

Analisis Risiko Gondola Temporer pada Pekerjaan *Repair Silo* dengan metode *Failure Mode Effect Analysis (FMEA)*

Nur Wahyuningtias¹, Haidar Natsir Amrullah^{1*} dan Mades Darul Khairansyah¹

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

*E-mail: haidar.natsir@ppns.ac.id

Abstrak

Jurnal ini membahas permasalahan yang timbul dalam pekerjaan konstruksi repair silo akibat tingginya intensitas penggunaan gondola temporer. *Object* yang diteliti yaitu 12 unit gondola temporer yang beroperasi di area *project repair silo* Surabaya. Tingginya intensitas penggunaan gondola menjadikan alat angkut angkut ini sebagai alat pendukung pekerjaan yang sangat penting, terjadinya kendala akan menyebabkan risiko kerugian mulai dari biaya, waktu hingga berdampak pada keselamatan kerja, maka dari itu penting untuk melakukan analisis risiko pada gondola temporer. Metode yang digunakan yaitu *Failure Mode Effect Analysis (FMEA)* terhadap komponen-komponen gondola temporer, yang selanjutnya dilakukan perhitungan *severity*, *occurrence*, dan *detection* pada setiap komponen. Hasil dari analisis ini berupa nilai RPN (*Risk Priority Number*) yang akan menjadi prioritas dalam pengendalian risiko. Berdasarkan hasil dari analisis risiko terhadap gondola temporer di area *project repair silo* Surabaya di temukan 3 komponen dengan nilai RPN tertinggi salah satunya yaitu kerusakan pada komponen *diode* akibat salah pemasangan dan penggunaan gondola yang tidak sesuai dengan instruksi kerja dengan nilai RPN 343. Hasil analisis ini dapat menjadi landasan pentingnya tindakan perbaikan komponen sebelum berkembang menjadi potensi kecelakaan kerja.

Kata Kunci: *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*, Gondola Temporary, Keselamatan, RPN.

Abstract

This journal discusses the problems that arise in silo repair construction work due to the high intensity of the use of temporary gondolas. The object under study is 12 temporary gondola units operating in the Surabaya silo repair project area. The high intensity of gondola use makes this lifting equipment a very important work support tool, the occurrence of obstacles will cause a risk of loss ranging from costs, time to impact on work safety, therefore it is important to carry out a risk analysis on temporary gondolas. The method used is Failure Mode Effect Analysis (FMEA) on the components of the temporary gondola, which then calculates the severity, occurrence, and detection of each component. The result of this analysis is the RPN (Risk Priority Number) value which will be a priority in risk control. The results of the risk analysis of the temporary gondola in the Surabaya silo repair project area found 3 component with the highest RPN value, namely damage to the diode component due to incorrect installation and use of the gondola that is not in accordance with work instructions with an RPN value of 343. The results of this analysis can be the basis for the importance of action repair of components before developing into a potential work accident

Keywords: *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*, Gondola Temporary, RPN, Safety.

1. PENDAHULUAN

Konstruksi merupakan salah satu sektor pekerjaan yang memiliki intensitas pekerjaan cukup tinggi dan berjalan dengan sangat cepat. Pekerjaan konstruksi memiliki karakteristik yang berbeda dengan pekerjaan lain seperti adanya jangka waktu dalam menyelesaikan proyek, pekerjaan berjalan dengan sangat cepat, penggunaan alat angkut dan alat berat dan memiliki risiko yang tinggi terhadap kecelakaan. Hingga saat ini sektor konstruksi masih menduduki peringkat atas jumlah kecelakaan kerja tertinggi. Kegiatan konstruksi sangat beragam, seperti Pembangunan gedung tinggi, jalan raya, fasilitas umum hingga Pembangunan dan repair cimney dan silo. Salah satunya yaitu perusahaan jasa konstruksi milik swasta yang berpusat di Jakarta. Perusahaan ini memiliki spesialisasi dalam pembangunan dan perbaikan silo dan cimney. Perusahaan ini memiliki banyak proyek di berbagai kota dan negara lain, salah satunya yaitu *project repair silo* di salah satu perusahaan besar di area Surabaya. Dalam *project* ini perusahaan dituntut untuk dapat me-*repair* 138-unit silo yang terbagi dalam 4 *plant area* dalam kurun waktu 5 tahun. Aktivitas *repair* dilakukan mulai dari perbaikan struktur beton *mat foundation*,

bagian dalam silo, luar silo, *coating* area luar silo dan pengecoran hingga *waterproofing* bagian atap silo.

Pekerjaan *repair* silo memiliki dua bahaya risiko tingkat tinggi yaitu pekerjaan ketinggian dan *confined space*. Ketinggian silo setiap area pun beragam, mulai dari 42 M hingga 50 M. Dalam pelaksanaannya perusahaan ini memiliki tiga sub-kontraktor dimana dua diantaranya yaitu perusahaan penyedia sumber daya manusia dan satu lainnya yaitu perusahaan penyewaan mesin gondola.

Kegiatan *repair* memiliki 3 jenis alat angkat dan angkut yang digunakan sebagai penunjang aktivitas kerja diantaranya yaitu *platform hidroulik jack*, gondola, dan winchi 15 Hp. Ketiga alat tersebut adalah alat penunjang terpenting dalam aktivitas *repair* dan apabila terjadi kerusakan maka dapat memberikan dampak besar terhadap keberlangsungan aktivitas kerja. Namun sampai dengan saat ini masih belum ada *preventive maintenance* yang dilakukan, Sehingga perbaikan mesin hanya dilakukan apabila sudah terjadi kerusakan.

Berdasarkan peraturan Menteri tenaga kerja republik Indonesia No.8 Tahun 2020 (PER/8/MEN/2020), pesawat angkat adalah pesawat atau peralatan yang dibuat dan di pasang untuk mengangkat, menurunkan, mengatur posisi dan atau menahan benda kerja dan/atau muatan. Adapun, pesawat angkut adalah pesawat atau peralatan yang dibuat dan dikonstruksi untuk memindahkan benda atau muatan atau orang secara horizontal, vertikal, diagonal, dengan menggunakan kemudi dan bergerak diatas landasan, permukaan maupun relatau secara terus menerus dengan menggunakan bantuan ban atau rantai atau rol. Dalam hal ini gondola merupakan salah satu jenis pesawat angkat yang sering kita jumpai di area konstruksi atau gedung-gedung tinggi.

Gondola temporer adalah gondola yang menggunakan *hoist* sebagai pemanjat *wire rope* dimana posisi *hoist* terletak pada kedua ujung keranjang gondola (*platform*). Gondola temporer merupakan gondola tak tetap yang menggunakan T – Jack sebagai konstruksi gondola dan *counter weight* sebagai pemberat konstruksi agar tidak terjatuh kedepan. Kelebihan dari gondola tipe ini adalah desain konstruksi yang mudah untuk di bongkar pasang sehingga mudah untuk dipindah ke lain area. Gondola jenis ini biasanya digunakan pada gedung kantor untuk aktifitas pembersihan gedung bagian luar. Umumnya gondola temporer memiliki kapasitas untuk 2 orang pekerja dan alat kerja yang setara dengan 250kg.

Perusahaan ini mempunyai target *zero accident*, tetapi pada kenyataannya masih saja terjadi *accident* selama proses berlangsung. Berdasarkan data kecelakaan dari tahun 2020 sampai 2022, jumlah kecelakaan terbanyak terjadi pada aktivitas pengoprasian gondola. Salah satu kasus kecelakaan kerja akibat pengoperasian gondola adalah kasus kecelakaan yang terjadi pada bulan juni 2022 yang menyebabkan *loss time injury* karena jari kelingking salah satu pekerja masuk kedalam *block stop* mesin gondola dan harus dilarikan kerumah sakit. Hal ini diakibatkan karena *block stop* gondola yang sulit untuk di gerakkan sehingga pekerja harus memasukkan sling secara manual menggunakan tangan. Kerusakan sebuah mesin selain dapat mengganggu kegiatan *repair* juga dapat menjadi awal sebuah *accident*.

Dalam aktivitas *repair* ini terdapat 12 unit gondola dengan merek dan spesifikasi yang sama yang beroperasi setiap harinya. Gondola memiliki peran yang sangat penting untuk pelaksanaan kegiatan *repair* silo ini karena mesin ini berfungsi sebagai media untuk bekerja namun juga memiliki tingkat bahaya tinggi dan terdapat kecelakaan dengan skenario yang serupa (Tangan terjepit *block stop/safety lock*). Berdasarkan latar belakang permasalahan tersebut maka perlu adanya analisis lebih lanjut terkait pekerjaan penggunaan gondola pada proyek *repair* struktur beton silo. Analisis ini dilakukan untuk mengidentifikasi kegagalan fungsi komponen gondola temporer yang dapat menyebabkan risiko kerugian maupun risiko terhadap keselamatan kerja. Dari hasil analisis metode *failure mode effect analysis* akan di dapatkan mode kegagalan komponen dengan nilai RPN tertinggi yang selanjutnya akan di berikan rekomendasi pengendalian.

2. METODE

Penelitian ini dilakukan menggunakan metode *failure mode effect analysis* (FMEA) pada object 12 unit gondola temporer yang di gunakan di area *project repair silo*. Dengan Membuat daftar komponen gondola temporer yang akan di analisis mode kegagalannya menggunakan metode *Failure Mode Analysis* (FMEA). Selanjutnya data yang ada akan di olah sesuai dengan tahapan FMEA untuk memperoleh tujuan dalam penelian ini. Perhitungan dengan metode FMEA dilakukan untuk mengetahui nilai RPN dari masing-masing komponen dimana nilai *failure rate* akan di ambil dari data kegagalan komponen/data *maintenance* yang dimiliki perusahaan, atau jika tidak ada maka data kegagalan akan diambil dari referensi lain seperti OREDA tahun 2002 edisi ke-4.

Tabel 1. Proses FMEA (Ericson,2005)

Langkah	Tugas	Keterangan
1	Tentukan sistem	Mendefinisikan, ruang lingkup dan batasan sistem. Mendefinisikan misinya, tahapan misi dan lingkungan misi. Memahami desain dan pengoperasian sistem. Perhatikan bahwa semua langkah berkalu untuk SFMEA.
2	Rencanakan FMEA	Menetapkan tujuan FMEA, definisi lembar kerja, jadwal dan proses. Mulai dari FMEA fungsional kemudian pindah ke

		FMEA perangkat keras yang kritis terhadap keselamatan (diidentifikasi dari FMEA fungsional). Membagi sistem yang dianalisis menjadi segmen-segmen terkecil yang diinginkan untuk analisis. Mengidentifikasi item yang akan dianalisis dan menetapkan tingkat indenture untuk <i>item</i> /fungsi yang akan dianalisis.
3	Pemilihan <i>team</i>	Pilih semua item untuk berpartisipasi dalam FMEA dan menetapkan tanggung jawab. Memanfaatkan keahlian anggota tim dari beberapa disiplin ilmu yang berbeda (misalnya desain, pengujian, manufaktur, dll)
4	Pengambilan data	Memperoleh semua data desain dan proses yang diperlukan (misalnya diagram fungsional, skema, dan gambar) untuk sistem, subsistem, fungsi untuk FMEA. Sempurnakan tingkat identitas item untuk analisis. Mengidentifikasi mode kegagalan realistis yang menarik untuk analisis dan mendapatkan tingkat kegagalan komponen.
5	Melakukan FMEA	<ol style="list-style-type: none"> Mengidentifikasi dan mendata <i>items</i> yang akan dievaluasi Dapatkan persetujuan pada daftar dan tingkat detail. Transfer daftar pada lembar kerja FMEA Analisis setiap komponen yang ada dalam daftar dengan menyelesaikan pertanyaan lembar kerja FMEA Lembar kerja FMEA di validasi oleh perancang sistem untuk kebenaran.
6	Rekomendasi tindakan korektif	Rekomendasi tindakan korektif untuk mode kegagalan dengan risiko yang tidak dapat di terima. Menetapkan tanggung jawab dan jadwal untuk menerapkan tindakan korektif.
7	Pemantauan tindakan korektif	Meninjau hasil pengujian untuk memastikan bahwa rekomendasi keselamatan dan persyaratan keselamatan sistem adalah bahaya yang efektif seperti yang diantisipasi.
8	Melacak bahaya	Mentransfer bahaya yang teridentifikasi ke dalam sistem pelacakan bahaya (HST)
9	Dokumen FMEA	Mendokumentasikan seluruh proses FMEA pada lembar kerja. Pembaharuan untuk informasi baru dan penutupan tindakan korektif yang di tetapkan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap awal dalam analisis risiko menggunakan metode FMEA yaitu menyusun daftar komponen mesin gondola beserta fungsinya yang dapat dilihat pada table 2

Tabel 2. Komponen Penyusun Mesin Gondola beserta fungsinya

No	Nama Komponen	Fungsi
1.	Motor Listrik	Sebagai penggerak utama dengan memanfaatkan energi listrik menjadi energi gerak
2.	Kipas Motor	Sebagai pendingin otomatis suhu panas yang di timbulkan oleh gesekan sepul didalamnya
3.	<i>Brake</i>	Sebagai penahan beban pada saat hoist dalam keadaan <i>off</i> (aliran listrik terputus)
4.	Kampas <i>Brake</i>	Berfungsi memperlambat/menghentikan putaran
5.	Diode	Berfungsi untuk mengubah arus AC ke DC.
6.	<i>Gearbox</i>	Merubah arah putaran dan sebagai penyalur tenaga yang dihasilkan oleh motor ke drum
7.	<i>Bearing</i>	Berfungsi untuk menstabilkan putaran agar lebih ringan
8.	<i>Drumwinder</i>	Sebagai pengarah / penggerak <i>wire rope</i>
9.	<i>Roller</i>	Sebagai penahan <i>wire rope</i> agar tidak lepas dari drum saat berputar
10.	<i>Guide Rope</i>	Sebagai sekat/ pemisah keluar masuknya <i>wire rope</i>
11.	Pipa <i>Input</i>	Sebagai jalur masuknya <i>wire rope</i> ke <i>guide rope</i>
12.	Pipa <i>Output</i>	Sebagai jalur keluarnya <i>wire rope</i> dari <i>guide rope</i>
13.	<i>Bendingbel</i>	Berfungsi untuk mengurangi gesekan dari <i>wire rope</i> ke <i>body</i>

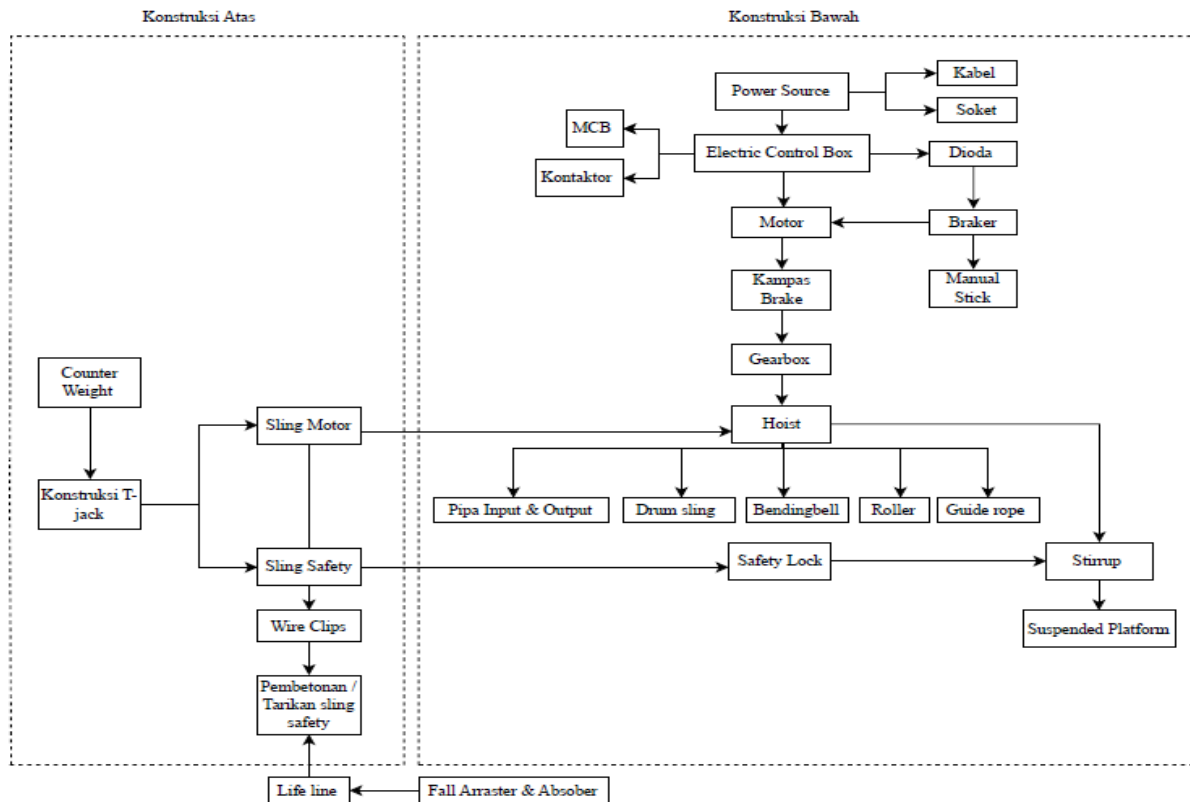
		<i>hoist</i>
14.	<i>Electric control box</i>	Berfungsi untuk menyambung dan memutus aliran listrik langsung dari sumbernya. Dan sebagai pengontrol gerak motor gondola.
	<i>Suspended platform</i>	Berfungsi sebagai tempat pijakan atau tempat bekerja
16.	<i>Rope</i>	Berfungsi sebagai lintasan gerak naik dan turun gondola
17.	<i>Kabel Power</i>	Berfungsi untuk menyalurkan tegangan dari <i>power supply</i> ke <i>electric control panel</i>
18.	<i>Stirrup</i>	Berfungsi sebagai tempat dudukan <i>hoist</i> dan keranjang
19.	<i>Safety Lock</i>	Berfungsi sebagai pengaman/ pengunci <i>wire rope</i> agar tidak mengalami kemrosotan.
20.	<i>Fall Arrester & absorber</i>	Berfungsi untuk menahan jatuh perorangan dari potensi bahaya kontruksi/ keranjang gondola jatuh
21.	<i>Wire rope</i>	Sebagai landasan atau jalur naik dan turun gondola.
22.	<i>Wire clips</i>	Sebagai penahan sekaligus pengikat <i>wire rope</i> sehingga tidak terlepas selama proses pengerjaannya.
23.	<i>Counter weight</i>	Sebagai penyeimbang beban yang diangkat
24.	<i>Safety Line</i>	Sebagai alat pelindung pekerja di ketinggian

Selanjutnya komponen diatas akan di input dalam bentuk Functional Block Diagram (FBD). FBD digunakan untuk menunjukkan hubungan antara fungsi komponen yang ditunjukkan visual gambar blok dan garis panah sebagai aliran utama. Pembuatan FBD akan mempermudah ketika proses pengerjaan Failure Mode Effect Analysis (FMEA) nantinya, dari komponen yang terdapat di FBD akan di masukkan ke lembar FMEA untuk dianalisa kembali.

Dalam FBD ini akan dibagi dua bagian yaitu komponen kontruksi atas dan komponen konstruksi bagian bawah. FBD ini dibuat berdasarkan hasil wawancara dengan pihak teknisi gondola sebagai orang yang bertanggungjawab untuk merakit gondola dan memperbaiki gondola apabila terjadi kerusakan selama pengoperasian. Pada gambar 3.1 dibawah tergambar *functional block diagram* dari mulai proses pemasangan konstruksi gondola bagian atas, di mulai dari perakitan konstruksi T-jack dan *counter weight* sebagai pondasi sekaligus penahan *sling* motor dan *sling safety* yang selanjutnya diikat menggunakan *wire clips*. *Sling motor* dan *sling safety* tersebut selanjutnya akan diikat pada struktur beton bangunan silo atau *beam conveyor* yang lebih kuat, fungsi dari pembetonan ini adalah untuk menahan kontruksi T-jack tidak bergerak saat adanya hentakan/daya kejut saat pengoperasian.

Selanjutnya *sling* motor akan masuk ke *hoist* yang digerakkan oleh gearbox yang terhubung dengan motor dan system brake. Pengoperasian motor dan braker dikendalikan melalui *electric control box* yang terhubung dengan *power source* dan dibantu oleh diode untuk mengubah arus AC menjadi DC.

Pada braker terdapat manual stick yang berfungsi untuk menutup brake secara manual sehingga main shaft dapat berputar dan gondola bergerak turun apabila terjadi keadaan darurat seperti kerusakan mesin atau pemadaman listrik. Pada saat pengoperasian normal manual stick tidak dipergunakan karena komponen ini adalah termasuk dalam safety device yang digunakan saat keadaan darurat saja. *Safety device* lainnya yaitu *safety lock* yang terhubung dengan *safety sling*, fungsi dari rangkaian ini adalah untuk menahan gondola dari bahaya terjatuh saat motor mengalami masalah atau penurunan yang ekstrem. Pada gondola temporary yang di teliti komponen *safety lock* menumpang pada stirrup. Hal terpenting dari komponen stirrup yaitu kondisi las, karena stirrup merupakan bagian yang menopang *hoist*, motor, *safety device*, dan *suspended platform* menjadi satu kesatuan. *Functional block diagram* gondola temporary dapat di lihat pada gambar 1 dibawah ini



Gambar 1. Functional Block Diagram Gondola Temporary

Setelah dilakukann analisa mengenai bentuk kegagalan, penyebab serta dampak yang ditimbulkan oleh setiap komponen gondola temporary menggunakan metode FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) dihasilkan output dari metode ini yaitu berupa nilai RPN (*Risk Priority Number*) yang didapatkan dari hasil penentuan nilai *severity (S)*, *occurrence (O)*, dan *detection (D)*. Dalam pembuatan dan penentuan nilai SOD ini berdasarkan pendapat dan persetujuan dari teknisi gondola dan pihak *safety* (departemen K3) yang saat ini bertugas di area *project repair silo* Surabaya. Nilai RPN yang di peroleh menunjukkan tingkat kepentingan terhadap perhatian dan prioritas pengendalian risiko yang di berikan untuk komponen-komponen gondola temporary di area *project repair silo* Surabaya.

Tabel 3. Hasil FMEA Komponen Gondola Temporary dengan Nilai Tertinggi.

No	Equipment	Function	Failure mode	Failure effect	Failure cause	RPN	Risk Level
1.	Diode	Mengubah arus AC keDC	Dioda terbakar	Kerusakan fungsi brake seperti tidak jalan/ jika dipaksakan akan terbakar.	Salah pemasangan Penggunaan tidak sesuai IK	343	High
2.	Motor Listrik	Sebagai penggerak utama dengan memanfaatkan energi listrik menjadi energi gerak	Terlalu lambat	Kemiringan pada platform yang menyebabkan safety lock terus mengunci.	Life time Kurangnya perawatan	180	Moderate
3.	Brake	Sebagai penahan beban pada saat hoist dalam keadaan off (aliran listrik terputus)	Tidak tertutup	Terjadi gesekan pada kumpas brake yang menyebabkan aus & panas	Diode terbakar. Jarak pir brake dan plat terlalu jauh	175	Moderate

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan pada setiap komponen gondola temporary di area *repair structure silo* Surabaya terdapat 3 komponen dengan nilai RPN tertinggi yaitu pada komponen diode, motor listrik, dan *braker*. Komponen dioda dengan mode gegalan terbakar memiliki nilai RPN sebesar 343 yang di sebabkan akibat

salah pemasangan dan/atau arus tidak normal yang timbul akibat cara pengoperasian yang tidak benar.

Penilaian terhadap *severity* (keparahan) pada kegagalan diode diberikan nilai 7 karena saat diode terbakar system masih dapat berjalan namun akan menimbulkan pengaruh yang sangat besar pada kinerja gondola. Dampak yang muncul yaitu mesin akan menjadi sangat panas dan MCB otomatis akan mengalami *fall down* dan sistem akan berhenti, namun saat kondisi ini dipaksakan untuk tetap beroperasi maka akan merusak komponen mesin yang lain juga.

Penilaian terhadap *occurance* (keseringan) terjadinya kegagalan pada diode di berikan nilai 7 karena kemungkinan bentuk kegagalan yang cukup tinggi. Dari banyaknya kegagalan pada diode, beberapa kejadian memberikan dampak kerusakan pada braker. Penilaian terhadap *detection* (pendeteksian kegagalan) yang dialami oleh diode karena salah pemasangan dan/atau arus tidak normal diberikan nilai 7 karena kemungkinan kecil kontrol saat ini dapat mendeteksi kegagalan. Mode kegagalan tersebut muncul karena beberapa penyebab diantaranya yaitu salah pemasangan kabel sehingga menyebabkan arus menjadi tidak normal dan penggunaan gondola yang tidak sesuai dengan instruksi kerja. Hal ini diakibatkan karena operator gondola merupakan pekerja yang tidak memiliki SIO atau lisensi untuk mengoperasikan gondola, sehingga pekerja kurang paham terhadap permasalahan dan hal-hal yang dapat menyebabkan kerusakan gondola. Selain itu teknisi yang bertugas merupakan pekerja baru/*fresh graduate* yang masih belum memiliki pengalaman, sehingga terdapat kemungkinan kesalahan dalam pemasangan komponen yang berujung pada kerusakan komponen.

4. KESIMPULAN

Setiap komponen memiliki fungsi yang saling berkaitan antara satu dan lain komponen, sehingga kerusakan suatu komponen dapat membawa dampak kerusakan untuk komponen yang lain juga, dalam. Dalam analisis risiko gondola temporer pada proyek repair silo kegagalan komponen dengan nilai RPN tertinggi yaitu pada kegagalan diode terbakar dengan nilai RPN 343 yang diakibatkan aken kesalahan pemasangan dan penggunaan gondola yang tidak sesuai dengan instruksi kerja. Akibat lain dari kegagalan komponen diode akan membawa dampak pada kerusakan fungsi braker. Dalam penggunaan gondola braker memiliki fungsi yang sangat penting yaitu menahan main shaft, namun saat braker mengalami kerusakan akan muncul potensi terjadinya penurunan pada gondola yang berpotensi jatuh dari ketinggian. maka dari itu tindakan perbaikan pada mode kegagalan diode terbakar sangat penting untuk dilakukan agar tidak menjadi dampak yang lebih besar. Tindakan perbaikan yang disarankan yaitu berupa memberikan pelatihan kepada pekerja operator gondola dan melakukan tindakan preventif berupa pengecekan berkala oleh teknisi yang sudah tersertifikasi dan memiliki SIO operator gondola.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Ericson, C. A. (2005). *Hazard Analysis Techniques for System Safety (1st ed)*. Fredericksburg, Virginia: A John Wiley & Sons, Inc., Publication.
- Khariza, A. (2018). Identifikasi Bahaya Kebakaran pada Mesin Hammer Mill di Perusahaan Pakan Ternak Dengan Pendekatan Human Reliability Assessment HRA dan Keandalan Komponen. *MATEC Web of Conferences* (hal. 204). Surabaya: IMIEC.
- Komarudin, A., Kholil, & Hardiyanto, T. (2022). Analisa Hubungan Personal dan Manajemen K3 Terhadap Tindakan Tidak Aman dan Kecelakaan Kerja Pada Proyek Konstruksi Indonesia Satu Tower. *Jurnal Syntax Transformation, Vol. 3, No. 1*.
- Marquez, D. M., Terhaer, K., Scheinemann, P., Mirnajafizadeh, A., & Carty, C. (2020). Quality by Design for Industry Translation: Three-dimensional risk assessment failure mode, effect, and criticality analysis for additively manufactured patient-specific implants. *Engineering Reports*. John Wiley & Sons, Ltd.
- Smith, A. M. (2003). *RCM-Gateway To World Class Maintenance*. Butterworth-Heinemann Ltd.
- Tarwaka. (2008). *Keselamatan dan Kesehatan Kerja Manajemen dan Implementasi K3 di Tempat Kerja*. Surakarta: Harapan Press.
- Wijaya, A, Panjaitan, W.S., & Palit, H.C. (2015). Evaluasi Kesehatan dan Keselamatan Kerja dengan Metode HIRARC pada PT. Charoen Pokphand Indonesia. *Jurnal Tirta, 3, 29-34*.
- Stamatis, D. H. (2003). *Failure Mode and Effect Analysis: FMEA from Theory to Execution (2nd ed.)*. Milwaukee: American Society for Quality Press.
- OREDA (2002). *Offshore Reliability Data Handbook (4th Ed)*. OREDA Participants.
- Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Republik Indonesia No.8 Tahun 2020 (PER/8/MEN/2020) Keselamatan dan Kesehatan Kerja Pesawat Angkat dan Pesawat Angkut.