

Analysis Of Damage Bridge At Tanjung Perak Terminal With Failure Mode And Effect Analysis Method

Analisis Kerusakan Jembatan Timbangan Di Terminal Tanjung Perak Dengan Metode Failure Mode And Effect Analysis

Raihan Daru Bimantoro, Iriani

**Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik & Sains
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur
Jl. Rungkut Madya Surabaya 60294**

Email: 22032010021@student.upnjatim.ac.id

Abstract - Tanjung Perak Port, Surabaya is one of the main ports in Indonesia that has a strategic role in supporting the distribution of goods and passenger transportation in the eastern region. This article analyzes the potential damage to the weighbridge at the Tanjung Perak Passenger Terminal, especially on the Support Beam and Checkered Plate components, to provide solutions that improve operational safety and service efficiency. The Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) method is used to identify major failure modes such as wear and deformation, with priority recommendations for repair and maintenance of major components. The analysis was carried out on the Support Beam and Checkered Plate components, identifying potential damage in the form of cracks, deformation, wear, and cracks. The FMEA results show that wear on the Checkered Plate has the highest Risk Priority Number (RPN) value (336), followed by deformation on the Support Beam (294), which indicates a significant risk to operational safety. This damage is caused by overload, corrosion, repetitive stress, and uneven load distribution. The implementation of mitigation measures is expected to support optimal terminal management, improve facility reliability, and ensure safer operations for port service users.

Keywords: FMEA, Weighbridge, RPN, Tanjung Perak Passenger Terminal

Abstrak - Pelabuhan Tanjung Perak, Surabaya adalah salah satu pelabuhan utama Indonesia yang memiliki peran strategis dalam mendukung distribusi barang dan transportasi penumpang di kawasan timur. Artikel ini menganalisis potensi kerusakan pada jembatan timbang di Terminal Penumpang Tanjung Perak, khususnya pada komponen *Support Beam* dan *Plat Bordes*, untuk memberikan solusi yang meningkatkan keselamatan operasional dan efisiensi pelayanan. Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) digunakan untuk mengidentifikasi mode kegagalan utama seperti keausan dan deformasi, dengan rekomendasi prioritas pada perbaikan dan pemeliharaan komponen utama. Analisis dilakukan pada komponen *Support Beam* dan *Checkered Plate*, mengidentifikasi potensi kerusakan berupa retak, deformasi, keausan, dan keretakan. Hasil FMEA menunjukkan bahwa keausan pada *Checkered Plate* memiliki nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi (336), diikuti oleh deformasi pada *Support Beam* (294), yang menunjukkan risiko signifikan terhadap keselamatan operasional. Kerusakan ini disebabkan oleh beban berlebih, korosi, tegangan berulang, dan distribusi beban yang tidak merata. Implementasi langkah-langkah mitigasi diharapkan dapat mendukung pengelolaan terminal secara optimal, meningkatkan keandalan fasilitas, dan memastikan operasional yang lebih aman bagi pengguna jasa pelabuhan.

Kata Kunci: FMEA, Jembatan Timbang, RPN, Terminal Penumpang Tanjung Perak

1. PENDAHULUAN

Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya merupakan salah satu pelabuhan terbesar dan paling strategis di Indonesia, yang menjadi pintu gerbang utama distribusi barang serta transportasi penumpang di kawasan timur Indonesia [1]. Dengan peran yang sangat vital, pelabuhan ini memiliki volume lalu lintas kendaraan dan barang yang tinggi setiap harinya. Terminal Penumpang Tanjung Perak tidak hanya melayani perpindahan penumpang antar pulau,

tetapi juga kendaraan pribadi, bus, truk, dan barang logistik yang diangkut oleh kapal feri maupun kapal Roro (*Roll-on/Roll-off*). Dalam mendukung kelancaran proses operasional, salah satu fasilitas utama yang harus berfungsi optimal adalah jembatan timbang. Fasilitas ini berfungsi untuk mengukur berat kendaraan dengan akurat sebelum masuk atau keluar dari area pelabuhan. Keakuratan pengukuran ini penting untuk memastikan bahwa setiap kendaraan mematuhi batas kapasitas yang diizinkan, sehingga

mencegah terjadinya kelebihan muatan yang dapat membahayakan keselamatan dan efisiensi operasional Pelabuhan.

Terminal penumpang dan Roro di Tanjung Perak merupakan salah satu fasilitas penting di pelabuhan terbesar di Indonesia. Terminal ini melayani berbagai jenis transportasi laut, termasuk penumpang dan kendaraan berat melalui kapal feri. Dengan infrastruktur modern, terminal ini dirancang untuk mendukung arus lalu lintas penumpang dan barang secara efisien. Operasional terminal melibatkan berbagai aktivitas mulai dari *check-in* penumpang hingga penanganan barang. Proses ini mencakup pengawasan muatan kendaraan menggunakan jembatan timbang untuk memastikan kepatuhan terhadap regulasi berat muatan [2].

Kajian menunjukkan bahwa pengawasan yang efektif di terminal dapat mengurangi pelanggaran muatan berlebih pada kendaraan yang melintasi jalan nasional Jembatan timbang memiliki peran krusial dalam terminal penumpang dan Roro dengan memastikan bahwa semua kendaraan yang masuk memenuhi batas berat yang ditetapkan [3]. Hal ini tidak hanya mencegah kerusakan infrastruktur tetapi juga meningkatkan keselamatan perjalanan. Dengan adanya jembatan timbang, terminal dapat melakukan pemantauan lalu lintas angkutan barang secara efektif serta mengawasi kepatuhan terhadap regulasi yang berlaku.

Jembatan timbang adalah alat yang digunakan untuk mengukur berat kendaraan, termasuk muatannya, dengan tujuan memastikan bahwa beban yang diangkut tidak melebihi batas yang ditetapkan [1]. Fungsi utama dari jembatan timbang adalah untuk menjaga keselamatan jalan dan infrastruktur dengan mencegah kendaraan kelebihan muatan. Studi menunjukkan bahwa kelebihan muatan dapat menyebabkan kerusakan signifikan pada jalan dan jembatan, serta meningkatkan risiko kecelakaan. Komponen utama dari jembatan timbang meliputi platform penimbangan, sistem pengukuran (baik mekanik maupun elektronik), dan perangkat lunak untuk menampilkan hasil pengukuran.

Namun, jembatan timbang di Terminal Penumpang Tanjung Perak tidak luput dari berbagai masalah teknis yang dapat mengganggu kinerjanya. Kerusakan yang terjadi pada jembatan timbang dapat menimbulkan berbagai dampak negatif, seperti ketidakakuratan hasil penimbangan yang berpotensi menyebabkan pelanggaran batas muatan [4]. Hal ini dapat mengakibatkan gangguan operasional yang serius, seperti antrean panjang kendaraan, waktu

tunggu yang lebih lama, hingga keterlambatan dalam pengangkutan barang dan penumpang. Beberapa faktor penyebab kerusakan yang umum terjadi meliputi keausan pada komponen mekanis karena beban yang berlebihan, gangguan pada sensor beban akibat getaran atau benturan, kerusakan sistem elektronik akibat fluktuasi listrik, serta pengaruh lingkungan seperti korosi yang disebabkan oleh paparan air laut dan kelembaban tinggi di sekitar pelabuhan. Jika kerusakan ini tidak segera diperbaiki, gangguan operasional yang berkepanjangan dapat terjadi, yang pada akhirnya akan berdampak pada penurunan kualitas pelayanan dan kerugian finansial bagi pengelola maupun pengguna jasa pelabuhan [5].

Untuk menghadapi tantangan tersebut, diperlukan suatu analisis yang mendalam dan sistematis guna mengidentifikasi serta mengatasi berbagai potensi kegagalan pada jembatan timbang. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan mengevaluasi risiko kegagalan adalah *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) [6]. Metode FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) adalah teknik analisis sistematis yang digunakan untuk mengidentifikasi potensi kegagalan dalam suatu proses atau sistem serta dampaknya terhadap kinerja keseluruhan [7]. FMEA sering diterapkan dalam berbagai industri untuk meningkatkan keandalan produk dan proses, termasuk dalam analisis kerusakan infrastruktur seperti jembatan timbang.

Proses FMEA terdiri dari beberapa tahapan. Pertama adalah identifikasi mode kegagalan, di mana semua kemungkinan cara kegagalan dicatat, kedua adalah analisis efek dari setiap mode kegagalan terhadap sistem, dan ketiga adalah penilaian RPN (*Risk Priority Number*), yang digunakan untuk menentukan prioritas perbaikan berdasarkan tingkat keparahan, frekuensi kejadian, dan kemampuan deteksi [8]. Dengan pendekatan ini, pengelola dapat mengetahui akar penyebab kerusakan yang paling kritis, memprioritaskan perbaikan yang harus dilakukan, serta merancang tindakan preventif yang dapat mencegah terulangnya kerusakan di masa mendatang.

Analisis ini bertujuan untuk menganalisis kerusakan jembatan timbang di Terminal Penumpang Tanjung Perak Surabaya menggunakan metode FMEA. Melalui analisis ini, diharapkan dapat diperoleh gambaran yang komprehensif mengenai faktor-faktor kritis yang memengaruhi kinerja jembatan timbang, seperti komponen yang paling rentan mengalami kerusakan, dampak kegagalan terhadap

keselamatan dan operasional, serta upaya mitigasi yang dapat dilakukan [9]. Selain itu, analisis ini juga diharapkan dapat memberikan rekomendasi langkah-langkah perbaikan dan pemeliharaan yang lebih efektif dan efisien, termasuk jadwal perawatan rutin, penggantian komponen yang rentan aus, dan peningkatan sistem proteksi terhadap faktor lingkungan. Dengan implementasi hasil analisis ini, jembatan timbang di Terminal Penumpang Tanjung Perak diharapkan dapat beroperasi dengan lebih optimal, mendukung kelancaran aktivitas pelabuhan, meningkatkan keselamatan transportasi, serta meminimalkan gangguan operasional yang dapat menghambat pelayanan di pelabuhan tersebut[10].

2. METODE PELAKSANAAN

Untuk memperoleh data yang akurat mengenai kerusakan jembatan timbang, analisis ini menggunakan metode pengumpulan data dan tahapan (Gambar 1).

Observasi Langsung

Dilakukan pengamatan langsung terhadap kondisi jembatan timbang di lapangan, dengan memfokuskan perhatian pada kondisi fisik, operasional, dan kerusakan yang terjadi pada jembatan timbang. Observasi ini dilakukan pada berbagai waktu dan situasi untuk memperoleh gambaran yang lebih komprehensif mengenai masalah yang ada.

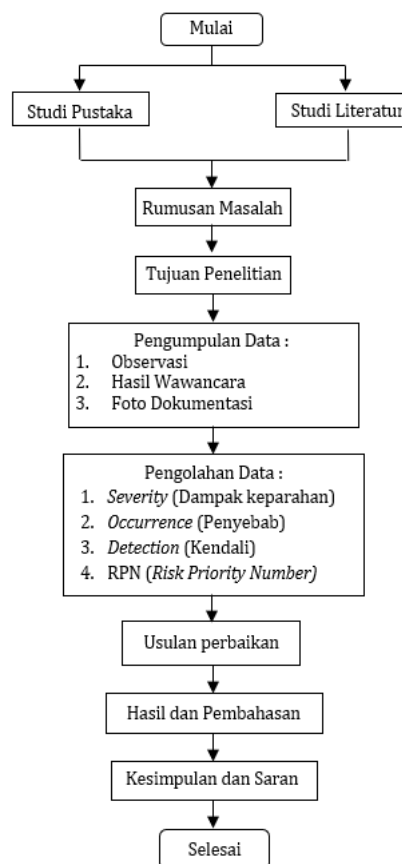
Wawancara dengan Teknisi dan Operator

Wawancara dilakukan dengan teknisi yang bertanggung jawab atas pemeliharaan dan perbaikan jembatan timbang serta operator yang menggunakan jembatan timbang sehari-hari. Wawancara ini bertujuan untuk menggali informasi lebih dalam mengenai jenis-jenis kerusakan yang sering terjadi, penyebabnya, serta dampak dari kerusakan tersebut terhadap operasional terminal.

Foto Dokumentasi

Foto dokumentasi dilakukan dengan tujuan merekam dan menganalisis kondisi fisik jembatan timbang melalui bukti visual. Metode ini memberikan informasi akurat tentang lokasi, jenis, dan tingkat kerusakan yang terjadi. Dalam praktiknya, foto diambil menggunakan kamera beresolusi tinggi atau perangkat *smartphone* dengan pencahayaan memadai untuk memastikan detail kerusakan terlihat jelas. Pengambilan gambar dilakukan dengan sudut lebar untuk memberikan gambaran keseluruhan,

serta *close-up* untuk fokus pada detail spesifik seperti retakan, korosi, atau komponen yang aus.



Gambar 1. Flowchart

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Identifikasi Kerusakan

Studi ini diarahkan pada 2 komponen utama yang terdeteksi berpotensi mengalami kerusakan dari hasil observasi. Analisis kerusakan didasarkan pada foto dokumentasi di Gambar 2. Pada komponen *Support Beam*, kerusakan yang ditemukan meliputi deformasi dan retakan. Deformasi terjadi akibat tekanan beban yang melebihi kapasitas desain, distribusi beban yang tidak merata, tekanan berulang, dan paparan lingkungan korosif seperti kelembapan tinggi dan air laut. Deformasi ini berpotensi menurunkan stabilitas jembatan timbang, sehingga dapat mengganggu kelancaran operasional. Retakan pada *Support Beam*, yang sering kali muncul bersamaan dengan deformasi, disebabkan oleh kombinasi beban berlebih dan korosi, yang melemahkan kekuatan struktur material.



Gambar 2. Support Beam

Sementara itu pada Gambar 3, kerusakan utama yang teridentifikasi adalah keausan dan retakan. Keausan terjadi akibat gesekan konstan dari kendaraan yang melintas, terutama di lingkungan pelabuhan dengan partikel abrasif seperti pasir dan debu. Akibatnya, permukaan *Plat Bordes* menjadi tidak rata, sehingga meningkatkan risiko tergelincirnya kendaraan atau operator. Retakan pada *Plat Bordes* sering kali disebabkan oleh beban berat yang berulang atau tekanan berlebihan, yang mengancam keselamatan struktural. Kerusakan pada kedua komponen ini tidak hanya berdampak pada efisiensi operasional pelabuhan, tetapi juga berpotensi menimbulkan risiko keselamatan bagi pengguna.



Gambar 3. Plat Bordes

Indikator FMEA

Analisis kerusakan jembatan timbang di Terminal Penumpang Tanjung Perak, metode Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) digunakan untuk menilai risiko kegagalan berdasarkan tiga indikator utama yaitu *Severity* (Keparahan), *Occurrence* (Kemungkinan Terjadi), dan *Detection* (Kemampuan Deteksi). Untuk itu, perhitungan RPN menggunakan rumus:

$$RPN = Severity \times Occurance \times Detection \quad (1)$$

Nilai RPN yang diperoleh menggambarkan sejauh mana pentingnya perhatian yang diberikan pada

area/komponen yang ada dalam *system*. Rating *severity*, *occurrence*, dan *detection* ditunjukkan pada Tabel 1-3.

Tabel 1. Severity Rating

Rating	Tingkat Kerusakan	Kategori
1-2	Kegagalan hampir tidak mempengaruhi operasi jembatan timbang.	Minor
3-4	tidak mengganggu operasional utama jembatan timbang.	Low
5-6	tidak mempengaruhi keselamatan atau proses utama secara signifikan mempengaruhi keselamatan atau efisiensi secara signifikan	Moderate
7-8	Kegagalan dapat menyebabkan kecelakaan atau kerusakan besar pada sistem, proses, atau keselamatan, memerlukan penanganan segera	High
9-10		Very High

Tabel 2. Occurance Rating

Rating	Kriteria
1-2	Kejadian pada tingkat kemungkinan yang sangat rendah/jarang.
3-4	Kejadian pada tingkat kemungkinan yang rendah
5-6	Kejadian pada tingkat kemungkinan yang sedang/lumayan
7-8	Kejadian pada tingkat kemungkinan yang tinggi
9-10	Kejadian pada tingkat kemungkinan yang sangat tinggi

Tabel 3. Detection Rating

Rating	Tingkat Kerusakan	Kategori
1-2	Sangat mudah untuk mendeteksi kegagalan, hampir pasti terdeteksi sebelum terjadi	Very High
3-4	Kemungkinan besar kegagalan dapat dideteksi dengan prosedur atau pengawasan rutin, hanya sedikit pengawasan tambahan yang dibutuhkan..	High
5-6	Deteksi kegagalan dapat dilakukan, namun memerlukan prosedur atau inspeksi tambahan yang tidak rutin	Moderate
7-8	Kemungkinan besar kegagalan akan terlewatkan tanpa pengawasan intensif atau prosedur tambahan yang	Low
9-10	Kegagalan sangat sulit dideteksi, memerlukan pengawasan khusus atau alat yang sangat spesifik	Very High

Severity (S) mengukur tingkat dampak dari setiap kegagalan terhadap keselamatan, efisiensi, dan fungsi operasional. Misalnya, kerusakan pada *Support Beam* yang mengancam stabilitas struktur memiliki nilai *Severity* tinggi karena dapat menyebabkan kegagalan total dan risiko keselamatan yang signifikan.

Occurance (O) mengacu pada peluang atau frekuensi terjadinya penyebab kegagalan. Faktor-faktor seperti beban berlebih, korosi, dan distribusi beban yang tidak merata diidentifikasi

sebagai penyebab utama kegagalan. Nilai *Occurrence* yang tinggi menunjukkan perlunya langkah mitigasi untuk mengurangi frekuensi masalah tersebut.

Detection (D) menilai sejauh mana kegagalan dapat dikenali sebelum dampaknya terjadi. Semakin sulit kegagalan terdeteksi, semakin tinggi nilainya dalam indikator ini. Sebagai contoh, retakan pada *Plat Bordes* sering kali sulit terdeteksi pada tahap awal tanpa pemeriksaan khusus, sehingga meningkatkan risiko kegagalan tak terduga..

Hasil perhitungan dari ketiga indikator ini dikombinasikan dalam bentuk RPN, yang memberikan prioritas tindakan perbaikan berdasarkan tingkat risiko. Analisis ini memungkinkan pengelola pelabuhan untuk memfokuskan upaya pada komponen-komponen dengan nilai RPN tertinggi, seperti keausan pada *Plat Bordes* dan deformasi pada *Support Beam*, guna meningkatkan keselamatan dan efisiensi operasional.. Hasil dari nilai S, O, D kemudian dianalisis lebih lanjut (Tabel 4) dan dihitung nilai RPN-nya (Tabel 5).

Tabel 4. Nilai S O D

Komponen	Kegagalan	Efek	Penyebab	S	O	D
<i>Support Beam</i>	Retak	Mengurangi kekuatan struktur berisiko keruntuhan.	Beban berlebih, korosi, material tidak sesuai.	8	6	5
	Deformasi	Menurunkan stabilitas jembatan timbang, mengganggu operasional.	Beban tidak merata, tekanan berulang, korosi.	7	7	6
<i>Plat Bordes</i>	Keausan	Permukaan tidak rata, membahayakan kendaraan.	Gesekan terus-menerus, material tidak tahan abrasi.	7	8	6
	Retakan	Potensi kegagalan struktural, membahayakan keselamatan.	Beban berat berulang, tekanan berlebihan.	9	6	5

Tabel 6. Usulan Perbaikan

Komponen	<i>Failure Mode</i>	Rekomendasi	Tindakan
<i>Support Beam</i>	Retak	Menggunakan material dengan kekuatan tinggi dan tahan korosi.	Ganti material lama dengan baja tahan korosi atau material komposit khusus untuk lingkungan pelabuhan.
<i>Support Beam</i>	Deformasi	Menambahkan penguatan (reinforcement) pada area rentan.	Pasang struktur tambahan seperti balok penguat atau pelat logam pada titik kritis yang sering mengalami deformasi.
<i>Plat Bordes</i>	Keausan	Mengganti material dengan baja tahan aus atau bahan komposit.	Ganti material pada area dengan gesekan tinggi menggunakan Hardox steel atau bahan komposit yang tahan abrasi.
<i>Plat Bordes</i>	Retakan	Melakukan inspeksi visual rutin atau dye penetrant test.	Jadwalkan inspeksi bulanan dengan alat uji non-destruktif (NDT) untuk deteksi retakan awal dan cegah kerusakan lebih besar.

Tabel 5. Penilaian dengan FMEA

Komponen	Severity (S)	Occurance (O)	Detection (D)	RPN
Support Beam	8	6	5	240
	7	7	6	294
Plat Bordes	7	8	6	336
	9	6	5	270

Analisis dan Pembahasan

Kerusakan pada jembatan timbang di Terminal Penumpang Tanjung Perak memiliki penyebab dan dampak yang saling berkaitan, sehingga memengaruhi efisiensi operasional dan keselamatan pengguna. Berdasarkan identifikasi dan analisis menggunakan metode FMEA, kerusakan utama ditemukan pada komponen *Support Beam* dan *Plat Bordes*. Penyebabnya telah ditunjukkan pada bagian Identifikasi.

Dari perhitungan FMEA, nilai RPN tertinggi ditemukan pada keausan *Plat Bordes* (336), diikuti oleh deformasi pada *Support Beam* (294). Hal ini menunjukkan bahwa kedua jenis kerusakan tersebut menjadi prioritas utama dalam upaya perbaikan. Retakan pada kedua komponen juga memiliki nilai RPN yang signifikan, menegaskan perlunya penguatan struktur dan penggunaan material yang lebih tahan korosi serta abrasi.

Kerusakan yang tidak segera ditangani memiliki dampak langsung terhadap efisiensi operasional pelabuhan. Penurunan stabilitas jembatan timbang dapat memperlambat proses pemeriksaan muatan, meningkatkan risiko keselamatan kendaraan dan operator akibat permukaan yang tidak rata atau kegagalan struktural, serta menyebabkan antrian panjang dan keterlambatan pengiriman barang yang berujung pada kerugian finansial. Usulan

perbaikan untuk *Support Beam* dan *Plat Bordes* berdasarkan analisis FMEA ditunjukkan pada Tabel 6.

4. PENUTUP

Studi ini mengidentifikasi risiko utama pada jembatan timbang di Terminal Penumpang Tanjung Perak melalui pendekatan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA). Temuan menunjukkan bahwa keausan pada Plat Bordes dan deformasi pada Support Beam merupakan kegagalan prioritas dengan dampak signifikan terhadap keselamatan dan efisiensi operasional. Sebagai langkah mitigasi, direkomendasikan penggantian material dengan bahan yang lebih tahan abrasi dan korosi, penguatan struktur pada area rentan, serta peningkatan sistem pemantauan beban. Implementasi langkah-langkah ini diharapkan dapat memperpanjang umur pakai infrastruktur, mengurangi risiko kegagalan, dan meningkatkan keandalan fasilitas dalam mendukung operasional pelabuhan. Studi ini memberikan kontribusi nyata bagi pengelolaan fasilitas pelabuhan, tetapi masih terdapat ruang untuk pengembangan. Studi lanjutan dapat mencakup pengujian langsung terhadap material yang direkomendasikan, analisis biaya implementasi, serta simulasi penggunaan sistem pengawasan beban yang lebih modern. Dengan demikian, hasil analisis ini dapat diterapkan lebih efektif dan menyeluruh.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. S. Soeparyanto *dkk.*, "Analisis Kinerja Jembatan Timbang Terhadap Penurunan Umur Rencana Jalan (Studi Kasus Jembatan Timbang Sabilambo, Kolaka)," *INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research*, vol. 4, no. 3, hlm. 11513–11521, 2024.
- [2] M. A. Ansyah, P. Faradella, A. Daffa, dan I. Samudera, "Fungsi Jembatan Timbang Trowulan Dalam Mengurangi Pelanggaran Muatan Berlebih Yang Terjadi Pada Ruas Jalan Nasional Di Wilayah Kabupaten Mojokerto," *SCIENTICA: Jurnal Ilmiah Sain dan Teknologi*, vol. 2, no. 7, hlm. 299–305, 2024.
- [3] A. Suherman dan J. B. Cahyana, "Pengendalian Kualitas Dengan Metode Failure Mode Effect And Analysis," *Jurnal universitas muhammadiyah jakarta*, vol. 16, hlm. 1–9, 2019.
- [4] Erwindasari, Nurwidiana, dan B. Deva Bernadhi, "Prosiding Konferensi Ilmiah Mahasiswa Unissula (KIMU) 2 Penerapan Metode Statistiqal Quality Control (SQC) Dan Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) Dalam Perbaikan Kualitas Produk Studi Kasus: PTPN IX Kebun Ngobo," *Jurnal UNISSULA*, Okt 2019.
- [5] M. Nur, V. Valentino, R. K. Sari, dan A. A. Karim, "Analisa Potensi Bahaya Kecelakaan Kerja Terhadap Pekerja Menggunakan Metode Hazard Identification, Risk Assesment And Risk Control (HIRARC) Pada Perusahaan Aspal Beton," *Jurnal Teknologi dan Manajemen Industri Terapan (JTMIT)*, vol. 2, no. 3, hlm. 150–158, 2023.
- [6] S. Andiyanto, A. Sutrisno, dan C. Punuhsingon, "Penerapan Metode FMEA (Failure Mode And Effect Analysis) Untuk Kuantifikasi Dan Pencegahan Resiko Akibat Terjadinya Lean Waste," 2017.
- [7] C. Q. Alfiyah, A. Yekti, P. Asih, W. Afridah, A. Hakim, dan Z. Fasya, "Analisis Risiko Kecelakaan Kerja Dengan Metode Failure Mode And Effect Analysis Pada Pekerja Proyek Kontruksi: Literature Review A Literature Review: Work Accident Risk Analysis With Failure Mode And Effect Analysis Method On Construction Project Workers," *SIKONTAN JOURNAL: Jurnal Ilmu Psikologi dan Kesehatan*, hlm. 283–290, 2023,
- [8] M. Rifaldi dan W. Sudarwati, "Penerapan Metode Six Sigma dan FMEA Sebagai Usaha untuk Mengurangi Cacat pada Produk Bracket," *semnastek*, hlm. 1–9.
- [9] W. Novita, E. Rini, dan B. Aswin, "Analisis Dan Prediksi Tren Kecelakaan Kerja Karyawan Serta Pengambilan Kebijakan Peserta BPJS Ketenagakerjaan Cabang Jambi," *Jurnal kedokteran dan kesehatan*, 2021.
- [10] M. D. Khairasnyah, H. N. Amrullah, dan N. F. Qurratulaini, "Penilaian Risiko Kegagalan Overhead Crane dengan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dan Fishbone Diagram," *Jurnal Keselamatan Kesehatan Kerja dan Lingkungan (JK3L)*, vol. 05, no. 2, hlm. 93–101, 2024, [Daring]. Tersedia pada: <http://jk3l.fkm.unand.ac.id/index.php/jk3l/index>