

Analisis Keandalan Sistem *Goliath Crane* 300 Ton Menggunakan Metode *FMECA*

Amalia Arifatul Mufida¹, Aulia Nadia Rachmat², Priyo Agus Setiawan³, Uranio Hario Bimo P⁴

^{1,2}Program Studi Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

³Program Studi Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

⁴Perusahaan Galangan Kapal, Surabaya 60155

*E-mail: nadia.rachmat@ppns.ac.id

Abstrak

Goliath crane merupakan salah satu pesawat angkat angkut dengan kapasitas terbesar di perusahaan galangan kapal yang ada di Surabaya. *Goliath crane* memiliki kapasitas angkat dan angkut sekitar 300 Ton dan menjadi satu-satunya alat *lifting* blok pada pembangunan dan perbaikan kapal maupun non kapal. Berdasarkan informasi tentang kegagalan komponen di perusahaan, masalah yang terjadi pada mesin *goliath crane* adalah kerusakan komponen yang menyebabkan gangguan dalam proses produksi. Beberapa insiden yang terjadi sebelumnya adalah kegagalan pada komponen *wire rope* mengalami putusnya kawat inti. Hal tersebut berdampak pada keselamatan pekerja di area kerja. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi bahaya dan menilai risiko yang dihasilkan oleh komponen kritis pada *goliath crane* 300 ton. Ini dilakukan dengan menganalisis data kegagalan dan melakukan wawancara dengan pakar, menggunakan metode *FMECA* (*Failure Mode, Effects, and Critical Analysis*). Hasil analisis kegagalan dengan *FMECA* menghasilkan nilai *criticality ranking*, yang kemudian dianalisis menggunakan diagram pareto. Dari analisis tersebut, ditemukan 3 mode kegagalan dengan nilai *criticality number* tertinggi yang menjadi prioritas yaitu *box panel* 1,5768, *Anti-Collision Sensors* 1,2264, dan *Variabel Freuquency Drive (VFD)* 1,0512.

Kata Kunci: *Criticality Ranking, FMECA, Galangan Kapal, Goliath Crane, Pareto Diagram*

Abstract

The Goliath crane is one of the largest lifting equipment with a capacity in the shipyard company located in Surabaya. The Goliath crane has a lifting and carrying capacity of around 300 tons and serves as the sole lifting tool for both ship and non-ship construction and repairs. Based on information regarding component failures in the company, the issue encountered with the Goliath crane is component damage leading to disruptions in the production process. Previous incidents include failures in the wire rope components resulting in core wire breakage, impacting worker safety and productivity. This research aims to identify hazards and assess the risks generated by critical components of the 300 tons goliath crane. It is conducted by analyzing failure data and conducting expert interviews using the FMECA (Failure Mode, Effects, and Critical Analysis) method. The FMECA analysis yields criticality ranking values, which are further analyzed using a Pareto diagram. From this analysis, 3 failure modes with the highest criticality numbers are identified as top priorities, namely box panel 1,5768, Anti-Collision Sensors 1,2264, and Variabel Freuquency Drive (VFD) 1,0512.

Keywords: *Criticality Ranking, FMECA, Goliath Crane, Pareto, Shipyard*

1. PENDAHULUAN

Menurut Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Nomor 8 Tahun 2020, pesawat angkat adalah peralatan yang dirancang untuk mengangkat, menurunkan, mengatur posisi, dan/atau menahan benda kerja atau muatan. Di

sebuah perusahaan galangan kapal di Surabaya, terdapat *goliath crane* yang merupakan salah satu pesawat angkat angkut dengan kapasitas terbesar. *Goliath crane* memiliki peran krusial dalam aktivitas perusahaan galangan kapal tersebut, terutama sebagai alat utama untuk mengangkat blok-blok besar selama pembangunan dan perbaikan kapal, baik kapal maupun non-kapal. Hal ini karena beban yang diangkat oleh blok kapal saat pemasangan mencapai 50 ton ke atas, sementara *crane* lain yang tersedia hanya memiliki kapasitas maksimum 20 ton atau 40 ton. Kegiatan pengangkatan merupakan salah satu pekerjaan yang memiliki risiko tinggi, sesuai dengan kategori risiko tinggi (*high risk job*) (Aprizaldi & Saputro, 2022). Intensitas penggunaan *goliath crane* menyebabkan sejumlah permasalahan seperti ditemukannya banyak keandalan pada komponen, kebisingan yang mengganggu, serta meningkatnya kebutuhan suku cadang untuk meningkatkan keandalannya. Salah satu permasalahan yang umum dialami oleh *goliath crane* adalah kerusakan pada komponennya. Kegagalan atau kerusakan komponen tersebut dapat menimbulkan efek domino pada proses produksi dan juga berpeluang menjadi potensi bahaya bagi pekerja di sekitar lokasi kerja (Rahma Fauzia et al., 2023). Oleh karena itu, penting untuk melakukan identifikasi dan perbaikan setiap kecacatan peralatan tepat waktu.

Berdasarkan masalah yang telah diuraikan, diperlukan penilaian risiko dan identifikasi bahaya terhadap komponen *goliath crane* 300 ton. Hal ini bertujuan untuk mengidentifikasi komponen yang rentan mengalami kegagalan secara berkala dan memiliki tingkat kritikalitas yang tinggi. *FMECA* mempunyai pengertian yaitu suatu teknik untuk mengevaluasi ataupun mendesain keandalan dari komponen pada suatu sistem dengan cara meneliti potensi modus kegagalannya untuk menentukan dampak yang ditimbulkan, baik dari keberhasilan sistem tersebut ataupun keselamatan pengguna dan peralatan, sehingga dapat diketahui kemungkinan kondisi paling kritis pada komponen-komponen tersebut (Mulyasari, 2020). Penetapan prioritas kegagalan dilakukan setelah menghitung nilai peringkat kritis, di mana titik kegagalan diurutkan dari yang terbesar hingga yang terkecil menggunakan diagram pareto. Prinsip dari diagram pareto adalah fokus pada titik kegagalan yang kritis yang menyumbang masalah terbesar (Dofantara et al., 2023).

Penelitian ini diharapkan dapat mencapai tujuan berikut: mengidentifikasi bahaya pada komponen *goliath crane* 300 ton, menentukan penyebab dasar komponen kritis pada *goliath crane* 300 ton menggunakan metode *Failure Mode Effect Analysis (FMEA)*, serta memberikan rekomendasi pengendalian yang tepat untuk meminimalisir kegagalan komponen dengan menggunakan pengendalian risiko yang memiliki *nilai Criticality Ranking (CR)* tertinggi. Hal ini diharapkan dapat membantu perusahaan meningkatkan kinerja fasilitas dalam proses bongkar muat, menjaga Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3), serta mencegah kerugian yang lebih besar dalam penanganan *goliath crane* 300 ton.

2. METODE

Failure Mode Effect and Criticality Analysis (FMECA)

Metode *Failure Mode Effect and Criticality Analysis (FMECA)* merupakan metode yang memiliki 2 analisa, yaitu menggunakan metode *Failure Mode Effect Analysis (FMEA)* dan metode analisa *Criticality Analysis (CA)* (M. A. Rahman et al., 2018). *FMECA (Failure Modes, Effects, and Criticality Analysis)* adalah pengembangan dari metode *FMEA (Failure Mode and Effects Analysis)* yang digunakan untuk melakukan analisis mulai dari peralatan atau proses produksi, jenis *defect* yang muncul, hingga dampak yang ditimbulkan dari *defect* tersebut. Selain itu, *FMECA* juga bertujuan untuk mengidentifikasi titik-titik kritis (A. Rahman & Fahma, 2021). *FMECA* pada dasarnya sama dengan *FMEA*, hanya saja yang membedakan adalah penambahan evaluasi kekritisitas pada setiap mode kegagalan (Ericson, 2005). Menurut Bakhtiar (2017), metode semi-kuantitatif memiliki kelebihan karena tingkat akurasi lebih baik dibandingkan dengan metode kualitatif. Selain itu, metode ini juga lebih mudah dan cepat dibandingkan dengan metode kuantitatif. Analisis dengan metode semi-kuantitatif dilakukan melalui pengamatan di lapangan produksi dan wawancara dengan perusahaan. Secara garis besar, menurut Ibrahim et al. (2011), analisis *Failure Mode Effect and Criticality Analysis (FMECA)* terbagi menjadi dua proses, yaitu:

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) adalah metode yang berfungsi untuk mengevaluasi berbagai risiko yang mungkin timbul dari berbagai masalah potensial menggunakan beberapa metode. Berikut ini adalah penjelasan mengenai parameter yang digunakan pada *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*:

1. *Item Number*

Item Number merupakan sistem penomoran yang terdiri dari kombinasi angka untuk menunjukkan posisi atau level hierarki komponen yang akan dianalisis.

2. *Equipment*

Equipment merupakan data peralatan atau komponen yang akan dilakukan identifikasi.

3. *Failure Mode*

Failure mode merupakan mode kegagalan dimana suatu sistem atau komponen tidak berfungsi sesuai

dengan tugas yang seharusnya.

4. *Failure Mechanism*

Failure mechanism merupakan penjelasan proses terjadinya suatu mode kegagalan yang menyebabkan kerusakan pada komponen.

5. *Failure Effects*

Failure effect merupakan dampak yang terjadi akibat terjadinya mode kegagalan pada sistem atau komponen.

6. *Severity*

Severity merupakan ukuran keseriusan efek dari mode kegagalan.

Sumber : (Department of the US Army, 2006)

Criticality Analysis adalah metode untuk mengukur dampak dari mode kegagalan yang signifikan yang mungkin terjadi pada peralatan atau sistem, terutama terkait dengan keselamatan dan keberhasilan operasional. Metode ini digunakan untuk menentukan peringkat kekritisan dari setiap potensi kegagalan pada setiap komponen dalam sistem, berdasarkan *Criticality Number* dan *Severity Ranking* (Nur Fitriyani et al., 2018). Dalam perhitungan *criticality analysis* dapat dilakukan secara kuantitatif yang perhitungannya akan dijelaskan sebagai berikut:

1. *Beta/Failure effect probability (β)*

Beta menggambarkan probabilitas efek kegagalan yang digunakan untuk mengukur efek kegagalan pada setiap *failure mode*.

2. *Alpha/Failure Mode Ratio (α)*

Alpha adalah nilai probabilitas pada komponen yang gagal dan dinyatakan dalam decimal.

3. *Failure rate (λ)*

Failure rate adalah rasio antara jumlah kegagalan per unit waktu dan tipe kerusakannya yang dinyatakan dalam per satu juta jam (*failures/106 hours*).

4. *Operation time (t)*

Operation time Merupakan lama waktu suatu komponen beroperasi.

5. *Failure mode criticality number (C_m)*

Failure mode criticality number adalah ukuran relatif dari frekuensi mode kegagalan.

6. *Criticality Number (C_r)*

Criticality number adalah pengukuran relatif konsekuensi dan frekuensi dari kegagalan item.

7. *Criticality ranking*

Criticality ranking adalah daftar untuk penentuan peringkat mode kegagalan yang paling diperhatikan terlebih dahulu, sampai paling sedikit.

Sumber : (Department of the US Army, 2006)

Diagram Pareto

Diagram Pareto adalah sejenis histogram yang menyusun data berdasarkan frekuensi dari yang terbesar hingga yang terkecil. Grafik pareto memiliki bentuk yang mirip dengan histogram. Sumbu horizontal adalah variabel kualitatif yang menunjukkan jenis cacat, dan sumbu vertikal adalah jumlah cacat dan persentase cacat (Suhaeri, 2017). Prinsip diagram pareto berlaku aturan 80/20 yang artinya 20% jenis kecacatan dapat menyebabkan 80% kegagalan proses (Basuki dkk, 2021). Diagram pareto dibuat dengan tujuan untuk mengidentifikasi masalah paling dominan yang perlu diprioritaskan untuk dilakukan perawatan maupun perbaikan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Failure Mode Effects and Criticality Analysis (FMECA)

FMECA adalah teknik identifikasi yang menggabungkan dua analisis terpisah, yaitu *FMEA* dan *CA*. *FMEA* merupakan tahap awal dalam pengembangan metode *FMECA*. *Functional Block Diagram (FBD)* digunakan untuk menggambarkan aliran proses kerja *goliath crane* 300 ton, sehingga *FBD* berfungsi sebagai alat bantu dalam mengidentifikasi kegagalan menggunakan *FMEA*. Hasil identifikasi kegagalan pada komponen *goliath crane* 300 ton menggunakan metode *FMEA* akan digunakan untuk analisis lebih lanjut menggunakan metode *FMECA*. Berikut adalah tabel 1, yang merupakan contoh analisis kegagalan pada 5 komponen *goliath crane* 300 ton menggunakan metode *FMEA*:

Tabel 1. FMEA Goliath Crane 300 Ton

No.	Equipment	Function	Function Failure	Failure Mode	Failure Mechanisme	Failure Effect
1	Box Panel	Sebagai tempat penyimpanan komponen elektronik	Panel listrik tidak dapat menyalurkan tegangan listrik	Korsleting listrik atau <i>short circuit</i> pada komponen	Arus berlebih yang mengalir pada panel listrik	Terbakar dan tidak terdapat suplai tenaga listrik untuk <i>goliath crane</i>
2	Anti-Collision Sensors	Sebagai sensor apabila ada objek yang menghalangi pergerakan <i>crane</i>	Tidak dapat mendeteksi objek yang menghalangi pergerakan <i>crane</i>	Sensor rusak atau tidak berfungsi	Sensor pada mesin sudah melebihi masa pakai	<i>Goliath crane</i> menabrak objek yang menghalangi pergerakannya
3	Variabel Freuquency Drive (VFD)	Mengendalikan putaran motor untuk <i>crane</i> dan <i>trolley</i>	Roda motor untuk <i>crane</i> dan <i>trolley</i> tidak dapat bergerak	Troubleshoot karena korsleting	Arus berlebih yang mengalir pada panel VFD	<i>Goliath crane</i> tidak dapat melakukan putaran motor
				Troubleshoot karena kotoran	Pembersihan dilakukan secara tidak teratur	
4	Wire Rope	Tali baja yang digunakan untuk mengangkat atau menurunkan beban	Kekuatan <i>wire rope</i> berkurang dan beban terjatuh dan menimpa area kerja	Kawat inti putus	Kawat sudah <i>lifetime</i>	<i>Wire rope</i> tidak mampu menaikkan dan menurunkan beban sehingga beban jatuh
				Stretching	Kurangnya pengecekan tingkat <i>stretch</i>	
5	Motor Trolley	Sebagai motor penggerak <i>gearbox trolley</i>	Motor <i>trolley</i> rusak atau tidak berfungsi	Motor <i>trolley</i> terbakar	Terjadi <i>short circuit</i> /korsleting	Roda <i>trolley</i> tidak dapat berputar sehingga <i>goliath crane</i> tidak dapat bekerja

Berdasarkan hasil identifikasi bahaya pada *goliath crane* 300 ton yang terdapat dalam Tabel 1. diketahui bahwa terdapat 31 komponen yang mengalami kegagalan. Pada 31 komponen tersebut, terdapat 50 mode kegagalan yang dapat menyebabkan kerusakan atau kegagalan pada *goliath crane* 300 ton. Komponen *Box panel* berfungsi sebagai tempat penyimpanan komponen elektronik untuk *goliath crane* 300 ton. Apabila terjadi kegagalan maka panel listrik tidak dapat menyalurkan tegangan listrik. Kerusakan pada *box panel* dikarenakan adanya arus berlebih sehingga mengakibatkan terjadinya korsleting listrik atau *short circuit* pada komponen dalam *box panel*. Efek kegagalan menyebabkan adanya potensi kebakaran pada panel sehingga suplai tegangan listrik untuk *goliath crane* 300 ton terhenti. Setelah menyelesaikan analisis menggunakan metode FMEA, langkah berikutnya adalah melakukan perhitungan analisis kritikalitas untuk menentukan *criticality number* dan *criticality ranking* pada komponen *goliath crane* 300 ton. Tabel 2. menunjukkan contoh penentuan nilai *criticality number* dan *criticality ranking* pada 5 komponen yang memiliki nilai *criticality ranking* tertinggi.

Tabel 2. FMECA Goliath Crane 300 Ton

<i>Failure Mode Effect and Criticality analysis</i>											
<i>System : Goliath Crane 300 Ton</i>						<i>Date : 2024</i>					
<i>Part Name :</i>						<i>Sheet : 1 of 11</i>					
<i>Reference Drawing :</i>						<i>Complied by : Amalia Arifatul Mufida</i>					
<i>Mission : Mengangkut beban kerja untuk produksi kapal</i>						<i>Approved : (Staff Maintenance)</i>					
<i>Item No.</i>	<i>Item Functional ID</i>	<i>Potential Failure Modes</i>	<i>Failure Mechanism (Cause)</i>	<i>S</i>	<i>Failure Rate (λ)</i>	<i>Failure Effect Probability (β)</i>	<i>Failure Ratio (α)</i>	<i>Operating Time (t)</i>	<i>Failure Mode Criticality Number (Cm)</i>	<i>Item Critically Number (ΣCm)</i>	<i>Item Criticaly Ranking (Crxs)</i>
1.	<i>Box Panel</i>	Korsleting listrik atau <i>short circuit</i> pada komponen	Arus berlebih yang mengalir pada panel listrik	6	0,000006	1	1	43800	0,2628	0,2628	1,5768
2.	<i>Anti-Collision Sensors</i>	Sensor rusak atau tidak berfungsi	Sensor pada mesin sudah melebihi masa pakai	7	0,000004	1	1	43800	0,1752	0,1752	1,2264
3.	<i>Variabel Frequency Drive (VFD)</i>	<i>Troubleshooting</i> karena korsleting	Arus berlebih yang mengalir pada panel VFD	6	0,000004	1	0,5	43800	0,0876	0,1752	1,0512
		<i>Troubleshooting</i> karena kotoran	Pembersihan dilakukan secara tidak teratur	6	0,000004	1	0,5	43800	0,0876		1,0512
4.	<i>Wire Rope</i>	Kawat inti putus	Kawat sudah <i>lifetime</i>	6	0,000004	1	0,16	43800	0,028032	0,162936	0,977616
		<i>Stretching</i>	Kurangnya pengecekan tingkat <i>stretch</i>	6	0,000003	1	0,12	43800	0,015768		0,977616
5.	<i>Motor Trolley</i>	<i>Motor trolley</i> terbakar	Terjadi <i>short circuit</i> /korsleting	6	0,000003	1	0,27	43800	0,035478	0,161622	0,161622

Berdasarkan Tabel 2. hasil analisis perhitungan *criticality analysis* menunjukkan 5 komponen *goliath crane* 300 ton yang memiliki nilai *criticality ranking* tertinggi. *Criticality analysis* merupakan metode kuantitatif yang mengukur data kegagalan dari suatu komponen dalam setiap mode kegagalan. Metode ini digunakan untuk menentukan tingkat kekritisan suatu komponen berdasarkan nilai *criticality number* dan *severity ranking*. Berikut ini adalah contoh langkah-langkah perhitungan *criticality analysis* pada salah satu komponen, yaitu *box panel* :

- a. Nilai *Severity class box panel* berada pada level 6 yaitu *moderate to high* dimana terdapat gangguan sehingga beberapa fungsi alat tidak bisa digunakan, dan membutuhkan waktu perbaikan cukup lama. Penentuan nilai *severity* ditentukan oleh *expert judgment*.
- b. Nilai *failure rate* (λ) merupakan jumlah kegagalan per satu juta jam. Pada komponen *box panel* dengan kegagalan fungsi korsleting listrik atau *short circuit* didapatkan dilakukan perhitungan sebagai berikut:

$$\lambda = \frac{(\text{Jumlah kegagalan tiap komponen})}{10^6 \text{ jam}} = \frac{6}{10^6} = 0,000006/\text{jam}$$

- c. Nilai *failure effect probability* (β) adalah 1 *actual loss*, karena efek kegagalan yang ditimbulkan mempengaruhi 100% fungsi alat.
- d. Nilai *failure mode ratio* (α) pada komponen *box panel* dengan kegagalan fungsi korsleting listrik atau *short circuit* didapatkan dilakukan perhitungan sebagai berikut:

$$\alpha = \frac{(\text{Jumlah kegagalan tiap mode})}{\text{Total jumlah kegagalan tiap komponen}} = \frac{6}{6} = 1$$

- e. Nilai *operating time* (t) pada komponen *goliath crane* 300 Ton selama lima tahun adalah sebesar 43800 jam.
- f. Nilai *failure mode criticality number* (C_m) pada komponen *box panel* dengan kegagalan fungsi korsleting listrik atau *short circuit* sebagai berikut:

$$C_m = \beta \times \alpha \times \lambda \times t$$

$$C_m = 1 \times 1 \times 0,000006/\text{jam} \times 43800$$

$$C_m = 0,2628$$

- g. Nilai *criticality number* (C_r) didapatkan dari penjumlahan nilai *failure mode criticality number* (C_m) pada setiap *failure mode*. Perhitungan didapatkan sebagai berikut:

$$C_r = \Sigma(C_m)$$

$$C_r = 0,2628$$

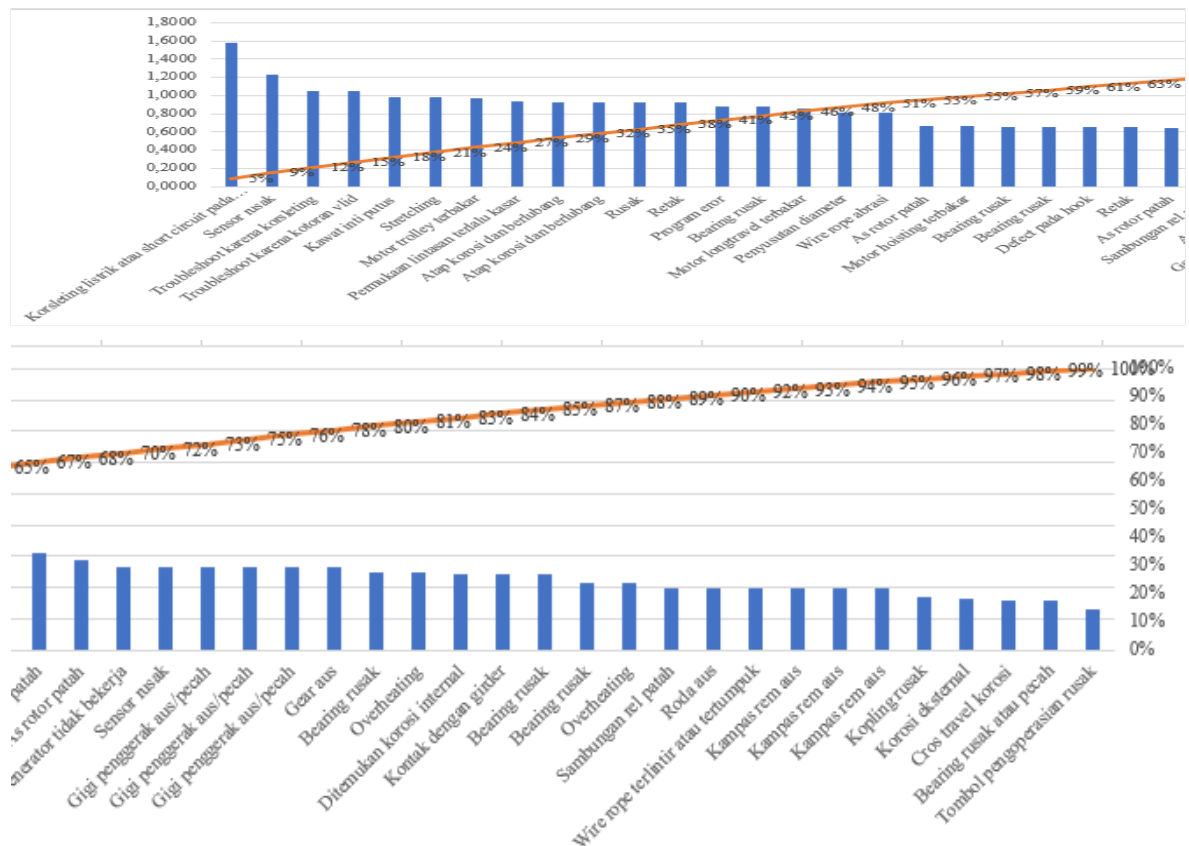
- h. Nilai *criticality ranking* didapatkan melalui perkalian antara nilai *criticality number* dengan *severty*. Perhitungan *criticality ranking* pada komponen *box panel* sebagai berikut:

$$\text{Criticality ranking} = C_r \times S$$

$$C_r = 0,2628 \times 6$$

$$C_r = 1,5768$$

Berdasarkan hasil perhitungan *criticality analysis*, komponen *box panel* memiliki *criticality ranking* tertinggi sebesar 1,5768, sedangkan komponen *cabin* memiliki *criticality ranking* terendah sebesar 0,2628. Setelah nilai *criticality ranking* diperoleh, nilai-nilai tersebut dijumlahkan untuk menentukan persentase *criticality ranking* masing-masing komponen. Persentase ini diperoleh dengan membagi nilai *criticality ranking* setiap komponen dengan total keseluruhan peringkat kekritikalitas, kemudian dikalikan dengan 100%. Nilai persentase peringkat kekritikalitas ini diurutkan dari yang tertinggi hingga yang terendah hingga mencapai 100%. Dengan demikian, komponen *goliath crane* 300 ton yang termasuk dalam kategori kritis dapat diidentifikasi. Tujuan penggunaan diagram pareto adalah untuk membantu mengurutkan nilai *criticality ranking* yang termasuk dalam risiko tinggi. Hal ini disebabkan oleh banyaknya nilai *criticality ranking* yang serupa satu sama lain. Gambar 1. menunjukkan grafik diagram pareto.



Gambar 1. Diagram Pareto Goliath Crane 300 Ton

Gambar 1. menunjukkan visualisasi perbedaan antara peringkat kegagalan dan efeknya. Sumbu X menggambarkan komponen goliath crane 300 Ton, sumbu Y kiri menunjukkan nilai criticality ranking, dan sumbu Y kanan menunjukkan nilai persentase kumulatif. Berdasarkan Gambar 1. titik kritis dalam penentuan komponen kritis goliath crane 300 Ton dapat diidentifikasi. Dari gambar tersebut terlihat bahwa beberapa komponen memiliki nilai persentase kumulatif di bawah 20%, dengan terdapat 3 mode kegagalan komponen. Komponen yang termasuk kritis antara lain box panel, Anti-Collision Sensors, dan Variabel Frekuensi Drive (VFD). Komponen-komponen ini sering mengalami kegagalan sehingga akan menjadi prioritas utama dalam upaya perbaikan di masa mendatang.

4. KESIMPULAN

Hasil yang diperoleh dari identifikasi bahaya menggunakan metode FMECA menunjukkan bahwa 31 komponen pada goliath crane 300 ton telah dianalisis untuk bentuk-bentuk kegagalan dan efek yang ditimbulkan terhadap proses kerja sebagai berikut:

- Berdasarkan data kegagalan yang dianalisis dari goliath crane 300 ton selama rentang waktu 2018-2023, ditemukan bahwa dari 31 komponen, terdapat 50 mode kegagalan dengan 179 kejadian kegagalan. Kegagalan ini dapat mengganggu keseluruhan kinerja sistem pada goliath crane 300 ton.
- Perhitungan criticality analysis menggunakan metode FMECA menunjukkan bahwa nilai criticality ranking adalah pada komponen box panel dengan nilai 1,5768, sedangkan nilai criticality ranking terendah adalah pada komponen cabin dengan nilai 0,2628.
- Penentuan komponen kritis menggunakan diagram pareto mengidentifikasi bahwa 3 mode kegagalan, yaitu komponen box panel, Anti-Collision Sensors, dan Variabel Frekuensi Drive (VFD), merupakan komponen kritis. Ketiga mode kegagalan ini dapat mempengaruhi seluruh proses kinerja sistem, sehingga komponen-komponen tersebut menjadi prioritas utama untuk tindakan perbaikan dan perawatan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- A. Basuki dan I. Chusnayaini, "Matrik Identifikasi Resiko Kegagalan Proses Penyebab Terjadinya Cacat Produk dengan Metode FMEA-SAW," *Jurnal Manajemen dan Teknik Undustri-Produksi*, vol. XXII, no. 1, hal. 37–44, 2021, doi: 10.350587/Matrik
- Aprizaldi, M. F., & Saputro, C. D. (2022). Analisis Risiko Kecelakaan Kerja Dalam Penggunaan Tower Crane dengan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP). *INERSIA*, 18(1), 83–93. <https://doi.org/10.21831/inersia.v18i1>
- Department of the US Army, .. (2006). Failure modes, effects and Criticality Analysis (FMECA) for command, control, computer, intelligence, surveillance and reconnaissance (C4ISR) Facilities. *Facilities*, 75.
- Dofantara, V., Subekti, A., & Natsir, H. (2023). *Identifikasi Kegagalan Komponen Pada Container Crane Menggunakan Failure Mode Effects and Criticality Analysis (FMECA) Dan Fault Tree Analysis (FTA)*.
- Ebeling, C. (1997). *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*. Singapore: McGraw-Hill.
- Ericson, C. A. (2005). *Hazard Analysis Techniques for System Safety*. Fredericksburg: Wiley-Interscience.
- Mulyasari, D. (2020). Peningkatan Keandalan Rem Mekanik Sub Komponen Alat Angkut Konveyor Rel dengan Menggunakan Metode Failure Mode, Effect and Criticality Analysis (FMECA). *Jurnal Ilmiah Nasional Bidang Ilmu Teknik*, 08(2), 15–19.
- Nur Fitriyani, A., Subekti, A., & Natsir Amrullah, H. (2018). *Identifikasi Kegagalan Komponen pada Unit Boiler dengan Menggunakan Metode FMECA (Studi Kasus : Perusahaan Pupuk)*.
- Permenaker No. 8 Tahun 2020. (t.t.).
- Rahma Fauzia, A., Yusuf Santoso, M., Nadia Rachmat, A., Studi Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, P., Teknik Permesinan Kapal, J., & Perkapalan Negeri Surabaya, P. (2023). *Penerapan FMECA Untuk Analisis Kegagalan Komponen CNC Plasma Cutting Di Perusahaan Galangan Kapal*.
- Rahman, A., & Fahma, F. (2021). Penggunaan Metode FMECA (Failure Modes Effects Criticality Analysis) dalam Identifikasi Titik Kritis di Industri Kemasan. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 110–119. <https://doi.org/10.24961/j.tek.ind.pert.2021.31.1.110>
- Rahman, M. A., Sandora, R., & Rachmat, A. N. (2018). *Perencanaan Kegiatan Perawatan Menggunakan RCM II dengan Mengaplikasikan FMECA dan Pendekatan BCA*. 183–188.
- Suhaeri, "Analisa Pengendalian Kualitas Produk Jumbo Roll Dengan Menggunakan Metode FTA (FAULT TREE ANALYSIS) Dan FMEA (Failure Mode And Effect Analysis) Di PT. Indah Kiat Pulp & Paper, Tbk," hal 1- 116, 2017.