



MANAJEMEN RISIKO PADA *BOILER* PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA UAP DENGAN MENGGUNAKAN *FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS* DI PLTU PAITON UNIT 9

Buhari Muslim, Dwi Iryaning Handayani, Yustina Suhandini
Universitas Panca Marga
E-mail : sekretariat@upm.ac.id

Pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) merupakan salah satu jenis pembangkit listrik yang sering digunakan di Indonesia. Biasanya, komponen utama dari sistem pembangkit listrik tenaga uap meliputi boiler, turbin, generator, dan kondensor. *Boiler* merupakan komponen utama yang sangat penting dalam sistem pembangkit listrik menggunakan tenaga uap. *Boiler* adalah bagian yang digunakan untuk mengkonversi air menjadi uap melalui pemanasan. Uap ini akan digunakan sebagai penggerak turbin dan dikonversi menjadi energi listrik sesuai dengan prinsip operasi PLTU. Namun, sering kali terjadi masalah di bagian *boiler* dengan tingkat kerusakan yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan bagian lainnya. Tujuan dari penelitian ini ialah untuk mengajukan strategi yang bisa mengurangi risiko kerusakan pada komponen penting *boiler* dengan memanfaatkan pendekatan analisis mode FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*). Pemilihan komponen yang memiliki nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi akan menjadi prioritas dalam usulan pengurangan risiko kerusakan. *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) adalah suatu metode penghitungan yang melibatkan penilaian terhadap tingkat keparahan (*Severity/S*), tingkat kemungkinan terjadinya (*Occurrence/O*) dan tingkat kemampuan deteksi (*Detection/D*). RPN terbesar pada *Boiler* di PLTU PAITON UNIT 9 adalah saat melakukan tindakan pencegahan pada *Primary Air Fan* dengan skor 140. Dalam hal penggunaan *High Speed Diesel*, nilai RPN yang terendah yaitu dengan nilai 16. Berdasarkan nilai RPN ini, penulis menyarankan agar peneliti selanjutnya dapat menggabungkan metode FMEA dengan metode pengurangan risiko yang sudah ada untuk mencapai hasil yang lebih efektif dalam mengurangi risiko di masa depan dan digunakan oleh perusahaan.

Kata Kunci : *Boiler, Risiko, Failure Mode and Effect Analysis, Risk Priority Number*

ABSTRACT

Steam power plant (PLTU) is one type of power plant that is often used in Indonesia. Typically, the main components of a steam power generation system include the boiler, turbine, generator and condenser. Boiler is a very important main component in power generation systems using steam power. Boiler is the part used to convert water into steam through heating. This steam will be used as a turbine driver and converted into electrical energy in accordance with the operating principle of the PLTU. However, problems often occur in the boiler section with a higher level of damage compared to other parts. The purpose of this study is to propose a strategy that can reduce the risk of

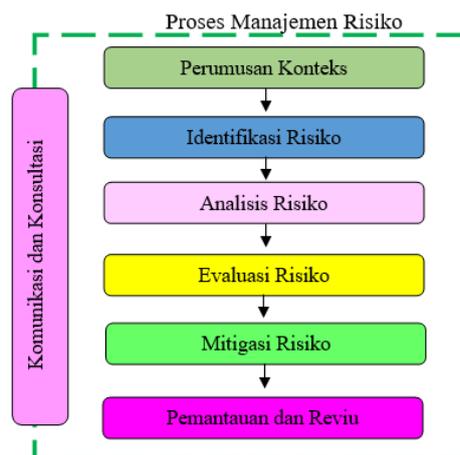
damage to important boiler components by utilizing the FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) approach. Selection of components that have the highest Risk Priority Number (RPN) value will be a priority in the proposed damage risk reduction. Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) is a calculation method that involves an assessment of the severity (Severity/S), the probability of occurrence (Occurrence/O) and the level of detection capability (Detection/D). The biggest RPN in the Boiler at PLTU PAITON UNIT 9 is when taking precautions on the Primary Air Fan with a score of 140. In the case of using High Speed Diesel, the lowest RPN value is 16. Based on this RPN value, the authors suggest that further researchers can combine the FMEA method with existing risk reduction methods to achieve more effective results in reducing future risks and used by companies.

Keywords : Boiler, Risk, Failure Mode and Effect Analysis, Risk Priority Number

PENDAHULUAN

Manajemen risiko merupakan hal yang sangat penting untuk diaplikasikan dalam suatu perusahaan dengan harapan perusahaan tersebut dapat beroperasi dengan baik. Penerapan manajemen risiko dalam suatu perusahaan didorong oleh adanya ketentuan dari pemerintah untuk menerapkan prinsip-prinsip *good corporate governance* yang salah satu unsurnya adalah keharusan untuk menerapkan manajemen risiko dalam kegiatan usahanya. (Arta et al., 2021). Pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) adalah pembangkit listrik yang banyak digunakan di Indonesia. Umumnya, sistem pembangkit listrik tenaga uap terdiri dari komponen utama terdiri dari *Boiler*, turbin, generator dan kondensor. Salah satu bagian terpenting dari sistem pembangkit listrik tenaga uap yaitu *Boiler*. *Boiler* merupakan komponen yang digunakan untuk mengubah air menjadi uap dengan adanya proses pemanasan. Uap inilah yang nantinya akan menggerakkan turbin dan dibangkitkan menjadi energi listrik sesuai dengan prinsip kerja PLTU. Sistem *Boiler* terdiri dari tiga sistem utama, yaitu sistem air umpan, sistem bahan bakar, dan sistem steam. Saat ini, PLTU Paiton merupakan PLTU berkapasitas terbesar di Indonesia. (Kristianingsih & Musyafa, 2022)

Alur/ Kerangka kerja Manajemen Risiko dapat dilihat di gambar 1 dibawah ini



Gambar 1 : kerangka kerja manajemen risiko (Utara, 2021)



Jika melihat kompleksitas dan integrasi sistem kelistrikan secara keseluruhan, tidak mudah menjaga kualitas energi yang sampai ke tangan konsumen. Ada kemungkinan karena mesin terus beroperasi, dapat terjadi malfungsi pada sistem yang dapat menyebabkan blok generator itu sendiri berhenti bekerja, misalnya rusaknya proses produksi, penurunan kualitas energi yang dihasilkan, biaya perbaikan yang cenderung naik, dan keandalan yang buruk, waktu produksi yang terjamin dan hilang. Tidak ada cara untuk mengetahui kapan kegagalan akan terjadi dan berapa banyak kerusakan yang ditimbulkannya. Tujuan analisis risiko adalah untuk mengidentifikasi, mengukur, dan kemudian merumuskan strategi yang dapat digunakan untuk membangun sistem manajemen risiko yang komprehensif. Dengan pengelolaan risiko yang tepat dan optimal, diharapkan kegagalan akibat risiko yang dihadapi perusahaan dapat diantisipasi sedini mungkin. (Tersedia et al., 2020)

FMEA kali ini akan diterapkan pada salah satu system di Pembangkit Listrik Tenaga Uap yang fokus pada area *Boiler* yang memiliki risiko kegagalan dan potensi bahaya dengan frekuensi tinggi. Sehingga nantinya dapat melakukan antisipasi dari hal-hal yang tidak diinginkan yang berkaitan dengan keselamatan kerja, lingkungan dll. Dengan melihat risk priority number dari potensial bahaya yang didapatkan Perusahaan dapat melakukan pencegahan serta pengendalian resiko pada setiap kegagalan yang dapat terjadi. Nilai RPN berasal dari hasil perkalian nilai keparahan (*severity*) dari setiap dampak kegagalan, tingkat kemungkinan terjadinya (*occurrence*) setiap penyebab kegagalan dan tingkat kemungkinan pendeteksian (*detection*) setiap penyebab kegagalan. RPN dapat ditunjukkan dengan persamaan sebagai berikut:

$$RPN = S \times O \times D$$

Angka ini digunakan untuk mengidentifikasikan risiko yang serius, sebagai petunjuk ke arah tindakan perbaikan. (Situngkir, 2019)

Tabel 1 Perhitungan *Severity*

Efek	Keseriusan dari Efek	Ranking
ya (Sangat Serius)	Kegagalan berbahaya tanpa adanya peringatan	10
Berbahaya dengan peringatan	- Mesin gagal beroperasi dan terjadi kerusakan - Terdapat potensi bahaya	9
Sangat tinggi	- Mesin tidak dapat beroperasi dan terjadi kerusakan - Mulai timbul potensi bahaya	8
Tinggi	- Mesin tidak dapat beroperasi secara penuh - Performa mesin berkurang	7
Sedang	Terdapat komponen	6

	yang tidak dapat berfungsi	
Rendah	Menimbulkan kegagalan pada sistem	5
Sangat rendah	Terdapat gangguan kecil	4
Sedikit mengganggu	Terjadi sedikit gangguan	3
Sangat sedikit mengganggu	Terjadi sedikit gangguan yang tidak berarti (seperti bengkok atau lepas)	2
Tidak ada efek	- Kegagalan tidak ada pengaruh - Sistem tetap berjalan normal	1

Tabel 2 Perhitungan nilai *Occurrence*

Kemungkinan	Rata-Rata Kegagalan	Ragkin g
Sering terjadi	Kerusakan peralatan sering terjadi yang berpotensi mengganggu kinerja unit	10
		9
Mungkin terjadi	Kerusakan peralatan akan terjadi beberapa kali yang berpotensi mengganggu kinerja system (tidak ada peralatan unruk <i>back-up</i>)	8
		7
Kadang-kadang terjadi	Kerusakan peralatan mungkin akan terjadi beberapa kali yang berpotensi mengganggu kinerja system (terdapat peralatan	6



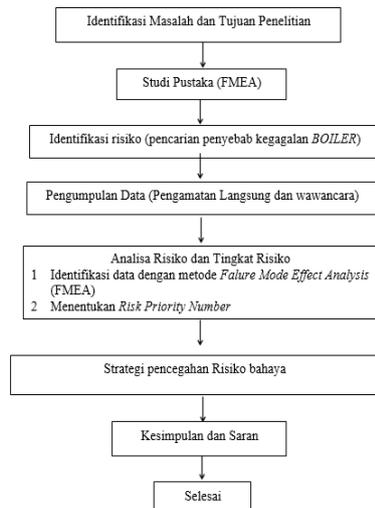
	untuk <i>back-up</i>)	
		5
Jarang terjadi	Kerusakan peralatan mungkin akan terjadi	4
		3
Mustahil terjadi	Kerusakan peralatan tidak mungkin terjadi	2
		1

Tabel 3 Perhitungan Nilai *Detection*

<i>Detection</i>	Cerita	Ranking
Hampir tidak mungkin	Pasti tidak dapat terdeteksi	10
Sangat kecil	Kesempatan yang sangat rendah dan sangat sulit untuk terdeteksi	9
Kecil	Kesempatan yang sangat rendah dan sulit untuk terdeteksi	8
Sangat Rendah	Kesempatan yang sangat rendah dan sulit untuk terdeteksi	7
Rendah	Kesempatan yang rendah untuk terdeteksi	6
Sedang	Kesempatan yang sedang untuk terdeteksi	5
Sedang-Tinggi	Kesempatan yang cukup tinggi untuk terdeteksi	4
Tinggi	Kesempatan yang tinggi untuk terdeteksi	3
Sangat tinggi	Kesempatan yang sangat tinggi untuk terdeteksi	2
Sangat tinggi	Pasti terdeteksi	1

(Hidayatullah & Muliatna, 2018)

METODE



Gambar 2: Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap awal FMEA yaitu melakukan identifikasi risiko pada kelompok risiko operasional pembangkitan listrik yang berpengaruh pada keandalan pembangkit. Proses identifikasi risiko yaitu dengan cara mengumpulkan potensi risiko termasuk penyebab dan dampaknya pada tiap komponen aktifitas, berikut tabel risiko yang didapatkan seperti Pada Tabel 4.

Table 4: Analisis Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) pada Boiler

Sub Aktifitas	S	O	D	RP N
Mengoperasikan Patrol dan Preventive Primary Air fan	4	7	5	140
Mengoperasikan, patrol dan Preventive Air Heater	4	7	5	140
Mengoperasikan Auxillary Boiler	4	7	5	140
mengoperasikan, Patrol BWCP	4	7	5	140
Mengoperasikan, patrol dan Preventive FDF	4	7	5	140
Mengoperasikan, patrol dan preventive Igniter dan Oil gun	4	7	5	140
Patrol dan preventive Mill,	4	7	5	140



Sub Aktifitas	S	O	D	RP N
<i>Burner sistem dan Pengoperasian pyrate</i>				
Patrol dan <i>Preventive Soolblower System</i>	4	7	5	140
Mengoperasikan, patrol dan <i>Preventive LFO pump</i>	4	7	5	140
Buka dan Tutup <i>Venting di Roof Tube</i>	4	7	5	140
Mengoperasikan <i>Lift/Elevator</i>	5	9	3	135
Menginservisikan/ <i>out service sleam drum water level</i>	4	1 0	3	120
Patrol <i>Check / Check Sheet</i>	4	6	4	96
Patrol dan <i>Preventive seal air fan</i>	4	7	3	84
Mengoperasikan, patrol dan <i>preventive IDF</i>	4	6	2	48
Mengoperasikan, patrol dan <i>preventive kompressor</i>	4	2	5	40
Penggunaan Listrik	4	2	3	24
Penggunaan Batu Bara	4	2	3	24
Penggunaan Air	4	2	2	16
Penggunaan HSD (<i>high speed diesel</i>)	4	2	2	16

Setelah dilakukan proses identifikasi mode kegagalan, penyebab dan dampak terjadinya risiko kegagalan pada setiap aktifitas pada area *Boiler*, maka langkah selanjutnya adalah melakukan penilaian *risk priority number* (RPN) untuk tingkat *severity, occurrence* dan *detection*. Penilaian dilakukan berdasarkan hasil wawancara secara langsung. Berdasarkan perolehan nilai RPN pada setiap aktivitas di area *Boiler*, telah diketahui urutan-urutan aktifitas yang memiliki risiko tertinggi hingga terendah, di mana komponen Primary Air fan memiliki risiko bahaya tertinggi dengan nilai RPN sebesar 140 dan penggunaan HSD (*High Speed Diesel*) memiliki risiko bahaya terendah dengan nilai RPN sebesar 16. Dari hasil penilaian RPN, komponen bagian *Boiler* yang memiliki risiko bahaya akan diusulkan strategi pencegahan bahayanya.

Strategi Pencegahan Risiko bahaya area *Boiler*

Setelah diketahui komponen kritis bagian *Boiler* berdasarkan penilaian risk priority number (RPN) pada setiap komponen yang memiliki risiko bahaya tertinggi di area *Boiler*, langkah selanjutnya akan diusulkan rumusan strategi pencegahan risiko bahaya pada aktivitas kritis pada area *Boiler*. Strategi pencegahan risiko bahaya ini akan memanfaatkan sumber daya yang ada dengan menganalisa moda kegagalan, penyebab dan dampak yang telah dilakukan sebelumnya, dan diharapkan efektif dalam mengurangi kerusakan secara tidak terprediksi di masa depan. Adapun usulan strategi pengurangan risiko kerusakan komponen kritis pada bagian *Boiler*, dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5: Pencegahan yang dapat dilakukan;

Aktifitas	Sub Aktifitas	Failure Mode	Potensial Effect(s) of Failure	Pencegahan
Kegiatan Operasi <i>Boiler</i>	Mengoperasikan Patrol dan <i>Preventive Primary Air fan</i>	Menghirup Debu Batubara/ <i>Fl y Ash</i>	ISPA (Infeksi Saluran Pernapasan Akut)	APD
Kegiatan Operasi <i>Boiler</i>	Mengoperasikan, patrol dan <i>Preventive Air Heater</i>	Kurang Cahaya	Cidera (terpeleset, terjatuh, tersandung)	Penggunaan Senter
Kegiatan Operasi <i>Boiler</i>	Mengoperasikan <i>Auxillary Boiler</i>	Kurang Cahaya	Cidera (terpeleset, terjatuh, tersandung)	Penggunaan Senter
Kegiatan Operasi <i>Boiler</i>	mengoperasikan, Patrol <i>BWCP</i>	Kurang Cahaya	Cidera (terpeleset, terjatuh, tersandung)	Penggunaan Senter
Kegiatan Operasi <i>Boiler</i>	Mengoperasikan, patrol dan <i>Preventive FDF</i>	Kurang Cahaya	Cidera (terpeleset, terjatuh, tersandung)	Penggunaan Senter
Kegiatan Operasi <i>Boiler</i>	Mengoperasikan, patrol dan <i>preventive Igniter dan Oil gun</i>	Kurang Cahaya	Cidera (terpeleset, terjatuh, tersandung)	Penggunaan Senter
Kegiatan Operasi <i>Boiler</i>	Patrol dan <i>preventive Mill, Burner sistem dan Pengoperasian pyrate</i>	Kurang Cahaya	Cidera (terpeleset, terjatuh, tersandung)	Penggunaan Senter
Kegiatan Operasi <i>Boiler</i>	Patrol dan <i>Preventive Soolblower System</i>	Kurang cahaya	Cidera (terpeleset, terjatuh, tersandung)	Penggunaan Senter
Kegiatan	Mengoperasikan,	Kurang	Cidera	Penggunaan Senter

Aktifitas	Sub Aktifitas	Failure Mode	Potensial Effect(s) of Failure	Pencegahan
Operasi Boiler	patrol dan <i>Preventive LFO pump</i>	Cahaya	(terpeleset, terjatuh, tersandung)	
Kegiatan Operasi Boiler	Buka dan Tutup <i>Venting di Roof Tube</i>	Kurang Cahaya	Cidera (terpeleset, terjatuh, tersandung)	Penggunaan Senter
Kegiatan Operasi Boiler	Mengoperasikan <i>Lift/Elevator</i>	<i>Lift</i> Sering Macet	Cidera (terpeleset, terjatuh, tersandung)	Pemeliharaan <i>lift</i> Rutin
Kegiatan Operasi Boiler	Menginservisikan <i>/ out service sleam drum water level</i>	Terbentur	Cidera (terpeleset, terjatuh, tersandung)	APD
Kegiatan Operasi Boiler	<i>Patrol Check / Check Sheet</i>	Kebisingan	Gangguan pendengaran	Penggunaan <i>Ear Plug</i> , ADM
Kegiatan Operasi Boiler	Patrol dan <i>Preventive seal air fan</i>	Kurang Cahaya	Cidera (terpeleset, terjatuh, tersandung)	Penggunaan Senter
Kegiatan Operasi Boiler	Mengoperasikan, patrol dan <i>preventive IDF</i>	Kebisingan	Gangguan pendengaran	Penggunaan <i>Ear Plug</i>
Kegiatan Operasi Boiler ⁹	Mengoperasikan, patrol dan <i>preventive kompressor</i>	Kurang Cahaya	Cidera (terpeleset, terjatuh, tersandung)	Penggunaan Senter
Pemakaian SDA	Penggunaan Listrik	Penggunaan energi Listrik	Pengurangan SDA	Stiker Himbauan
Pemakaian SDA	Penggunaan Batu Bara	Penggunaan energi batubara	Pengurangan SDA	
Pemakaian SDA	Penggunaan Air	Penggunaan air	Pengurangan SDA	Stiker Himbauan
Pemakaian SDA	Penggunaan HSD	Penggunaan energi BBM	Pengurangan SDA	Stiker Himbauan



KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan terhadap hasil penelitian ditemukan 20 potensial aktifitas yang memiliki risiko terjadinya bahaya, maka dapat diambil beberapa kesimpulan:

1. Kegagalan potensial pada kegiatan operasi *Boiler* yang memiliki *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi ialah *Preventive Primary Air fan*, memiliki potensial bahaya terhirupnya debu batubara / *flyash*, dengan risiko potensial terjadinya Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA). Pencegahan yang dilakukan penggunaan Alat Pelindung Diri.
2. Risiko yang ditemukan di area boiler ialah:
 - 1) Menghirup Debu Batubara/Fly Ash saat Mengoperasikan Patrol dan Preventive Primary Air Fan sehingga berisiko mengalami ISPA (Infeksi Saluran Pernapasan Akut)
 - 2) Kurang Cahaya saat Mengoperasikan, patrol dan Preventive Air Heater sehingga berisiko mengalami Cidera (terpeleset, terjatuh, tersandung)
 - 3) Kurang Cahaya saat Mengoperasikan Auxillary Boiler sehingga berisiko mengalami Cidera (terpeleset, terjatuh, tersandung)
 - 4) Kurang Cahaya saat mengoperasikan, Patrol BWCP sehingga berisiko mengalami Cidera (terpeleset, terjatuh, tersandung)
 - 5) Kurang Cahaya saat Mengoperasikan, patrol dan Preventive FDF sehingga berisiko mengalami Cidera (terpeleset, terjatuh, tersandung)
 - 6) Kurang Cahaya saat Mengoperasikan, patrol dan preventive Igniter dan Oil gun sehingga berisiko mengalami Cidera (terpeleset, terjatuh, tersandung)
 - 7) Kurang Cahaya saat Patrol dan preventive Mill, Burner system dan Pengoperasian pyrate sehingga berisiko mengalami Cidera (terpeleset, terjatuh, tersandung)
 - 8) Kurang cahaya saat Patrol dan Preventive Soolblower System sehingga berisiko mengalami Cidera (terpeleset, terjatuh, tersandung)
 - 9) Kurang Cahaya saat Mengoperasikan, patrol dan Preventive LFO pump sehingga berisiko mengalami Cidera (terpeleset, terjatuh, tersandung)
 - 10) Kurang Cahaya saat Buka dan Tutup Venting di Roof Tube sehingga berisiko mengalami Cidera (terpeleset, terjatuh, tersandung)
 - 11) Lift Sering Macet saat Mengoperasikan Lift/Elevator sehingga berisiko mengalami Cidera (terpeleset, terjatuh, tersandung)
 - 12) Terbentur saat Menginservisikan/ out service sleam drum water level sehingga berisiko mengalami Cidera (terpeleset, terjatuh, tersandung)
 - 13) Kebisingan saat Patrol Check / Check Sheet sehingga berisiko mengalami Gangguan pendengaran
 - 14) Kurang Cahaya saat Patrol dan Preventive seal air fan sehingga berisiko mengalami Cidera (terpeleset, terjatuh, tersandung)
 - 15) Kebisingan saat Mengoperasikan, patrol dan preventive IDF sehingga berisiko mengalami Gangguan pendengaran
 - 16) Kurang Cahaya saat Mengoperasikan, patrol dan preventive kompressor sehingga berisiko mengalami Cidera (terpeleset, terjatuh, tersandung)
 - 17) Penggunaan energi Listrik saat Penggunaan Listrik sehingga berisiko mengalami Pengurangan SDA
 - 18) Penggunaan energi batubara saat Penggunaan Batu Bara sehingga berisiko mengalami Pengurangan SDA
 - 19) Penggunaan air saat Penggunaan Air sehingga berisiko mengalami Pengurangan SDA
 - 20) Penggunaan energi BBM saat Penggunaan HSD sehingga berisiko mengalami Pengurangan SDA

3. Prioritas Kegagalan yang ditemukan:
 - 1) Kegagalan potensial pada kegiatan operasi *Boiler* yang memiliki *Risk Priority Number (RPN)* tertinggi ialah *Preventive Primary Air fan*, memiliki potensial bahaya terhirupnya debu batubara / *flyash*, dengan risiko potensial terjadinya Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA).
 - 2) Kegagalan potensial pada kegiatan operasi *Boiler* yang memiliki *Risk Priority Number (RPN)* terendah ialah aktivitas penggunaan *High Speed Diesel*, memiliki potensial bahaya penggunaan energi BBM, dengan risiko potensial terjadinya pengurangan Sumber Daya Alam. Namun, meskipun nilai RPN-nya terendah, perbaikan sistem tetap perlu dilakukan
4. Pencegahan yang dapat dilakukan
 - 1) Pencegahan yang dilakukan penggunaan Alat Pelindung Diri.
 - 2) Pencegahan yang dilakukan ialah pemasangan stiker himbauan.
 - 3) Penggunaan *ear plug*
 - 4) Penggunaan senter
 - 5) Pemeliharaan lift rutin

Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya yaitu dengan mengembangkan atau mengkombinasikan *metode failure mode and effect analysis (FMEA)* dengan metode analisis risiko lainnya yang telah ada, seperti dengan metode *fault tree analysis (FTA)*, *root cause analysis (RCA)*, *logic tree analysis (LTA)*, *probability impact matrix (PIM)* dan lainnya. Metode Analisa FMEA yang dikombinasikan dengan metode-metode lain tersebut diharapkan bisa menghasilkan data yang lebih spesifik dan optimal sehingga dapat diaplikasikan oleh perusahaan dan efektif dalam pengurangan risiko potensial bahaya kedepannya

DAFTAR PUSTAKA

- Arta, I. P. S., Satriawan, D. G., Bagiana, I. K., SP, Y. L., Shavab, F. A., Mala, C. M. F., Sayuti, A. M., Safitri, D. A., Berlianty, T., Julike, W., Wicaksono, G., Marietza, F., Kartawinata, B. R., & Utami, F. (2021). Manajemen Risiko, Tinjauan Teori Dan Praktis. In *Penerbit Widina Bhakti Persada Bandung*.
- Hidayatullah, R., & Muliatna, I. M. (2018). Study Failure Mode and Effects Analysis (Fmea) Sebagai Identifikasi Bahaya Dan Upaya Pencegahan Kecelakaan Kerja Di Pt. Pjb *Jurnal Mahasiswa Universitas Negeri Surabaya*, 06, 116–123.
- Kristianingsih, L., & Musyafa, A. (2022). Analisis Safety System dan Manajemen Risiko pada Steam Boiler PLTU di Unit 5. *Jurnal Teknik POMITS*, 2(2), 2–7.
- Situngkir, D. I. (2019). Pengaplikasian FMEA untuk Mendukung Pemilihan Strategi Pemeliharaan pada Paper Machine. *FLYWHEEL : Jurnal Teknik Mesin Untirta*, 1(1), 39. <https://doi.org/10.36055/fwl.v1i1.5489>
- Tersedia, J., Difa Dharmakusuma, M., & Widiyatmoko, dan. (2020). *Jurnal Mekanik Terapan Analisis Eksergi Pada Boiler PLTU*. 01(01), 45–53.
- Utara, L. (2021). (*/kppn/kotabumi/*) □.