan rencana tahapan pemasangan.

Plumbness / Vertikaliti Kolom sebagai berikut:

- a. Persiapkan dan pastikan alat *survey (digital theodolite)* yang akan digunakan telah terkalibrasi.
- b. Pastikan semua material *piperack* telah terpasang sebelum *plumbness*/vertikaliti dilakukan.
- c. Lakukan pengecekan dan lengkapi baut pada sambungan kolom ke girder atau girder/lateral ke *brace*.
- d. Tim surveyor mengatur posisi dari *digital theodolite* dan menyesuaikan titik fokus laser pada setiap kolom yang akan dicek.
- e. Tim surveyor akan mendapatkan bacaan ambang batas tali dari teleskop *digital theodolite*, lakukan pembacaan dengan menggunakan 2 posisi yang berbeda. Nilai toleransi yang diterima dari vertikaliti adalah sebesar 10 mm.
- f. Setelah posisi kolom telah pasti, tim fitter melakukan pengencangan baut pada kolom lalu dilanjutkan dengan material girder dan lateral diantara kolom.
- g. Ikuti langkah-langkah sebelumnya untuk pengecekan kolom selanjutnya.

Pengencangan Baut / Bolt Tightening sebagai berikut:

- a. Persiapkan dan pastikan peralatan pengencangan baut (*manlift, manbasket, scaffolding* sementara dan mesin *impact/torque wrench*) telah lolos uji inspeksi.

- b. Selama proses pengencangan baut pada kolom, pastikan kolom tetap diikat oleh *wire sling* dan *chain block*.
- c. Lakukan pengencangan baut dari urutan pertama elevasi bawah dan berlanjut ke elevasi atas dan posisi elevasi tengah.



Gambar 9.

Pengencangan Baut pada *Piperack*
(Sumber: Dokumentasi Penulis, 2025)

- d. Tim fitter melakukan pengencangan baut menggunakan mesin *impact* dengan *socket impact* yang sesuai dengan ukuran baut yang terpasang
- e. Tandai nut dan baut yang telah dikencangkan menggunakan spidol untuk memudahkan tim QC melakukan inspeksi
- f. Ikuti langkah-langkah sebelumnya untuk pengencangan baut pada baris selanjutnya

Grouting/Pengecoran Pondasi sebagai berikut:

- a. Sebelum *grouting* dilakukan pastikan telah selesai melakukan pengencangan baut dan lakukan pembersihan pondasi pedestal.
- b. Pasang begisting di sekitar pondasi dengan menggunakan papan triplek ½” .
- c. Campurkan material *grouting* yaitu SIKKA 215 dan air dengan menggunakan bantuan *portable mixer*, pastikan suhu dari material *grouting* tidak lebih dari 32°C gunakan *temperature gun*.
- d. Tuangkan material *grouting* dengan sistem satu kali tuang pada setiap pondasi dan pastikan seluruh permukaan telah tertutup.
- e. Lakukan pengambilan sampel dengan cetakan/*mold* untuk dilakukan *Compressive Strength Test (CST)* 7 hari dan 28 hari oleh tim QC.

Tabel 2.

Inspection and Test Plan (ITP)

(Sumber: *Inspection and Test Plan for Structural Steel Works Project*)

No	Description of Inspection / Test	Reference Document	Acceptance Criteria	Report Form No.
1.	Material Receiving Inspection	Spesification for	Purchase	MVR
	- Verify the material	furnishing structural	order	OSD
	/size/quantity	steel and	Packing list	Report
	- Check for damage	miscellaneous steel	Material	
	- Review the material test report	26071-100-3SS-E15-00001	receiving	
		Spesification for	inspection	
		erection of structural	procedure	
		steel	26071-100-	
		26071-100-3SS-E15-	GQI-GAQ-	
		00002	00009	

Tabel 2. (Lanjutan)*Inspection and Test Plan (ITP)**(Sumber: Inspection and Test Plan for Structural Steel Works Project)*

No	Description of Inspection / Test	Reference Document	Acceptance Criteria	Report Form No.
2.	<i>Foundation Check</i> - <i>Anchor bolt location and projection</i> - <i>Pad Elevation</i>	<i>Spesification for Erection of Structeural Steel</i> 26071-100-3SS-E15-00002 AISC 303	<i>As per IFC Drawing</i>	<i>Survey Report</i>
3.	<i>Erection</i> - <i>Welder Qualification</i> - <i>Fit-up</i> - <i>Final Weld Visual Inspection</i> - <i>NDE</i> - <i>Plumbness & Elevation</i> - <i>Miscellaneous Ladder/Handrail/Grating</i>	<i>Spesification for general welding requirement for struktur baja</i> 26071-1003SS-E15-00004 <i>Spesification for erection of structural steel</i> 26071-100-3SS-E15-00002 AWS D1.1 AISC 360 Sec. N5 AISC 303 <i>Spesification for Erection of Structural Steel</i> 26071-100-3SS-E15-00002 AISC 303 & 360	<i>As per IFC Drawing</i> <i>Applicable WPS</i> <i>Spesification for erection of structural steel</i> <i>IFC Drawing</i>	<i>Welder Certificate</i> ITR-SS-001-02 <i>NDE Report</i> <i>Survey Report</i>
4.	<i>Bolt Tightening</i> - <i>High Strength Bolt</i> - <i>Anchor Bolt</i>	<i>Spesification for Erection of Structural Steel</i> 26071-100-3SS-E15-00002 AISC 348	<i>IFC Drawing</i> <i>DTI Method</i> <i>Snug Tightening</i>	
5.	<i>Grouting</i> - <i>Material Verification</i> - <i>Surface Preparation</i> - <i>Form work</i> - <i>Mixing & Placing</i> - <i>Curing</i> - <i>Compressive Strength Test</i>	<i>Spesification for furnishing and delivery of concrete</i> 26071-100-3SS-E13-00001 ASTM C109 / C109M ASTM C579	<i>Spesification for concrete work and grout</i> 26071-100-3SS-E13-00002 <i>As per applicable code</i>	<i>Lab test report</i>

Tabel 2. (Lanjutan)*Inspection and Test Plan (ITP)*(Sumber: *Inspection and Test Plan for Structural Steel Works Project*)

No	Description of Inspection / Test	Reference Document	Acceptance Criteria	Report Form No.
6.	<i>Painting</i> - <i>Mock Up</i> - <i>Paint Qualification Test</i> - <i>DFT Check</i> - <i>Visual Check</i>	<i>Method Statement for Structural Steel Repair Work</i> 26071-100-GPP-SS01-00001	WMS 6.11 <i>Painting</i>	
7.	<i>Inspection for Final Release</i>	<i>Spesification for Erection of Structural Steel</i> 26071-100-3SS-E15-00002 <i>Spesification for shop and field painting</i> 26071-100-3SS-NX00-00100	IFC Drawing	

4.3. Penerapan *Job Safety Analysis (JSA)* pada Pelaksanaan Pekerjaan *Erection Steel Structure*

Pada pelaksanaan pekerjaan *erection steel structure* terdapat satu dokumen penting yang digunakan untuk identifikasi bahaya serta pengendalian risiko yang disusun sebelum pekerjaan dilakukan. *Job Safety Analysis (JSA)* disusun oleh *Supervisor*, *Supervisor HSE*, dan *Engineer*. Adapun penerapan JSA pada pelaksanaan pekerjaan *erection steel structure* dapat dilihat pada Tabel 3 berikut:

Tabel 3.*Job Safety Analysis dan Manajemen Risiko Pelaksanaan Pekerjaan Erection Steel Structure*

No	Tahapan pekerjaan	Bahaya	Resiko	Akibat	Tindakan Pengendalian
1.	Pembongkaran Material / Loading – Unloading	Slip alat berat Jatuh dari kendaraan pengangkut (<i>trailer</i>) Pekerja terjatuh Tanah tidak stabil Tergelincir	<i>Trailer</i> menabrak pekerja sekitar <i>Trailer</i> slip Material tidak bisa diturunkan dari trailer Kerusakan	Cidera serius / kematian Kerusakan alat dan material	Pastikan area penempatan material siap sebelum pembongkaran Pastikan pekerjaan pembongkaran dilakukan oleh rigger yang bersertifikat Semua alat pengikat pada alat berat telah lolos inspeksi

Tabel 3. (Lanjutan)*Job Safety Analysis dan Manajemen Risiko Pelaksanaan Pekerjaan Erection Steel Structure*

No	Tahapan pekerjaan	Bahaya	Resiko	Akibat	Tindakan Pengendalian
2.	<i>Chipping dan Padding Pondasi</i>	Penyesuaian area pembobokan / <i>chipping</i> Penyesuaian jarak retakan / <i>padding</i>	Terbentur oleh alat kerja (drill) Paparan debu/serpihan beton Tersengat listrik alat	Cidera tangan, cidera kepala, memar Iritasi mata, kulit, gangguan pernapasan Luka bakar Cidera serius/kematian	Pemeriksaan alat kerja secara berkala Penggunaan APD yang sesuai dengan pekerjaan Pastikan <i>power-tools</i> telah lolos inspeksi
3.	Persiapan Pekerjaan Pengangkatan / <i>Erection</i>	Perencanaan penggunaan alat yang salah Peralatan angkat yang tidak memadai Cuaca ekstrem di area kerja	Alat berat amblas Jatuhnya beban material akibat kegagalan alat Kegagalan angkat Pekerja lain memasuki area pengangkatan	Alat berat runtuh/amblas akibat kondisi tanah tidak stabil Tertimpa material dan kerusakan alat Pekerja tertabrak boom crane / tertimpa beban	Melakukan perencanaan untuk pekerjaan pengangkatan Lakukan inspeksi rutin untuk alat beserta peralatan angkat secara rutin Hentikan operasi alat berat saat kondisi cuaca melebihi batas aman Pasang barikade di area kerja crane sesuai dengan jarak aman
4.	<i>Ground Assembly Material</i>	Dokumen penunjang pekerjaan belum mendapatkan persetujuan dari client Persiapan pekerja Persiapan alat Persiapan alat angkat (crane) Komunikasi antara operator crane	Pekerjaan dilakukan tanpa dilengkapi dokumen penunjang pekerjaan Pekerja menggunakan metode kerja yang salah dan tidak aman Alat kerja belum dilakukan	Keterlambatan dalam melakukan pekerjaan akibat kurang persiapan dokumen kerja Pekerja bekerja dengan metode yang salah dapat membahayakan diri sendiri dan orang sekitar Alat yang digunakan	Pastikan semua dokumen penunjang telah disiapkan dan disetujui oleh client Lakukan sesi <i>toolbox meeting</i> setiap hari sebelum memulai pekerjaan untuk memberikan pengarahan tentang metode kerja yang aman Periksa dan pastikan alat yang digunakan telah lolos inspeksi

Tabel 3. (Lanjutan)*Job Safety Analysis dan Manajemen Risiko Pelaksanaan Pekerjaan Erection Steel Structure*

No	Tahapan pekerjaan	Bahaya	Resiko	Akibat	Tindakan Pengendalian
		dan <i>signalman</i>	inspeksi Crane yang digunakan melebihi beban terhadap material yang diangkat <i>Miss-komunikasi</i> diantara operator crane dan <i>signalman</i>	dalam kondisi rusak dan tidak layak pakai Crane terbalik dan patah boom yang mengakibatkan kecelakaan pekerja Terjadi kecelakaan kerja yang mengakibatkan pekerja cidera dan rusaknya material	Pastikan penggunaan alat angkat yang sesuai dengan rencana yang telah disetujui sebelumnya dan telah lulus inspeksi kelayakan Sediakan alat komunikasi radio yang mumpuni sebagai penghubung operator crane dan <i>signalman</i> , pastikan tidak ada pihak lain saat pekerjaan berlangsung
5.	<i>Lifting Work / Erection</i>	Akses crane dan akses jack out rigger tanah yang tidak stabil Persiapan alat kerja (<i>lifting gear, impact, life line</i>) Persiapan pekerja pengangkatan, operator crane Bekerja diatas ketinggian dengan menggunakan <i>manbasket</i> dan perancah	Posisi alat tidak berada pada tanah yang kuat dan stabil Perlengkapan alat kerja tidak layak pakai Pekerja belum menjalani <i>training</i> dan tidak bersertifikat Kondisi <i>manbasket</i> yang tidak layak Kondisi perancah tidak layak	Alat angkat/crane amblas Cidera serius, buta, tidak dapat mendengar Tidak menjalankan pekerjaan sesuai dengan metode kerja yang benar Tali sling yang putus <i>Man-basket</i> yang terjatuh Lantai kerja perancah roboh Pekerja jatuh dari ketinggian	Lakukan pemeriksaan kondisi akses crane sebelum pekerjaan dimulai Pastikan alat kerja telah lolos inspeksi Lakukan <i>training</i> bagi tiap pekerja yang berperan dalam pekerjaan pengangkatan Pastikan <i>manbasket, lifting gear</i> telah lolos inspeksi Lakukan PJSM dan TBM kepada pekerja mengenai metode kerja yang aman Hook lanyard pastikan telah dicantolkan keduanya 100% saat sedang bekerja diketinggian

Tabel 3. (Lanjutan)*Job Safety Analysis dan Manajemen Risiko Pelaksanaan Pekerjaan **Erection Steel Structure***

No	Tahapan pekerjaan	Bahaya	Resiko	Akibat	Tindakan Pengendalian
6.	<i>Plumbness / Vertikaliti Kolom dan Bolt Tightening / Pengencangan Baut</i>	Ketinggian Akses	Jatuh dari ketinggian	Cidera serius, kematian	Pastikan pekerja menggunakan APD lengkap
		Pemasangan Material Kolom	Kolom yang bergeser tiba-tiba	Tertimpa material	Gunakan akses scaffolding yang aman untuk akses kerja
		Kualitas hasil inspeksi	Hasil uji plumbness di luar toleransi		Pastikan alat ukur inspeksi digunakan oleh personil yang terlatih
		Alat pengencang baut terjatuh	Kegagalan structural, sambungan baut rentan		Lakukan pengencangan secara berurutan dan sesuai standar Gunakan sarung tangan pelindung dan kunci torsi mekanis
7.	<i>Grouting</i>	Penggunaan alat kompresor angin elektrik	Mata terkena paparan debu dan paparan angin bertekanan	Cidera serius (luka bakar, luka sengat)	Lakukan PJSM dan TBM kepada pekerja mengenai metode kerja yang aman
			Kesetrum listrik	Kerusakan alat listrik	Pastikan peralatan listrik, kabel, grounding telah lulus inpeksi sebelum digunakan
			Terpeleset, tersandung dan terjatuh		Pengaturan kabel yang baik
		Penggunaan generator dan panel listrik	Kebakaran		Pekerjaan dilakukan oleh orang yang kompeten
		Pekerjaan pemakuan dan pemotongan papan kayu menggunakan palu dan gergaji	Tumpahan solar		Pastikan menggunakan APD yang lengkap dan sesuai
			Tangan / jari terpukul palu dan terkena gergaji	Cidera serius	Waspada penempatan tangan dan jari
			Kaki tertusuk paku		Fokus dan hati-hati saat bekerja
			Tangan / jari terjepit		

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan pada hasil penelitian dan pembahasan mengenai metode pelaksanaan pekerjaan *erection* struktur baja fasilitas *refinery*, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Metode pelaksanaan pekerjaan *erection piperack* yang dilakukan secara sistematis dan berurutan memiliki peranan penting untuk meningkatkan kinerja dalam pelaksanaan proyek keseluruhan. Metode yang dimulai dari pembongkaran material, *chipping* dan *padding* pondasi, persiapan *erection*, *ground assembly* material, *main frame erection*, *plumbness*/vertikaliti kolom, pengencangan baut, *grouting* pondasi terbukti mampu meningkatkan efisiensi waktu pelaksanaan pekerjaan dan menghindari potensi pekerjaan ulang.
2. Tahapan pengendalian mutu / *quality check* dalam pekerjaan ini menjadi tahapan yang penting untuk menjaga kesesuaian mutu pekerjaan sesuai dengan spesifikasi yang berlaku dan secara keseluruhan metode pelaksanaan *erection* struktur baja yang terintegrasi dapat memberikan dampak positif untuk peningkatan efisiensi waktu, mutu, biaya serta keselamatan dalam pelaksanaan pekerjaan proyek EPC *refinery*.

Saran yang dapat diberikan untuk metode pelaksanaan pekerjaan *erection* struktur baja pada fasilitas *refinery* yaitu:

1. Metode tahapan *ground assembly* / penyusunan di permukaan tanah dapat direkomendasikan untuk dilakukan pada pekerjaan berikutnya. Hal ini dikarenakan terbukti efisien untuk mengurangi risiko kerja di ketinggian serta mengurangi waktu crane dalam beroperasi.
2. Diperlukan pemanfaatan sistem digital yaitu *Building Information Modeling* (BIM) dan sistem monitoring berbasis digital untuk mendukung perencanaan dan pengendalian proses pelaksanaan pekerjaan agar lebih efisien.
3. Penelitian selanjutnya disarankan dapat mengkaji perbandingan metode *erection* struktur baja dengan pendekatan atau teknologi yang berbeda pada proyek EPC *refinery* sehingga dapat memperoleh metode alternatif yang lebih efisien dan aplikatif di proyek selanjutnya.

6. DAFTAR PUSTAKA

1. AISC “*Spesification For Structural Steel Building (ANSI/AISC 260-10)*”, American Institute of Steel Construction, USA, 2019.
2. Eprilia, Farina Firda. (2021). Pembangunan Infrastruktur Refinery Development Master Plan di Balikpapan Sebagai Sarana Ketahanan Energi dan Revitalisasi Ekonomi. *Jurnal Hukum Lingkungan Tata Ruang dan Agraria*, 1(2): 247-264.
3. Jawat, I Wayan. (2017). Metode Pelaksanaan Konstruksi Revetment. *Jurnal Paduraksa*, 6(2): 161-177.
4. Sumaidi, M. D (2020). Perencanaan Jembatan Steel Box Girder Tipe Komposit Dua Material Baja Beton Dengan Dua Gelagar Seragam. *Jurnal Envirotek*, 10(2): 18-26.
5. Umam, Khotibul. (2020). Kajian Sistem Manajemen K3 dan Tingkat Kecelakaan Kerja Pada Pekerjaan Struktur Baja di PLTU Tanjung Jati B Unit 5 & 6 Jepara. *Jurnal Disportek*, 22(2): 93-101.