

# ***Failure Mode and Effects Analysis pada Rubber Tyred Gantry Crane: Evaluasi RPN untuk Perawatan Preventif***

Asri Dwi Puspita<sup>1\*</sup>, Cahya Ardie Firmansyah<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Industri, Universitas Maarif Hasyim Latif, Sidoarjo, Jawa Timur

<sup>2</sup>Satuan Pengawasan Intern, Terminal Petikemas, Tanjung Mutiara Surabaya, Jawa Timur

\*Koresponden email: asripuspita85@dosen.umaha.ac.id

Diterima: 30 Juni 2026

Disetujui: 06 Juli 2026

## **Abstract**

Rubber Tyred Gantry (RTG) Crane is the main equipment in the container yard, functioning to stack containers vertically. As port activities increase, RTG technology continues to evolve, including the adoption of twin lift spreaders that allow lifting two 20-foot containers simultaneously, and the use of full electric systems replacing conventional hydraulic mechanisms. This study applies the Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) method to identify potential component failures and their impact on the system. The case study was conducted at Surabaya Container Terminal, East Java, which plays a vital role as a meeting point between land and sea traffic to ensure efficient cargo distribution. Risk Priority Number (RPN) assessment results show that the HSTSYT system has the highest risk (720), followed by GTRSYT (488), SPDSYT (320), ENGSYT (280), and TRLSYT (180). These findings highlight critical components that may disrupt operations if not addressed promptly. Preventive maintenance, regular inspections, and monitoring technology are required to detect early signs of failure. Overall, RPN evaluation provides a clear basis for prioritizing maintenance strategies. Implementation supports operational continuity, reduces downtime, and enhances logistics effectiveness at container terminals, contributing to productivity and sustainable operations.

**Keywords:** *rtg crane, fmea, rpn, preventive maintenance, container terminal*

## **Abstrak**

*Crane Rubber Tyred Gantry (RTG)* merupakan peralatan utama di lapangan penumpukan peti kemas yang berfungsi untuk menumpuk peti kemas secara vertikal. Seiring dengan meningkatnya aktivitas pelabuhan, teknologi RTG terus berkembang, termasuk penerapan *spreader* tipe *twin-lift* yang memungkinkan pengangkatan dua peti kemas ukuran 20 kaki secara bersamaan, serta penggunaan sistem elektrik penuh untuk menggantikan mekanisme hidrolis konvensional. Penelitian ini menerapkan metode *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) untuk mengidentifikasi potensi kegagalan komponen beserta dampaknya terhadap sistem. Studi kasus dilakukan di Terminal Peti Kemas Surabaya, Jawa Timur, yang memegang peranan vital sebagai titik temu antara lalu lintas darat dan laut demi menjamin distribusi kargo yang efisien. Hasil penilaian *Risk Priority Number* (RPN) menunjukkan bahwa sistem HSTSYT memiliki tingkat risiko tertinggi (720), diikuti oleh GTRSYT (488), SPDSYT (320), ENGSYT (280), dan TRLSYT (180). Temuan ini menunjukkan komponen kritis yang dapat mengganggu operasional jika tidak ditangani segera. Pemeliharaan preventif, inspeksi berkala, dan teknologi pemantauan diperlukan untuk mendeteksi tanda-tanda awal kegagalan. Secara keseluruhan, evaluasi RPN memberikan dasar yang jelas dalam menentukan prioritas strategi pemeliharaan. Penerapannya mendukung kelangsungan operasional, mengurangi waktu henti (*downtime*), serta meningkatkan efektivitas logistik di terminal peti kemas, yang pada akhirnya berkontribusi terhadap produktivitas dan keberlanjutan operasional.

**Kata kunci:** *crane rtg, fmea, rpn, pemeliharaan preventif, terminal peti kemas*

## **1. Pendahuluan**

Undang-Undang No. 1 Tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja menegaskan bahwa setiap tenaga kerja berhak memperoleh perlindungan atas keselamatan dalam melaksanakan pekerjaannya, sebagai upaya untuk meningkatkan produktivitas nasional. Prinsip ini menempatkan aspek keselamatan kerja sebagai bagian integral dari sistem operasional perusahaan. Namun demikian, dalam praktiknya, kecelakaan kerja masih sering terjadi dan bersifat tidak terduga. Kejadian tersebut tidak hanya menimbulkan kerugian bagi tenaga kerja yang

bersangkutan, tetapi juga berdampak pada menurunnya efektivitas dan produktivitas kerja secara keseluruhan. Oleh karena itu, pengelolaan risiko keselamatan kerja menjadi hal yang sangat krusial, khususnya pada sektor-sektor dengan tingkat bahaya tinggi [1].

Operasional bongkar muat petikemas di pelabuhan merupakan salah satu lingkungan kerja dengan tingkat risiko yang tinggi, mengingat kompleksitas aktivitas serta penggunaan alat berat secara intensif. Salah satu peralatan utama dalam kegiatan tersebut adalah *Rubber Tyred Gantry* (RTG) crane, yang berperan penting dalam proses penanganan kontainer. RTG crane digunakan untuk memindahkan dan menumpuk petikemas di lapangan penumpukan, sehingga keberlangsungan operasionalnya sangat menentukan kelancaran arus logistik di pelabuhan. Konteks operasional di terminal petikemas menuntut keandalan tinggi pada RTG sebagai tulang punggung aktivitas bongkar muat [2].

Seiring dengan meningkatnya volume perdagangan global dan tuntutan efisiensi dalam rantai pasok, kebutuhan terhadap RTG crane yang andal, efisien, dan memiliki tingkat availability tinggi menjadi semakin penting, terutama pada pelabuhan yang beroperasi selama 24 jam tanpa henti [3]. Tingginya intensitas penggunaan RTG crane dalam operasional harian berpotensi menimbulkan berbagai mode kegagalan (*failure modes*), baik pada komponen mekanis maupun sistem elektrikal. Kegagalan tersebut tidak hanya berdampak pada meningkatnya downtime operasional, tetapi juga berpotensi menimbulkan risiko kecelakaan kerja yang dapat membahayakan keselamatan operator maupun pekerja di sekitarnya, serta menyebabkan kerugian finansial yang signifikan bagi perusahaan. Potensi bahaya yang menyertai pengoperasian alat bongkar muat ini, seperti risiko terjepit, tertimpa, atau tertumbuk, menuntut pendekatan mitigasi yang sistematis untuk mencegah kerugian ekonomi maupun non-ekonomi [4].

Penelitian terdahulu telah mengevaluasi berbagai teknik mitigasi risiko, seperti *Structured What-If Technique* yang mengklasifikasikan tingkat keparahan bahaya pada komponen krusial crane, serta penggunaan *Job Safety Analysis* untuk mengidentifikasi prosedur pengendalian pada setiap tahapan operasional bongkar muat [5]. Selain itu, penerapan metode *Fault Tree Analysis* telah digunakan untuk melacak akar penyebab kegagalan spesifik, seperti putusnya sling pada proses pengangkatan yang memiliki risiko kegagalan tertinggi dalam operasional RTG crane [6]. Serta pemanfaatan metode *Reliability Centered Maintenance* terbukti efektif dalam memetakan *Engine System* dan *Spreader System* sebagai komponen kritis yang menyumbang persentase downtime tertinggi, sehingga menuntut prioritas pemeliharaan preventif yang lebih ketat [7].

Dalam konteks tersebut, diperlukan suatu pendekatan yang sistematis dan terstruktur untuk mengidentifikasi, menganalisis, serta memprioritaskan potensi kegagalan yang mungkin terjadi pada komponen RTG crane. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA), yang menghasilkan nilai *Risk Priority Number* (RPN) sebagai indikator tingkat prioritas risiko. Melalui evaluasi RPN, perusahaan dapat menentukan strategi perawatan preventif (*preventive maintenance*) yang lebih efektif dan berbasis risiko, sehingga dapat meminimalkan potensi kegagalan, meningkatkan keandalan peralatan, serta menjamin keselamatan kerja secara berkelanjutan [8].

*Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) merupakan salah satu metode yang banyak digunakan dalam industri untuk menganalisis potensi kegagalan sistem. FMEA memungkinkan identifikasi mode kegagalan, penilaian dampak, serta perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) berdasarkan tiga variabel utama: severity, occurrence, dan detection. Dengan demikian, FMEA memberikan dasar kuantitatif untuk menentukan prioritas perbaikan [9]. Penerapan FMEA pada sistem RTG terbukti efektif dalam mengurangi risiko operasional.

Studi terbaru menunjukkan bahwa komponen dengan nilai RPN tinggi, seperti motor hoist atau sistem kontrol elektrik, dapat segera diidentifikasi dan ditangani melalui tindakan preventif maupun korektif. Hal ini berkontribusi pada peningkatan keandalan sistem serta efisiensi operasional Pelabuhan [10]. Identifikasi risiko secara sistematis tidak hanya meningkatkan keselamatan kerja, tetapi juga memperkuat daya saing industri logistik. Artikel ini bertujuan untuk menyoroti pentingnya analisis risiko menggunakan FMEA dalam konteks RTG, serta memberikan rekomendasi strategis bagi pengelolaan peralatan kritis di terminal petikemas [11].

## 2. Metode Penelitian

Penerapan FMEA pada sistem Rubber Tyred Gantry (RTG) Crane terbukti efektif dalam menurunkan risiko operasional. RTG sebagai peralatan kritis di terminal petikemas memiliki komponen yang rentan terhadap kegagalan, seperti motor hoist, sistem kontrol elektrik, dan mekanisme spreader. Studi terbaru menunjukkan bahwa komponen dengan nilai RPN tinggi dapat segera diidentifikasi, sehingga memungkinkan

penerapan tindakan preventif maupun korektif secara tepat waktu [12]. Selain itu, penggunaan FMEA memberikan manfaat strategis dalam meningkatkan keandalan sistem RTG. Dengan adanya klasifikasi risiko berdasarkan nilai RPN, manajemen pelabuhan dapat memfokuskan sumber daya pada peralatan yang paling kritis. Hal ini tidak hanya mengurangi *downtime*, tetapi juga meningkatkan efisiensi operasional, yang pada akhirnya berdampak pada kelancaran rantai pasok logistik.

Identifikasi risiko secara sistematis melalui FMEA juga berkontribusi pada peningkatan keselamatan kerja. Operator dan teknisi dapat bekerja dengan lebih aman karena potensi kegagalan telah dipetakan dan ditangani sebelum menimbulkan insiden. Penggunaan sistem pemantauan kondisi berbasis *Internet of Things (IoT)* memungkinkan transformasi nilai RPN yang bersifat statis menjadi indikator risiko dinamis yang lebih responsif terhadap kondisi aktual peralatan [13]. Dengan demikian, penerapan FMEA pada RTG tidak hanya berorientasi pada efisiensi teknis, tetapi juga pada perlindungan tenaga kerja dan aset perusahaan. Penelitian ini bertujuan untuk menyoroti urgensi penerapan FMEA dalam konteks RTG Crane, sekaligus memberikan rekomendasi strategis bagi pengelolaan peralatan kritis di terminal petikemas. Dengan pendekatan ini, diharapkan tercipta sistem operasional yang lebih andal, aman, dan berdaya saing tinggi dalam mendukung perkembangan industri logistik modern.

### *Langkah-langkah Penelitian*

Penelitian dilakukan Pada RTG di terminal petikemas, menentukan prioritas equipment yang perlu di *maintenance*. Tujuan dari proses ini adalah untuk mengetahui sistem kritis dari *Rubber tyred gantry (RTG)*. Untuk menentukan peralatan ini dilakukan dengan menghitung RPN (*Risk Priority Number*) sehingga pada proses selanjutnya dapat dibuat kategori tingkat konsekuensi kegagalan sistem pada *Rubber tyred gantry (RTG)* Pada penilaian RPN (*Risk Priority Number*) ini terdiri dari *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection*. Nilai RPN digunakan untuk mengetahui seberapa kritis sistem beserta jenis kegagalannya.

Penentuan kriteria *severity* diawali dengan langkah penting berupa pendeskripsian setiap nilai dan skala penilaian secara jelas. Hal ini bertujuan agar seluruh permasalahan yang dinilai memiliki kesamaan persepsi dalam interpretasi hasil. *Severity* menggambarkan tingkat dampak atau konsekuensi yang ditimbulkan apabila suatu kegagalan terjadi. Penilaian *severity* digunakan sebagai dasar dalam menentukan prioritas peralatan berdasarkan tingkat risikonya. Skala yang digunakan berkisar antara 1 hingga 10, di mana nilai 1 menunjukkan dampak paling rendah dan nilai 10 menunjukkan dampak paling tinggi. Penyusunan kriteria skala tersebut didasarkan pada jenis data yang relevan, serta dapat disesuaikan dengan kondisi dan permasalahan yang dihadapi perusahaan, khususnya terkait tingkat pengaruh kegagalan yang diidentifikasi dari hasil analisis sebelumnya.

Penentuan Kriteria *Occurrence*, dalam penentuan nilai *occurrence* menggunakan skala yang dimana nilainya yaitu 1-10, nilai 1 adalah nilai terendah yang berarti mengalami sedikit kegagalan dan nilai 10 adalah tertinggi yang berarti mengalami kegagalan yang tak terganti. Penentuan Kriteria *Detection*, dalam penentuan nilai *detection* diperoleh setelah mendapatkan nilai dari *occurrence* dan *severity*. Penilaian ini diperoleh dari skala 1-10, dimana nilai 10 yang berarti hampir tidak mungkin dengan kriteria tidak dapat mendeteksi adanya suatu kegagalan. Nilai 1 menjadi nilai terendah dengan kriteria pasti terdeteksi.

### **3. Hasil dan Pembahasan**

Konsep FMEA digunakan sebagai alat dalam perencanaan kualitas untuk mengidentifikasi potensi kegagalan atau kerusakan pada suatu sistem. Hasil dari penerapan FMEA berupa rekomendasi tindakan yang bertujuan untuk menghilangkan atau menyelidiki penyebab kegagalan tersebut. Secara terminologis, FMEA terdiri dari beberapa elemen utama, yaitu: (1) *failure*, yang merujuk pada prediksi kemungkinan terjadinya kegagalan atau cacat; (2) *mode*, yaitu identifikasi bentuk atau jenis kegagalan yang mungkin terjadi; (3) *effect*, yaitu analisis dampak dari setiap kegagalan terhadap kinerja komponen atau sistem; dan (4) *analysis*, yaitu proses evaluasi yang menghasilkan usulan perbaikan berdasarkan penyebab kegagalan yang ditemukan.

Dalam metode FMEA, dilakukan perhitungan *Risk Priority Number (RPN)* sebagai dasar untuk menentukan tingkat prioritas penanganan suatu kegagalan. Nilai RPN diperoleh dari kombinasi tiga parameter utama, yaitu *Severity* (tingkat keparahan dampak), *Occurrence* (frekuensi terjadinya kegagalan), dan *Detection* (kemampuan dalam mendeteksi kegagalan). Ketiga variabel tersebut mencerminkan tingkat risiko yang kemudian digunakan sebagai acuan dalam penentuan tindakan perbaikan yang tepat.

Risk Priority Number ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{RPN} = \text{Severity} \times \text{Occurrence} \times \text{Detection}$$

$$\text{RPN} = S \times O \times D$$

Hasil RPN menunjukkan tingkatan prioritas peralatan yang dianggap beresiko tinggi, sebagai penunjuk ke arah tindakan perbaikan. Ada tiga komponen yang membentuk nilai RPN.

**Tabel 1.** Klasifikasi Nilai Severity

No	Klasifikasi Severity	Kriteria Severity	Nilai Kriteria Severity Ranking
1	Berbahaya tanpa peringatan	Masalah keamanan atau ketidakpatuhan terhadap peraturan pemerintah tanpa peringatan	10
2	Berbahaya dengan peringatan	Masalah keamanan atau ketidakpatuhan terhadap peraturan pemerintah dengan peringatan	9
3	Sangat Tinggi	Kehilangan Fungsi Utama	8
4	Tinggi	Pengurangan Fungsi Utama	7
5	Sedang	Kehilangan kenyamanan fungsi penggunaan	6
6	Rendah	Mengurangi kenyamanan fungsi penggunaan	5
7	Sangat Rendah	Perubahan fungsi dan banyak pekerjaan menyadari adanya masalah	4
8	Minor	Tidak terdapat efek dan pekerja menyadari adanya masalah	3
9	Sangat minor	Tidak terdapat efek dan pekerja tidak menyadari adanya masalah	2
10	Tidak ada	Hampir tidak ada efek	1

**Tabel 2.** Klasifikasi Nilai Occurrence

No	Klasifikasi Occurrence	Kriteria Occurrence	Nilai Kriteria Occurrence Ranking
1	Sangat Tinggi	Kegagalan tak terganti	9 dan 10
2	Tinggi	Kegagalan yang berulang	7 dan 8
3	Sedang	Kegagalan sekali	5 dan 6
4	Rendah	Sedikit kegagalan	2,3 dan 4
5	Sangat Rendah	Sangat sedikit kegagalan	1

**Tabel 3.** Klasifikasi Detection

No	Klasifikasi Detection	Kriteria Detection	Nilai Kriteria Detection
1	Hampir tidak mungkin	Tidak mampu mendeteksi kegagalan	10
2	Sangat Jarang	Kesempatan yang sangat rendah dan sangat sulit untuk terdeteksi	9
3	Jarang	Kesempatan yang sangat rendah dan sulit untuk terdeteksi	8
4	Sangat Rendah	Kesempatan yang sangat rendah untuk terdeteksi	7
5	Rendah	Kesempatan yang rendah untuk terdeteksi	6
6	Sedang	Kesempatan yang sedang untuk terdeteksi	5

No	Klasifikasi Detection	Kriteria Detection	Nilai Kriteria Detection
7	Agak Tinggi	Kesempatan yang cukup tinggi untuk terdeteksi	4
8	Tinggi	Kemungkinan yang tinggi untuk mendeteksi kegagalan	3
9	Sangat tinggi	Kesempatan yang sangat tinggi untuk terdeteksi	2
10	Hampir Pasti	Pasti Terdeteksi	1

**Tabel 4.** Kriteria Tingkat Risiko

RPN	Tingkat Risiko
<60	Rendah
60-80	Sedang
80-100	Tinggi
>100	Kritis

Penentuan prioritas *equipment* dalam proses maintenance dilakukan untuk mengidentifikasi sistem paling kritis pada *Rubber Tyred Gantry* (RTG). Penentuan ini menggunakan perhitungan *Risk Priority Number* (RPN), yang menjadi dasar untuk mengelompokkan tingkat konsekuensi kegagalan. Nilai RPN terdiri dari tiga parameter, yaitu *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection*, yang menunjukkan tingkat kekritisan sistem dan jenis kegagalannya. Kriteria penilaian dapat disesuaikan dengan kondisi dan permasalahan yang dihadapi perusahaan berdasarkan hasil analisis sebelumnya. Pada penelitian ini, nilai *severity* digunakan sebagai dasar dalam menentukan prioritas *equipment* yang memerlukan pemeliharaan.

**Tabel 5.** Failure Code RTG

No	Failure Code	Description
1	HSTSYT	HOIST SYSTEM
2	GTRSYT	GANTRY SYSTEM
3	TRLSYT	TROLLEY SYSTEM
4	SPDSYT	SPREADER SYSTEM
5	SPDHD	SPREADER HEADBOCK SYSTEM
6	TLSSYT	TRIM LIST SKEW SYSTEM
7	ELCCONTSYT	ELECTRIC CONTROL SYSTEM
8	LIGHTSYT	LIGHTING SYSTEM
9	CABOPSYT	CABIN OPERATOR SYSTEM
10	AUXSVC	AUXILIARY SERVICE

**Tabel 6.** Klasifikasi Jumlah *Failure Code*

Failure Code	Jumlah Failure Code
ENGSYT	88
HSTSYT	107
TRLSYT	74
GTRSYT	83
CABOPSYT	35
ELCCONTSYT	21
LIGHTSYT	18
SPDSYT	101

Penentuan nilai *severity* dalam menentukan prioritas equipment adalah dengan skala. Skala yang digunakan untuk menentukan tingkat kegagalan severity adalah skala 1-10, dimana 1 untuk nilai terendah dan 10 untuk nilai tertinggi. Kriteria yang digunakan dalam pembuatan skala ini diambil berdasarkan jenis data yang sesuai. Kriteria dapat disesuaikan dengan permasalahan yang dihadapi perusahaan terhadap pengaruh dari tingkat permasalahan yang ditimbulkan berdasarkan hasil proses sebelumnya. Pada penelitian ini didapatkan nilai severity terhadap penentuan prioritas equipment yang perlu di *maintenance* sebagai berikut:

**Tabel 7.** Tingkat Kriteria Severity

No	Failure Code	Klasifikasi Severity	Kriteria Severity	Hasil Penilaian
1	HSTSYT	Sangat tinggi	Kehilangan Fungsi utama	8
2	SPDSYT	Sangat tinggi	Kehilangan Fungsi utama	8
3	ENGSYT	Tinggi	Pengurangan Fungsi utama	7
4	GTRSYT	Tinggi	Pengurangan Fungsi utama	7
5	TRLSYT	Sedang	Kehilangan Kenyamanan Fungsi Penggunaan	6

Dalam penentuan nilai *occurrence* menggunakan skala yang dimana nilainya yaitu 1-10, nilai 1 adalah nilai terendah yang berarti mengalami sedikit kegagalan dan nilai 10 adalah tertinggi yang berarti mengalami kegagalan yang tak terganti. Selanjutnya akan dilakukan penilaian sebagai berikut:

**Tabel 8.** Tingkat Kriteria Occurrence

No	Failure Code	Klasifikasi Occurrence	Kriteria Occurrence	Hasil Penilaian
1	HSTSYT	Sangat tinggi	Kegagalan tak terganti	10
2	SPDSYT	Sangat tinggi	Kegagalan tak terganti	10
3	ENGSYT	Tinggi	Kegagalan yang berulang	8
4	GTRSYT	Tinggi	Kegagalan yang berulang	8
5	TRLSYT	Sedang	Kegagalan sekali	6

Dalam penentuan nilai *detection* diperoleh setelah mendapatkan nilai dari *occurrence* dan *severity*. Penilaian ini diperoleh dari skala 1-10, dimana nilai 10 yang berarti hampir tidak mungkin dengan kriteria tidak dapat mendeteksi adanya suatu kegagalan. Nilai 1 menjadi nilai terendah dengan kriteria pasti terdeteksi. Nilai 1 menjadi nilai terendah dengan kriteria pasti terdeteksi. Selanjutnya, nilai *Risk Priority Number* dihitung dengan mengalikan skor *severity*, *occurrence*, dan *detection* untuk memprioritaskan komponen mana yang memerlukan intervensi pemeliharaan segera [14]. Hasil perhitungan RPN ini kemudian berfungsi sebagai dasar pengambilan keputusan untuk merancang strategi perawatan preventif yang lebih adaptif, terutama pada komponen kritis yang memiliki probabilitas kegagalan tinggi namun sulit dideteksi selama inspeksi rutin [15]. Berdasarkan hal tersebut dibuatlah tabel penentuan deteksi kegagalan seperti berikut:

**Tabel 9.** Tingkat Kriteria Detection

No	Failure Code	Klasifikasi Detection	Kriteria Detection	Hasil Penilaian
1	HSTSYT	Sangat tinggi	Kesempatan yang sangat rendah dan sangat sulit untuk terdeteksi	9
2	SPDSYT	Agak tinggi	Kesempatan yang cukup tinggi untuk terdeteksi	4
3	ENGSYT	Sedang	Kesempatan yang sedang untuk terdeteksi	5
4	GTRSYT	Jarang	Kesempatan yang sangat rendah dan sulit untuk terdeteksi	8
5	TRLSYT	Sedang	Kesempatan yang sedang untuk terdeteksi	5

Sesuai dengan Tabel 9 selanjutnya dilakukan perhitungan Nilai RPN, yaitu :

$$1. \text{RPN HSTSYT} = 8 \times 10 \times 9 \\ = 720$$

$$2. \text{RPN SPDSYT} = 8 \times 10 \times 4 \\ = 320$$

$$3. \text{RPN ENGSYT} = 7 \times 8 \times 5$$

- = 280
4. RPN GTRSYT =  $7 \times 8 \times 8$   
= 448
5. RPN TRLSYT =  $6 \times 6 \times 5$   
= 180

Berdasarkan hasil perhitungan RPN, selanjutnya dilakukan pembuatan tabel FMEA:

**Tabel 10.** Failure Mode and Effects Analysis

No	System	Function	Potential Failure	Potential Effect of Failure	Potential Cause of Failure	Severity	Occurrence	Detection	RPN	Risk Level
1	HSTSYT	RTG crane yang digunakan untuk mengangkat dan menurunkan beban	Mengganggu mekanisme angkat dan pergerakan horizontal dari crane tersebut	Downtime	Terkena gesekan	8	10	9	720	Kritis
2	SPDSYT	Perangkat yang menempel pada kabel crane digunakan untuk menggenggam kontainer secara aman saat diangkat atau diturunkan.	Menyebabkan terhambatnya proses bongkar muat dari tumpukan kontainer ke truk	Mesin berhenti beroperasi sementara	Beban berlebih	8	10	4	320	Kritis
3	ENGSYT	Sistem yang memberikan daya untuk menggerakkan dan mengoperasikan crane di sepanjang relnya di terminal kontainer.	downtime	Penurunan kinerja mesin	material melebihi kapasitas yang seharusnya	7	8	5	280	Kritis
4	GTRSYT	Bagian dari RTG (Rubber Tyred Gantry) crane yang merujuk pada struktur utama yang mendukung mekanisme angkat dan pergerakan horizontal dari crane tersebut	Mengganggu mekanisme angkat dan pergerakan horizontal dari crane	Penurunan kinerja mesin	Penumpukan material dan beban berlebih	7	8	8	488	Kritis
5	TRLSYT	bagian dari mekanisme angkat yang	Mengganggu pergerakan dari spreader	menyebabkan kerusakan lebih lanjut	kurangnya pelumasan	6	6	5	180	Kritis

No	System	Function	Potential Failure	Potential Effect of Failure	Potential Cause of Failure	Severity	Occurrence	Detection	RPN	Risk Level
		memungkinkan pergerakan horizontal dari spreader atau alat pengangkat di sepanjang rel yang terdapat pada struktur gantry crane.			keausan pada bantalan / gear					

#### 4. Kesimpulan

Kesimpulan dari hasil penilaian RPN menunjukkan bahwa sistem HSTSYT memiliki tingkat risiko paling tinggi dengan nilai 720, diikuti oleh GTRSYT (488), SPDSYT (320), ENGSYT (280), dan TRLSYT (180). Urutan ini menegaskan bahwa terdapat beberapa komponen kritis yang berpotensi menimbulkan gangguan signifikan terhadap operasional apabila tidak segera ditangani. Identifikasi sistem dengan nilai RPN tertinggi menjadi dasar penting dalam menentukan prioritas perawatan, sehingga fokus pengendalian dapat diarahkan pada area yang paling rentan terhadap kegagalan.

Strategi perawatan yang tepat diperlukan untuk mengantisipasi risiko tersebut, terutama pada sistem dengan kategori kritis. Pendekatan yang dapat dilakukan meliputi penerapan preventive maintenance, inspeksi berkala, serta penggunaan teknologi monitoring untuk mendeteksi gejala awal kerusakan. Dengan demikian, masalah kecil dapat segera diidentifikasi dan diperbaiki sebelum berkembang menjadi kerusakan besar yang berimplikasi pada biaya tinggi dan gangguan operasional. Hal ini sejalan dengan prinsip manajemen risiko yang menekankan pentingnya deteksi dini dan tindakan korektif cepat.

Secara keseluruhan, hasil evaluasi RPN memberikan gambaran yang jelas mengenai prioritas perawatan sistem. Dengan adanya klasifikasi tingkat risiko, dapat menyusun rencana pemeliharaan yang lebih terarah, efisien, dan berkelanjutan. Implementasi strategi ini tidak hanya meningkatkan keandalan sistem, tetapi juga mendukung kelancaran operasional, mengurangi downtime, serta memperkuat efektivitas logistik. Pada akhirnya, pengendalian risiko yang tepat akan memberikan kontribusi signifikan terhadap peningkatan produktivitas dan keberlanjutan operasional perusahaan.

#### 5. Ucapan Terima kasih

Penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Terminal Petikemas Surabaya yang telah memberikan kesempatan dan data penelitian sehingga studi ini dapat terlaksana dengan baik. Penghargaan khusus diberikan kepada para pembimbing, rekan sejawat, serta tim teknis yang telah memberikan arahan, masukan, dan bantuan selama proses penelitian berlangsung. Tanpa dukungan semua pihak, penelitian ini tidak akan terselesaikan dengan baik.

#### 6. Daftar Pustaka

- [1] Republik Indonesia, *Undang Undang tentang keselamatan kerja*. Indonesia, 1970.
- [2] T. D. W. Rahmadany, A. Indartono, and M. Prihandono, "Analisis Pemeliharaan Dan Perawatan Rubber Tyre Gantry (RTG) Pada Perusahaan Bongkar Muat Petikemas Menggunakan Metode FMEA," in *Proceeding Maritime Business Management Conference*, 2025, pp. 229–239.
- [3] J. Vito Prisma, Said Salim Dahda, and N. Yanuar Pandu, "Analisis Risiko Kegagalan Komponen Elektrikal Pada Mesin Overhead Crane Dengan Metode FMEA dan FTA," *Jurnal Teknologi dan Manajemen Industri Terapan*, vol. 4, no. 4, pp. 2045–2056, Nov. 2025, doi: 10.55826/jtmit.v4i4.1353.
- [4] L. E. Ekasari, "Analisis Faktor Yang Memengaruhi Kecelakaan Kerja Pada Pengoperasian Container Crane di PT X Surabaya Tahun 2013–2015," *The Indonesian Journal of Occupational Safety and Health*, vol. 6, no. 1, p. 124, Nov. 2017, doi: 10.20473/ijosh.v6i1.2017.124-133.

- [5] M. Akbar, I. Pratiwi, and C. Paotonan, "Analisis Risiko Kecelakaan Kerja Pada Pekerjaan Bongkar Muat Kontainer Dengan Metode Job Safety Analysis," *Riset Sains dan Teknologi Kelautan*, pp. 196–203, Nov. 2023, doi: 10.62012/sensistek.v6i2.31693.
- [6] G. A. Pratama, Sunaryo, and G. A. Ardiani, "Safety Management On Loading Process With Rubber Tyred Gantry Crane: Case Study At Port of Tanjung Priok," *Russ. J. Agric. Socioecon. Sci.*, vol. 66, no. 6, pp. 150–164, Jun. 2017, doi: 10.18551/rjoas.2017-06.18.
- [7] V. A. Adelencia, Rusindiyanto, and Yus Ardianto, "Analisis Kerusakan Rubber Tired Gantry (RTG) Menggunakan RCM (Reliability Centered Maintenance) PT Berlian Jasa Terminal Indonesia," *LOGISTIK*, vol. 18, no. 01, pp. 89–103, Apr. 2025, doi: 10.21009/logistik.v18i01.51280.
- [8] N. F. Quratuláini, M. D. Khairansyah, and H. N. Amrullah, "Penilaian Risiko Kegagalan Gantry Crane Menggunakan Failure Mode Effect and Analysis (FMEA) dan Fishbone Diagram," *Journal of Safety, Health, and Environmental Engineering*, May 2025, doi: 10.35991/jshee.v3i1.56.
- [9] A. Heriawan and M. Fitri, "Design of a 10 Tons Overhead Crane With 21 Meters Span Using Finite Element Method," *International Journal of Innovation in Mechanical Engineering and Advanced Materials*, vol. 4, no. 3, p. 74, May 2023, doi: 10.22441/ijimeam.v4i3.18882.
- [10] D. Darunanto, Rr. E. Wahyuni, and D. Saidah, "Produktivitas Alat Bongkar Muat (Crane) Terhadap Berthing Time," *Jurnal Manajemen Bisnis Transportasi dan Logistik*, vol. 6, no. 2, p. 153, Dec. 2020, doi: 10.54324/j.mbtl.v6i2.527.
- [11] S. Riyadi and R. Darmawan, "Analisa Kekuatan Tarik Hook Sebagai Perancangan Overhead Crane Dengan Menggunakan Software Autodesk Inventor," *Motor Bakar : Jurnal Teknik Mesin*, vol. 3, no. 1, Sep. 2020, doi: 10.31000/mbjtm.v3i1.3070.
- [12] R. V. B. Watupongoh and D. Rusmiyanto, "Analisis Perawatan Alat Bongkar Muat Rubber Tyred Gantry di Terminal Peti Kemas Semarang (TPKS)," *Ocean Engineering : Jurnal Ilmu Teknik dan Teknologi Maritim*, vol. 3, no. 4, pp. 101–110, Dec. 2024, doi: 10.58192/ocean.v3i4.3046.
- [13] P. Chemweno, L. Pintelon, A. De Meyer, P. N. Muchiri, A. Van Horenbeek, and J. Wakiru, "A Dynamic Risk Assessment Methodology for Maintenance Decision Support," *Qual. Reliab. Eng. Int.*, vol. 33, no. 3, pp. 551–564, Apr. 2017, doi: 10.1002/qre.2040.
- [14] B. A. Putra, L. M. Putranto, and R. Irnawan, "Early Failure Detection of Quayside Container Crane Using the IoT Based Measurement Data," in *2024 International Conference on Technology and Policy in Energy and Electric Power (ICTPEP)*, IEEE, Sep. 2024, pp. 297–302. doi: 10.1109/ICT-PEP63827.2024.10733496.
- [15] Y. Dwie Nurcahyanie and A. Cahyono, "Identification and Evaluation of Logistics Operational Risk Using the FMEA Method at PT. XZY," *Aptisi Transactions on Technopreneurship (ATT)*, vol. 5, no. 1Sp, pp. 1–10, Feb. 2023, doi: 10.34306/att.v5i1Sp.306.