

## Identifikasi Kegagalan Komponen Pada Container Crane Menggunakan *Failure Mode Effects and Criticality Analysis (FMECA) Dan Fault Tree Analysis (FTA)*

Vikko Dofantara<sup>1</sup>, Arief Subekti<sup>1</sup> dan Haidar Natsir Amrullah<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik  
Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

\*E-mail: [haidar.natsir@ppns.ac.id](mailto:haidar.natsir@ppns.ac.id)

### Abstrak

Didalam pelabuhan terdapat terminal petikemas sebagai penyedia akses transportasi bongkar-muat petikemas dari kapal ke darat maupun sebaliknya. Untuk mendukung seluruh tahapan proses yang dilakukan pada terminal petikemas maka membutuhkan layanan pesawat angkut perusahaan terminal petikemas contohnya seperti *Container Crane (CC)*. *Container Crane (CC)* adalah jenis *crane* portal tinggi berkaki tegak yang mengangkat benda dengan *hoist* yang dipasang di sebuah *trolley hoist* dan dapat bergerak secara *horizontal* pada sepasang rel yang dipasang di bawah balok atau lantai kerja. Perlu diadakannya sebuah perencanaan yang matang untuk meminimalisir terjadinya kegagalan sistem yang berpengaruh langsung terhadap perusahaan baik secara fisik dan material. Berdasarkan data kecelakaan dari perusahaan pada tahun 2019 dan 2020 terdapat beberapa kejadian yang disebabkan oleh kegagalan pada komponen *Container Crane (CC)*. Dan dengan penelitian menggunakan metode *Failure Mode Effects and Criticality Analysis (FMECA)* maka dapat diketahui mode kegagalan suatu sistem, subsistem, atau komponen. Kemudian mendapatkan nilai *Criticality* ranking sehingga menghasilkan risiko yang memiliki nilai paling tinggi akan dicari skenario penyebab dasar terjadinya kegagalan menggunakan metode *Fault Tree Analysis (FTA)*.

**Kata Kunci:** Petikemas, *Container Crane (CC)*, *Failure Mode Effects and Criticality Analysis (FMECA)*, *Fault Tree Analysis (FTA)*

### Abstract

*Inside the port there is a container terminal as a provider of access to loading and unloading container transportation from ship to land and vice versa. To support all stages of the process carried out at the container terminal, it requires aircraft services for container terminal companies, for example, such as Container Crane (CC). Container Crane (CC) is a type of high-legged portal crane that lifts objects with a hoist mounted on a trolley hoist and can move horizontally on a pair of rails mounted under a beam or work floor. It is necessary to hold a mature plan to minimize the occurrence of system failures that directly affect the company both physically and materially. Based on accident data from the company in 2019 and 2020 there were several incidents caused by failures in the Container Crane (CC) components. And with research using the Failure Mode Effects and Criticality Analysis (FMECA) method, it can be known the failure mode of a system, subsystem, or component. Then get the Criticality ranking value so as to produce the risk that has the highest value scenarios that will look for the basic causes of failure using the Fault Tree Analysis (FTA) method.*

**Keywords:** *contains a minimum of 3 and a maximum of 6 keywords used. Keywords are separated by commas and each word begins with a capital letter (half space from the abstract)*

## 1. PENDAHULUAN

Menurut Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Pasal 1 Ayat 1 Nomor PM 57 Tahun 2020, Pelabuhan adalah tempat yang terdiri atas daratan dan/atau perairan dengan batas-batas tertentu sebagai tempat kegiatan pemerintahan dan kegiatan pengusahaan yang dipergunakan sebagai tempat kapal bersandar, naik turun penumpang, dan/atau bongkar muat barang, berupa terminal dan tempat berlabuh kapal yang dilengkapi dengan fasilitas keselamatan dan keamanan pelayaran dan kegiatan penunjang pelabuhan serta sebagai tempat perpindahan intra dan antar moda transportasi. Didalam kawasan pelabuhan, terdapat terminal petikemas sebagai penyedia akses transportasi bongkar-muat petikemas dari kapal ke darat maupun sebaliknya. Peti kemas secara

defenisinya menurut *International Organization for Standardization (ISO)* adalah peti atau kotak yang memenuhi persyaratan teknis sesuai dengan *International Organization for Standardization (ISO)* sebagai alat atau perangkat pengangkutan barang yang bisa digunakan diberbagai moda, mulai dari moda jalan dengan truk peti kemas, kereta api dan kapal petikemas laut. Tempat penimbunan sementara petikemas ekspor dan impor yang dilengkapi dengan peralatan handling peti kemas sesuai standar pelayanan internasional, tersedia lapangan penumpukan yang memadai dan didukung Sumber Daya Manusia (SDM) yang handal serta dilengkapi dengan teknologi informasi dalam pengelolaan pelayanan peti kemas disebut dengan terminal petikemas. Dalam Keputusan Presiden Republik Indonesia Nomor 52 Tahun 1987 Tentang Terminal Peti Kemas, definisi dari Terminal Peti Kemas adalah tempat tertentu di daratan dengan batas-batas yang jelas, dilengkapi dengan prasarana dan sarana angkutan barang untuk tujuan ekspor dan impor dengan cara pengemasan khusus, sehingga dapat berfungsi sebagai pelabuhan. Operasional perusahaan terminal petikemas dapat berlangsung selama 24 jam tanpa henti, sehingga perusahaan ini memerlukan tingkat efisiensi yang tinggi. Untuk mendukung seluruh tahapan proses yang dilakukan pada terminal petikemas, maka keberadaan sebuah pesawat angkat-angkut sangat dibutuhkan dan memiliki peranan penting dalam proses layanan yang disediakan oleh perusahaan terminal petikemas contohnya seperti *Container Crane (CC)*.

Menurut Triatmodjo (2009), pengertian *Container Crane (CC)* adalah jenis crane portal tinggi berkaki tegak yang mengangkat benda dengan *hoist* yang dipasang di sebuah *trolley hoist* dan dapat bergerak secara horizontal pada sepasang rel yang dipasang di bawah balok atau lantai kerja. *Gantry crane* digunakan untuk mengangkat dan memindahkan muatan berat dan banyak digunakan di pelabuhan untuk proses *loading-unloading container*. Pengoperasian dan pengangkatan beban yang dilakukan oleh *Container Crane (CC)* secara terus-menerus dalam jangka waktu yang lama dapat menyebabkan terjadinya kegagalan operasi. Kerusakan pada salah satu komponen dapat menyebabkan kerusakan yang lebih besar pada sistem. Apabila terjadi suatu kerusakan atau kegagalan dari salah satu komponen atau sistem pada *Container Crane (CC)* dan berpeluang menyebabkan kecelakaan kerja, maka proses layanan yang dilakukan oleh *Container Crane (CC)* akan dihentikan. Sehingga akan berpengaruh terhadap produktivitas apabila terjadi kendala. Oleh karena itu perlu diadakannya sebuah perencanaan yang matang untuk meminimalisir terjadinya kegagalan sistem yang dapat berpengaruh langsung terhadap perusahaan baik secara fisik dan material.

Bedasarkan data kecelakaan dari perusahaan pada tahun 2019 dan 2020 terdapat beberapa kejadian yang disebabkan oleh kegagalan pada komponen *Container Crane (CC)*. Kegagalan tersebut dapat menimbulkan kerugian yang besar baik secara fisik maupun material. Kegagalan komponen *Container Crane (CC)* juga dapat membuat aktivitas bongkar-muat akan terhenti. Sehingga perlu dilakukan sebuah identifikasi bahaya pada setiap komponen *Container Crane (CC)* yang bertujuan untuk mengetahui faktor penyebab kegagalan komponen, mengetahui setiap risiko pada masing-masing komponen *Container Crane (CC)*, serta mengetahui tindakan yang dilakukan untuk meminimalisir risiko terjadinya kegagalan komponen pada *Container Crane (CC)*.

Untuk mengidentifikasi faktor penyebab kegagalan yang timbul, identifikasi kegagalan, serta penilaian dan pengendalian resiko kegagalan dapat menggunakan beberapa metode diantaranya *Failure Mode Effects Analysis (FMEA)*, *Fault Tree Analysis (FTA)*, dan *Failure Mode Effects and Criticality Analysis (FMECA)* dan *Event Tree Analysis (ETA)*. *Failure Mode Effects and Criticality Analysis (FMECA)* adalah perpanjangan dari *Failure Mode Effects Analysis (FMEA)* yang analisisnya dilakukan secara kuantitatif. *Failure Mode Effects Analysis (FMEA)* dan *Failure Mode Effects and Criticality Analysis (FMECA)* ini memiliki keterbatasan untuk pemeriksaan pada pengaruh eksternal kegagalan. Metode lain yang dapat digunakan adalah *Event Tree Analysis (ETA)*. *Event Tree Analysis (ETA)* dianggap hanya memperhatikan kesalahan manusia, penentuan resiko dan dan kemampuan berdasarkan perilaku. *Event Tree Analysis (ETA)* juga hanya terbatas pada satu kejadian. Metode selanjutnya yaitu *Fault Tree Analysis (FTA)*. Kelebihan dari *Fault Tree Analysis (FTA)* ini bersifat sistematis menjelaskan semua penyebab kejadian yang tidak diinginkan langsung mengarah ke modus kegagalan. Kelemahan dari metode ini adalah terlalu subjektivitas. Fokus pada *Fault Tree Analysis (FTA)* sangat sempit, dalam perhitungan juga membutuhkan keahlian yang sangat signifikan.

Pada penelitian ini metode yang akan di gunakan adalah *Failure Mode Effect, and Criticality Analysis (FMECA)*. *Failure Mode Effects and Criticality Analysis (FMECA)* adalah metodologi yang dirancang untuk mengidentifikasi mode kegagalan potensial untuk produk atau proses, dengan tujuan menilai risiko yang terkait dengan orang-orang mode kegagalan, dan memberikan peringkat masalah yang penting serta mengidentifikasi dan melakukan tindakan korektif untuk mengatasi masalah yang paling serius. *Failure Mode Effects and Criticality Analysis (FMECA)* menempati posisi penting dalam optimalisasi fungsi pemeliharaan. Bahkan membuat sistem yang dapat diandalkan sekaligus mengurangi jumlah kegagalan, dan membuatnya mudah dipelihara karena memungkinkan untuk mengontrol komponen dan fungsi mereka. Hal ini dapat diterapkan pada unsur-unsur penting, untuk mendominasi kegagalan, terutama yang memiliki tingkat kritis tertinggi. *Failure Mode Effects and Criticality Analysis (FMECA)* adalah alat yang telah diadaptasi dalam berbagai cara untuk berbagai keperluan. Sehingga hal ini dapat berkontribusi untuk meningkatkan desain produk dan proses agar mendapat keandalan yang lebih tinggi, kualitas yang lebih baik, peningkatan keamanan, kepuasan pelanggan ditingkatkan dan mengurangi

biaya. Dan dengan menggunakan metode *Failure Mode Effects and Criticality Analysis* (FMECA) maka dapat diketahui mode kegagalan suatu sistem, subsistem, atau komponen. Selain itu, juga didapatkan nilai *Criticality Ranking* (CR). Dari *Criticality Ranking* (CR) tersebut, risiko yang memiliki nilai paling tinggi akan dicari skenario penyebab dasar terjadinya kegagalan menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA). Metode *Fault Tree Analysis* (FTA) adalah suatu teknik yang digunakan untuk mengidentifikasi bahaya yang berperan terhadap terjadinya kegagalan. Metode ini dilakukan dengan pendekatan yang bersifat *top down*, yang diawali dengan asumsi kegagalan dari kejadian puncak (*Top Event*) kemudian merinci sebab-sebab suatu *Top Event* sampai pada suatu kegagalan dasar (*root cause*) (Hanif, Rukmi, & Susanty, 2015). Setelah penyebab dasar dari kegagalan tersebut diketahui, maka kemudian dapat dilakukan pemberian rekomendasi untuk tindakan pencegahan dan pengendalian.

Alasan dipilihnya metode *Failure Mode Effect and Critically Analysis* (FMECA) dalam penelitian ini karena *Failure Mode Effect and Critically Analysis* (FMECA) adalah suatu metode yang menggabungkan antara metode *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA) dengan metode analisa *Critically Analysis* (CA) yang menggunakan matriks kritikalitas yang bertujuan untuk membuat analisa potensi risiko yang kemungkinan bisa terjadi pada alat, proses, dan juga sistem. Sehingga *Failure Mode Effect and Critically Analysis* (FMECA) diaplikasikan untuk melakukan identifikasi faktor-faktor yang bisa menyebabkan kegagalan, identifikasi dampak terhadap hasil proses produksi, dan melakukan identifikasi terhadap tindakan preventive untuk menghindari terjadinya kegagalan.

*Failure Mode Effect and Critically Analysis* (FMECA) merupakan metode yang memiliki 2 analisa, yaitu menggunakan metode *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA) dan metode analisa *Critically Analysis* (CA). Metode *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA) berfungsi untuk melakukan evaluasi terhadap beberapa risiko yang berasal dari kemungkinan-kemungkinan terjadinya masalah dengan menggunakan beberapa cara atau metode. Metode *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA) memberikan tools yang sederhana dan mudah untuk diterapkan dalam hal menentukan risiko yang memiliki potensi yang besar dan perlu dilakukan tindakan preventive supaya bisa mencegah timbulnya masalah. Tujuan dari pengembangan metode ini adalah untuk memastikan komponen pada *Container Crane* (CC) akan mencapai persyaratan yang ditetapkan Evaluasi terhadap titik kegagalan (*failure mode*) dapat dilakukan dengan menggunakan dua pendekatan yang berbeda yaitu *Criticality Number* (CN) atau mengembangkan *Risk Priority Number* (RPN) (Bertolini dkk. 2006). Perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) didapatkan dari perkalian tingkat keparahan (*severity*), tingkat seberapa banyak gangguan yang dapat menyebabkan sebuah kegagalan (*occurance*), dan tingkat deteksi (*detection*).

Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat memenuhi tujuan dari penelitian yaitu: mengidentifikasi bahaya pada komponen *Container Crane* (CC), menentukan penyebab dasar komponen kritis pada *Container Crane* (CC) dengan metode *Fault Tree Analysis* (FTA), serta memberikan rekomendasi upaya pengendalian yang tepat untuk meminimalisir kegagalan komponen menggunakan pengendalian risiko yang memiliki nilai *Criticality Ranking* (CR) paling tinggi sehingga dapat membantu perusahaan untuk meningkatkan kinerja fasilitas dalam proses bongkar muat agar Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) lebih terjaga dan mencegah kerugian yang lebih besar di perusahaan dalam penanganan *Container Crane* (CC).

## 2. METODE

Dalam penulisan dan penyelesaian penelitian ini diperlukan suatu arah yang terstruktur untuk memudahkan dan mendapatkan hasil yang optimal. Dengan berdasarkan data pada perusahaan maka metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah semi kuantitatif. Metode ini merupakan metode yang menetapkan angka terhadap *severity* (tingkat keparahan) dan *occurance* (tingkat keseringan) yang didasarkan pada keputusan subjektif. Analisis ini berguna untuk mengidentifikasi dan memberikan peringkat (*ranking*) dari suatu kejadian yang berpotensi untuk menimbulkan konsekuensi yang parah, seperti kerusakan peralatan, gangguan terhadap bisnis, cidera pada manusia dan lain sebagainya (Kolluru, 1996).

Analisis *Failure Mode Effect and Critically Analysis* (FMECA) adalah pendekatan kualitatif untuk penelitian keselamatan dalam berbagai bidang. Keuntungan menggunakan metode *Failure Mode Effect and Critically Analysis* (FMECA) adalah mendapatkan pengetahuan yang berfokus pada fungsi dan hubungan interaksi dari suatu sistem dengan menggunakan analisa yang dilakukan secara sistematis antara hubungan sebab dan akibat. Kemudian informasi yang ada digunakan sebagai bagian dari manajemen risiko. Tingkat keandalan sistem operasional disini menjadi perhatian karena dapat digunakan untuk mengetahui elemen yang paling penting yaitu fungsi dan komponen yang digunakan pada *Container Crane* (CC), menentukan dan melakukan evaluasi peringkat kelemahan, mengetahui kesalahan penggunaan sistem, menentukan dan melakukan evaluasi terhadap titik-titik kritis serta dapat membuat rekomendasi untuk perusahaan.

Menurut Bakhiar (2017), metode semi kuantitatif memiliki kelebihan yaitu tingkat keakuratannya lebih bagus jika dibandingkan dengan metode kualitatif, selain itu juga metode ini mempunyai kelebihan lain yaitu lebih mudah dan cepat dari pada metode kuantitatif, tetapi metode semi kuantitatif ini juga memiliki kekurangan yaitu kurang akurat jika dibandingkan dengan metode kuantitatif, dan skala yang dipakai adalah skala yang harus tepat dalam penentuan tingkat risiko. Analisa menggunakan metode semi kuantitatif dilakukan dengan cara pengamatan

di lapangan produksi, dan proses wawancara pada perusahaan. Secara garis besar menurut Ibrahim *et al.* (2011) analisa *Failure Mode Effect and Critically Analysis* (FMECA) terbagi menjadi 2 proses, yaitu:

1. Analisis *Failure Modes and Effect Analysis* (FMEA).

Analisa *Failure Modes and Effect Analysis* (FMEA) terdiri dari beberapa tahap yaitu: analisa titik-titik kegagalan (*product defect*). Pada tahap awal yang dilakukan adalah: menetapkan *ID*, menetapkan titik-titik kegagalan dan yang menyebabkan terjadinya kegagalan. Evaluasi mengenai titik-titik kegagalan pada penelitian ini dilakukan dengan perhitungan nilai *Risk Priority Number* (RPN). *Risk Priority Number* (RPN) adalah hasil perkalian dari *Severity* (S), *Occurance* (O) dan *Detection* (D). Menurut Andiyanto, dkk (2017) *Severity* (S) adalah tingkat keparahan akibat dari proses yang gagal pada proses produksi dan aktivitas yang ada di pabrik lainnya. *Detection* (D) adalah kemampuan mendeteksi kegagalan proses yang bisa diketahui sebelum terjadinya kegagalan tersebut. *Occurance* (O) adalah menentukan nilai gangguan yang bisa mengakibatkan kegagalan proses produksi.

2. *Critical Analysis* (CA).

Analisis kriticalitas menggunakan matriks kriticalitas (*criticality matrix*). Analisis kriticalitas dilakukan melalui beberapa tahap yaitu:

- a. Menentukan tingkat keparahan (*severity*) dan juga tingkat banyak gangguan yang dapat menyebabkan sebuah kegagalan (*occurance*)
- b. Melakukan perhitungan nilai *Risk Priority Number* (RPN) pada setiap titik kegagalan
- c. Menempatkan setiap titik kegagalan pada matriks kriticalitas dengan memperhatikan nilai *Severity* (S) dan *Occurance* (O) pada data. Jika posisi titik kegagalan cenderung berada di sebelah kiri kolom maka artinya titik kegagalannya semakin tinggi, dan jika titik kegagalan berada di posisi semakin keatas baris maka tingkat kegagalannya juga semakin tinggi, dan ini berlaku sebaliknya jika posisinya semakin ke kanan kolom dan dibawah baris maka tingkat kegagalannya semakin rendah.

Berikut ini adalah alur proses metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut: data dikumpulkan dengan cara pengamatan di lapangan dan wawancara kepada perusahaan untuk mengetahui mode kegagalan komponen pada *Container Crane* (CC), langkah selanjutnya adalah perhitungan nilai *Risk Priority Number* (RPN). Nilai *Risk Priority Number* (RPN) didapatkan setelah tim pakar menentukan rating *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D). Pada tahap ini peneliti merangkum beberapa potensi yang mungkin akan terjadi kegagalan dan juga mendata kegagalan yang sudah pernah terjadi di perusahaan. Pada saat proses mendata ini, peneliti dibantu oleh para pakar dari perusahaan. Pakar perusahaan menentukan nilai *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D). Pakar perusahaan adalah sejumlah orang yang memiliki kemampuan lebih di bidangnya sehingga pendapatnya dapat digunakan untuk menerapkan metode *Failure Mode Effect and Critically Analysis* (FMECA). Pakar perusahaan dapat ditentukan berdasarkan pengalaman dari *staff* yang sudah berkecimpung lama dalam proses produksi di perusahaan.

Langkah selanjutnya setelah ada nilai *Risk Priority Number* (RPN) adalah melakukan prioritas dengan cara mengurutkan titik kegagalan dari terbesar ke yang terkecil menggunakan diagram pareto. Diagram pareto mampu menyelesaikan masalah-masalah yang besar diubah menjadi beberapa bagian kecil dan bisa memilah titik kegagalan yang memiliki kontribusi besar yang bertujuan untuk menghasilkan perbaikan yang optimal dengan menggunakan sumber daya yang memprioritaskan pada perbaikan. Prinsip dari diagram pareto adalah fokus pada titik kegagalan yang kritis yang menyumbang masalah terbesar. Kemudian hasil dari proses prioritas menggunakan diagram pareto akan mendapatkan beberapa mode kegagalan dan setelah itu dilakukan kembali proses pemprioritasan menggunakan matriks kriticalitas. Matriks kriticalitas digunakan apabila terdapat nilai *Risk Priority Number* (RPN) yang sama sehingga perlu dilakukan pemprioritasan dengan cara memperhatikan nilai *Severity* (S) dan *Occurance* (O). Dari hasil pemprioritasan dengan matriks kriticalitas tersebut maka didapatkan urutan prioritas mode kegagalan terbaru yang selanjutnya digunakan untuk menentukan penyebab terjadinya kegagalan dengan menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA). *Fault Tree Analysis* (FTA) dilakukan dengan menentukan *top event* dari hasil *Failure Mode Effect And Criticality Analysis* (FMECA) yang memiliki *Criticality Ranking* (CR) paling tinggi. Setelah *top event* ditentukan, selanjutnya dilakukan *breakdown* dari *top event* untuk mengetahui penyebab dasar/*cut set* dari *top event*. Tujuan menghilangkan *cutset* adalah untuk mendapatkan minimal *cutset*. Dan berdasarkan hasil komponen yang termasuk kritis akan dijadikan *top event* yang merupakan definisi dari kegagalan suatu sistem. Dan dari hasil tersebut diharapkan dapat memberikan suatu rekomendasi pada perusahaan sebagai tindakan pencegahan dan pengendalian pada *Container Crane* (CC) dengan menggunakan pendekatan hirarki pengendalian (*Hierarchy of Controls*).

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Mode Kegagalan dan Perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) digunakan untuk melakukan evaluasi titik kegagalan bisa dilakukan dengan dua cara yaitu, *Criticality Number* (CN) atau menggunakan *Risk Priority Number* (RPN) (Andiyanto, dkk. 2017). Penentuan nilai *Risk Priority Number* (RPN) dilakukan dengan cara perkalian

antara nilai *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D), dimana nilai tersebut merupakan hasil dari identifikasi dari setelah melakukan pengamatan dan wawancara dengan pakar perusahaan. Berikut rumus perhitungan dari *Risk Priority Number* (RPN):

$$\text{Risk Priority Number (RPN)} = \text{Severity (S)} \times \text{Occurance (O)} \times \text{Detection (D)}$$

Pada Tabel 1 berikut ini adalah nilai dari perhitungan *Risk Priority Number* (RPN). Dapat dilihat ada beberapa titik kegagalan pada setiap alat atau mesin. Hasil nilai *Risk Priority Number* (RPN) beserta rincian nilai *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D).

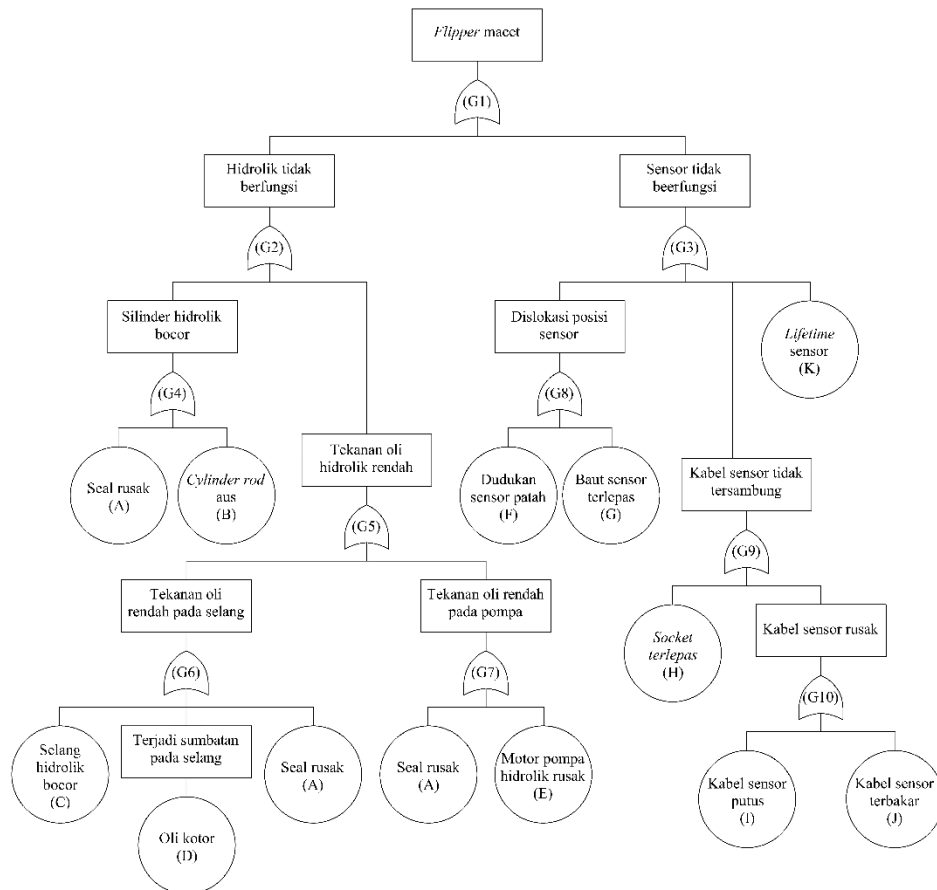
**Tabel 19.** Nilai *Risk Priority Number* (RPN) dari Setiap Mode Kegagalan

No. Item	Komponen	Kegagalan Fungsi	S	O	D	RPN
1	Generator	Tidak dapat mensuplai tenaga listrik	4	1	1	4
2	Reset Control Panel	Tidak dapat menyalurkan suplai tenaga listrik	2	2	1	4
3	Push Button	Tidak dapat menyalurkan tenaga listrik ke berbagai instrumentasi	3	2	1	6
4	Joystick	Tidak dapat mengirim sinyal/tidak berfungsi	3	1	2	6
5	PLC	Tidak dapat melakukan kontrol perangkat-perangkat pada Container Crane (CC)	3	1	2	6
6	Brake Pump	Tidak dapat memompa brake fluid	4	1	2	8
7	Brake Hose	Tidak dapat menyalurkan brake fluid	4	2	1	8
8	Brake Pad	Tidak dapat menekan disc brake	5	3	1	15
9	Disc Brake	Tidak dapat menerima tekanan dan gesekan dari brake pad	5	1	1	5
10	Automatic Greaser Pump	Tidak dapat memompa grease	2	3	2	12
11	Automatic Greaser Hose	Tidak dapat menyalurkan grease	2	3	2	12
12	Automatic Greaser Nozzle	Tidak dapat mengeluarkan grease	3	4	1	12
13	Motor	Arus listrik tidak dapat terkonversi menjadi gerak rotari (putaran)	4	2	1	8
14	Gearbox	Motor tidak dapat memutar rope drum	3	1	2	6
15	Trolley Wheel	Trolley tidak dapat bergerak secara horizontal	4	1	1	4
16	Bridge Rail	Tidak ada landasan untuk trolley wheel bergerak	4	1	1	4
17	Trolley End Track	Tidak ada batas landasan untuk trolley wheel	3	2	1	6
18	Wire Rope Drum	Wire rope tidak dapat menggulung dengan sempurna	3	2	2	12
19	Wire Rope	Tidak dapat menarik atau mengangkat beban	5	2	2	20
20	Spreader	Tidak dapat mengangkat beban (container)	5	1	2	10
21	Telescopic Beam	Tidak dapat menyesuaikan panjang beban (container)	3	2	1	6
22	Hydraulic Drive	Tidak dapat memompa oli hidrolik	3	2	2	12
23	Hydraulic Hose	Tidak dapat menyalurkan oli hidrolik	3	3	1	9
24	Solenoid Valve	Tidak dapat membuka atau menutup	2	3	2	12
25	Telescopic Hydraulic Cylinder	Tidak dapat melakukan dorongan atau tarikan	4	1	2	8
26	Twistlock Hydraulic Cylinder	Tidak dapat melakukan dorongan atau tarikan	4	1	2	8
27	Twistlock	Tidak dapat melakukan penguncian terhadap beban (container)	3	4	2	24
28	Flipper	Tidak dapat terbuka dan menutup	3	5	1	15

#### Analisa Prioritas Mode Kegagalan

Untuk menentukan pemilihan mode kegagalan maka harus ditentukan terlebih dahulu prioritas mode kegagalannya, untuk menentukan prioritas kegagalan ini diperlukan diagram pareto. Fungsi dari diagram pareto adalah untuk mengurutkan tingkat kegagalan dari yang terbesar sampai ke yang terkecil, dimulai dari sebelah





Gambar 6. Bagan Fault Tree Analysis (FTA) Flipper Macet

Dari gambar 3 tersebut dapat diketahui bahwa *flipper macet* merupakan top event dari *Fault Tree Analysis* (FTA). Simbol persegi panjang merupakan simbol dari *intermediate event* yang dapat dikembangkan hingga mendapatkan penyebab dasar. Setiap *intermediate event* akan diberikan *gate symbol* untuk menentukan *event* tersebut dapat terjadi karena dua penyebab atau satu penyebab. Ketika *event* tersebut dapat terjadi karena dua penyebab maka akan diberi *symbol "AND gate"* sedangkan jika dapat terjadi karena satu penyebab maka diberikan *symbol "OR gate"*. Dari gambar tersebut hanya terdapat *symbol "OR gate"* yang dapat menyebabkan *intermediate event* terjadi dan setiap simbol diberi kode untuk mempermudah menentukan minimal *cutset*. Sedangkan simbol lingkaran merupakan simbol *basic event* yang sudah tidak dapat dikembangkan lagi. Dari gambar tersebut dapat disimpulkan bahwa *basic event* dari kegagalan dari *flipper macet* adalah sebagai berikut:

Tabel 20. Basic Event Flipper Macet

Huruf	Basic Event
A	Seal rusak
B	Cylinder rod aus
C	Selang hidrolik bocor
D	Oli kotor
E	Motor pompa hidrolik rusak
F	Dudukan sensor patah
G	Baut sensor terlepas
H	Socket terlepas
I	Kabel sensor putus
J	Kabel sensor terbakar
K	Lifetime sensor

Dari tabel 2 didapatkan 11 *basic event* dari terjadinya kerusakan *flipper macet*. *Basic event* tersebut akan membentuk minimal *cutset* berdasarkan gambar 3. Hasil minimal *cutset* dari *flipper macet* sebagai berikut.

Tabel 21. Minimal Cutset Flipper macet

G1	G2	G4	A	A	A	A	A	A	A	A	A
	G6	G3	G3	G3	G3	G3	G8	F	F	F	F
		G5	G5	G6	C	C	C	C	C	C	C
			B	B	B	B	B	B	B	B	B
				G7	G7	A	A	A	A	A	A
					D	D	D	D	D	D	D
					A	A	A	A	A	A	A
						E	E	E	E	E	E
							G9	G9	H	H	H
							K	K	K	K	K
								G	G	G	G
									G10	I	I
										J	J

Minimal *cutset* merupakan *basic event* minimal yang dapat mengakibatkan *top event*. Berdasarkan tabel 3 minimal *cutset* dari *flipper* macet adalah pada kolom tabel yang berwarna abu-abu. Huruf tersebut merupakan *basic event*. Untuk menghindari terjadinya *top event* maka perlu menghilangkan *basic event* yang ada pada minimal *cutset* atau memutus rangkaian item pada minimal *cutset* tersebut.

Dari hasil analisis *Fault Tree Analysis* (FTA) pada komponen *flipper* dengan mode kegagalan *flipper* macet yang termasuk dalam komponen kritis didapatkan berbagai macam *basic event* yang selanjutnya dapat diberikan saran atau rekomendasi untuk mencegah terjadinya *basic event* yang kemudian dapat memicu terjadinya *top event*. Berikut daftar rekomendasi berdasarkan *basic event* yang telah dianalisa dapat dilihat pada tabel 4.

**Tabel 22.** Rekomendasi Berdasarkan *Basic Event*

Huruf	<i>Basic Event</i>	Rekomendasi
A	<i>Seal</i> rusak	Dilakukan inspeksi berkala dan dilakukan penggantian apabila terdapat kecacatan
B	<i>Cylinder rod</i> aus	Dilakukan inspeksi dan <i>maintenance</i> berkala
C	Selang hidrolik bocor	Dilakukan inspeksi dan <i>maintenance</i> berkala
D	Oli kotor	Dilakukan inspeksi dan penggantian oli baru secara berkala
E	Motor pompa hidrolik rusak	Dilakukan inspeksi dan <i>maintenance</i> berkala
F	Dudukan sensor patah	Dilakukan inspeksi berkala dan penggantian apabila terdapat kerusakan
G	Baut sensor terlepas	Dilakukan inspeksi dan <i>maintenance</i> berkala
H	<i>Socket</i> terlepas	Dilakukan inspeksi dan <i>maintenance</i> berkala
I	Kabel sensor putus	Dilakukan inspeksi berkala dan penggantian apabila terdapat kerusakan
J	Kabel sensor terbakar	Dilakukan inspeksi berkala dan penggantian apabila terdapat kerusakan
K	<i>Lifetime</i> sensor	Dilakukan inspeksi, <i>maintenance</i> dan penggantian apabila terdapat kerusakan

Berdasarkan data pada Tabel 4, maka pengendalian resiko bahaya yang direkomendasikan adalah inspeksi, *maintenance* alat secara berkala, dan penggantian apabila terdapat kerusakan.

#### 4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang bisa diambil dari penelitian ini adalah terdapat 4 komponen dan mode kegagalan yang termasuk dalam komponen kritis. Komponen yang termasuk dalam komponen kritis tersebut antara lain, *twistlock* dengan mode kegagalan *twistlock* patah, *wire rope* dengan mode kegagalan *wire rope* putus, *brake pad* dengan mode kegagalan *brake pad* aus, dan *flipper* dengan mode kegagalan *flipper* macet atau patah. Penerapan metode *Failure Mode Effect And Criticality Analysis* (FMECA) dapat dilakukan sebagai upaya untuk mencegah risiko kegagalan yang dapat terjadi dan sebagai tahap awal untuk melakukan perencanaan berikutnya terkait dengan perawatan mesin, sehingga setelah dilakukan analisis menggunakan metode FMECA dapat dilakukan rekomendasi dengan menggunakan pendekatan hirarki pengendalian (*hierarchy of control*) dengan cara inspeksi, *maintenance* alat secara berkala, dan penggantian apabila terdapat kerusakan.



## 5. DAFTAR PUSTAKA

- Ambekar SB, Ajinkya E, dan Vivek S. 2013. *A review: implementation of failure mode and Effect Analysis. International Journal Engineering and Innovative Technology* 2(8):37-41.
- Andiyanto S, Sutrisno A, dan Punuhsingon C. 2017. Penerapan metode FMEA (*Failure Mode And Effect Analysis*) untuk kuantifikasi dan pencegahan resiko akibat terjadinya *lean waste*. *Jurnal Online Poros Teknik Mesin*. 6(1): 45-57.
- Bakhtiar A, Pratiwi RD, dan Susanty A. 2017. Analisis kegagalan proses produksi bengkirai decking dengan metode FMEA (*Failure Modes, Effects and Critically Analysis*). Seminar dan Konferensi Nasional IDEC, Surakarta, Indonesia: 8-9 Mei 2017.
- Ericson, C. A. (2005). *Fault Tree Analysis*. Dalam *Hazard Analysis Techniques for System Safety*. Fredericksburg, Virginia: Wiley Interscience.
- Ericson. (2005). *Hazard Analysis Techniques for System Safety New Jersey*: Wiley-Interscience.
- Keputusan Presiden Republik Indonesia Nomor 52 Tahun 1987 Tentang Terminal Peti Kemas.
- Peraturan Menteri Perhubungan Tentang Perubahan Kedua Atas Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 51 Tahun 2015 Tentang Penyelenggaraan Pelabuhan Laut.
- Putra HNE, Subukti A, dan Rachmad AN. 2017. Analisis risiko menggunakan metode FMCEA dan metode topsis untuk penentuan prioritas perbaikan pada steam turbine di perusahaan pembangkit listrik tenaga panas bumi. *Proceeding 1<sup>st</sup> Conference on Safety Engineering and Its Application*, Program Studi D4 Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja – Politeknik Perkapalan Negeri, Surabaya, Indonesia: 19 Agustus 2017.
- Rahman, A., & Fahma, F. 2021. Penggunaan metode FMECA (*Failure Modes Effects Critically Analysis*) dalam identifikasi titik kritis di industri kemasan. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*. 31(1) : 110-119.
- Satriyo B. (2017). Analisis Pengendalian Kualitas dengan Menggunakan Metode Fault Tree Analysis Untuk Meminimumkan Cacat pada *Crank Bed* di Lini Painting PT. Sarandi Karya Nugraha. Semarang: Universitas Diponegoro Semarang
- A. N. Fitriyani, dkk. "Identifikasi Kegagalan Komponen Pada Unit Boiler Dengan Menggunakan Metode Fmeca (Studi Kasus : Perusahaan Pupuk)," *Proceeding 2nd Conf. Saf. Eng.*, no. ISSN No. 2581 – 1770, p. 670, 2018.