

Optimasi Keandalan Sistem *Level Luffing Crane* 40 ton dengan Menggunakan Metode FMECA

Dena Eka Pujiwisanti Putri¹, Mey Rohma Dhani¹, Aulia Nadia Rachmat^{1*}, Uranio Hario Bimo P.²

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

⁴Perusahaan Galangan Kapal, Surabaya 60155

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

Abstrak

Level luffing crane (LLC) 40 Ton adalah salah satu peralatan penting yang menunjang proses produksi perusahaan galangan kapal. LLC memiliki fungsi dalam pengangkatan berbagai beban kerja dengan kapasitas angkat sebesar 40 ton untuk kegiatan produksi kapal didalam *dock*. Berdasarkan data kegagalan komponen pada perusahaan diketahui bahwa permasalahan yang dialami mesin LLC ini adalah adanya komponen yang rusak sehingga mengakibatkan terhambatnya proses produksi. Beberapa kasus kejadian yang telah terjadi adalah kegagalan pada komponen *bearing pulley* dimana menghasilkan suara berisik serta tidak normal. Hal tersebut mengganggu kenyamanan dan konsentrasi operator, sehingga berdampak pada keselamatan pekerja di area kerja. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi bahaya dan penilaian risiko yang akan dihasilkan komponen kritis pada LLC 40 ton berdasarkan data kegagalan dan wawancara dengan *expert judgment*, menggunakan metode FMECA (*Failure Mode, Effects, and Critical Analysis*). Hasil analisis kegagalan yang telah dilakukan menggunakan metode FMECA dengan didapatkan nilai *criticality ranking*, kemudian dilakukan analisis dengan diagram pareto, sehingga didapatkan 3 prioritas mode kegagalan dengan memiliki nilai *criticality number* tertinggi yaitu *Motor Travelling* 0,0718, *Hoist gearbox* 0,06691, dan *Motor Hoist* 0,0474.

Kata Kunci: *Criticality Ranking*, FMECA, *Level Luffing Crane*, *Pareto Diagram*

Abstract

Level luffing crane (LLC) 40 Ton is one of the important equipment that supports the production process of shipyard companies. LLC has a function in the lifting of various workloads with a lifting capacity of 40 tons for ship production activities in the dock. Based on component failure data at the company, it is known that the problem experienced by this LLC machine is the presence of damaged components resulting in obstruction of the production process. Some cases of events that have occurred are failures in pulley bearing components which produce noisy and abnormal sounds. This disturbs the comfort and concentration of the operator, thus affecting the safety of workers in the work area. This study aims to identify the hazards and risk assessment that will be generated by critical components in a 40-ton LLC based on failure data and interviews with expert judgment, using the FMECA (*Failure Mode, Effects, and Critical Analysis*) method. The results of the failure analysis that has been carried out using the FMECA method with the criticality ranking value obtained, then analyzed with a pareto diagram, so that we get 3 priority failure modes with the highest criticality number value, namely *Travelling Motor* 0,0718, *Hoist gearbox* 0.06691, and *Hoist Motor* 0.0474.

Keywords : *Criticality Ranking*, FMECA, *Level Luffing Crane*, *Pareto Diagram*

1. PENDAHULUAN

Perusahaan galangan kapal memiliki peranan penting dalam pembuatan kapal yang aman dan handal untuk berbagai keperluan transportasi laut. Produksi pembuatan kapal sendiri tidak terlepas dari peran *crane* yaitu *level luffing crane* 40 ton. Peran LLC 40 ton sangat penting sekali dalam proses produksi, tanpa adanya LLC maka dapat menghambat jalannya proses produksi kapal. LLC digunakan sebagai mengangkat dan memindahkan beban berat, alat ini juga sudah dilengkapi dengan sistem control yang canggih sehingga menuntut aspek keandalan dan ketersediaan yang tinggi (J. Zhang, 2013). Penggunaan LLC setiap hari menimbulkan berbagai permasalahan seperti keandalan yang buruk, kebisingan yang tinggi, dan peningkatan suku cadang untuk meningkatkan keandalannya. Permasalahan yang dialami LLC ini adalah adanya komponen yang rusak. Kegagalan atau kerusakan pada komponen LLC dapat menyebabkan kegagalan pada komponen *bearing pulley* dimana

menghasilkan suara berisik serta tidak normal. Hal tersebut mengganggu kenyamanan dan konsentrasi operator, sehingga berdampak pada keselamatan pekerja di area kerja. Sehingga Penting untuk mengidentifikasi dan memperbaiki segala cacat peralatan pada waktunya.

Bedasarkan permasalahan diatas perlu dilakukan penilaian risiko dan identifikasi bahaya terhadap suatu komponen LLC 40 ton, sehingga diketahui komponen yang sering mengalami kegagalan dan memiliki *criticality number* yang tinggi. Metode *Failure mode effect and critically analysis* (FMECA) diaplikasikan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang dapat menyebabkan kegagalan, dan mengidentifikasi tindakan preventive untuk menghindari kegagalan. (Putra HNE, 2017). Pengoptimalan fungsi dari pemeliharaan dapat ditentukan menggunakan nilai *criticality analysis* dengan melakukan perhitungan analisis kuantitatif dimana memanfaatkan data kegagalan yang telah ada (Rahman & Fahma, 2021). Penentuan prioritas kegagalan dilakukan setelah menghitung nilai *criticality ranking*, dengan mengurutkan titik kegagalan terbesar ke yang terkecil menggunakan diagram pareto. Semakin tinggi nilai *criticality ranking* maka tingkat kegagalan lebih tinggi dibandingkan dengan nilai *criticality ranking* yang lebih rendah, sehingga perlu diberi prioritas lebih tinggi (Suryono, Azka, Harahap, & Fadilah, 2023). Tujuan penggunaan diagram pareto adalah untuk menghasilkan perbaikan yang optimal dengan menggunakan sumber daya yang ada, dengan memilah beberapa bagian kecil titik kegagalan yang memiliki kontribusi yang besar.

2. METODOLOGI

Failure Mode Effect and Criticality Analysis (FMECA)

Metode FMECA merupakan teknik indentifikasi yang terdiri dari dua analisis terpisah, yaitu FMEA dan *Criticality Analysis* (CA). Penyelesaian metode ini FMEA harus diselesaikan terlebih dahulu sebelum melakukan perhitungan *Criticality Analysis* (CA) (Hadiwiyanti & Yuliawati, 2022). FMECA pada dasarnya sama dengan FMEA, hanya saja yang membedakan adalah penambahan evaluasi kekritisitas pada setiap mode kegagalan (Ericson, 2005). Menurut Ebeling (1997) FMEA bertujuan untuk mengidentifikasi mode kegagalan, menilai kemungkinan terjadinya dan pengaruh terhadap sistem, serta mengisolasi penyebab, dan menentukan perbaikan dengan tindakan korektif atau tindakan pencegahan. 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 merupakan suatu cara pengukuran terhadap efek dari suatu mode kegagalan yang sangat berarti bisa terjadi pada peralatan atau sistem, pada sisi keselamatan dan keberhasilan operasi. Metode ini dapat digunakan untuk menentukan ranking kekritisitas dari setiap potensi kegagalan untuk setiap komponen yang ada di sistem yang didasarkan pada *Criticality Number* dan *Severity Ranking* (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 (Cm)*

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

6. *Criticality Number (Cr)*

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 diperkenalkan oleh seorang ahli yaitu Alfredo Pareto (1848-1923). Diagram ini menunjukkan klasifikasi data yang telah diurutkan dari data terbesar atau tertinggi hingga ke data terendah dari kiri ke kanan. Diagram Pareto mengklasifikasikan masalah menurut sebab dan gejalanya dan juga menunjukkan masalah yang paling sering terjadi dan memiliki dampak yang terbesar. Aturan dalam diagram Pareto yaitu "80-20" dimana "80% of the troubles comes from 20% of the problems" (80% persoalan berasal dari 20% masalah) (Kurniawati & Muzaki, 2017).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Failure Mode Effects and Criticality Analysis (FMECA)

FMECA adalah teknik indentifikasi dari dua analisis terpisah, yaitu FMEA dan CA. FMEA merupakan tahap awal dalam penyusunan metode FMECA. *Functional block diagram* (FBD) digunakan dalam menggambarkan aliran proses kerja LLC 40 ton, sehingga FBD digunakan sebagai alat bantu dalam melakukan identifikasi kegagalan menggunakan FMEA. Hasil identifikasi kegagalan pada komponen LLC 40 ton menggunakan metode FMEA, akan diigunakan untuk analisis lebih lanjut menggunakan metode FMECA. Berikut tabel 1. yang merupakan contoh analisis kegagalan pada 5 komponen LLC 40 ton menggunakan metode FMEA:

Tabel 1. FMEA LLC 40 Ton

No	Part	Function	Detection Of Failure	Failure Mode	Failure Mechanisme	Failure Effect
1.	Motor Travelling	Menggerakkan travelling gearbox	Motor travelling rusak atau tidak berfungsi	Bearing rusak	Motor travelling terkena beban melebihi kapasitas	Roda Itravelling tidak dapat berputar sehingga LLC tidak dapat bekerja
2.	Hoist Gearbox	Menggerakkan naik/turun sling(hook)	Menurunkan efisiensi gear dan menurunkan kinerja LLC	Kerusakan pada seal gear	Terjadi gesekan yang terlalu tinggi	Hoist pada LLC tidak dapat menggerakkan drum sling hoist
3.	Motor Hoist	Menggerakkan hoist gearbox	Motor hoist rusak atau tidak berfungsi	Motor hoist terbakar	Blower pendingin motor tidak berfungsi	Tidak ada sumber tenaga penggerak untuk mengangkat benda kerja
				Bearing rusak	Motor hoist terkena beban melebihi kapasitas	Gangguan arus listrik yang tidak terkendali atau lonjakan tegangan
4.	Slewing Gearbox	Memutar LLC kanan/kiri	Menurunkan efisiensi gear dan menurunkan kinerja LLC	Kerusakan pada seal	Terjadi gesekan yang terlalu tinggi	LLC tidak dapat berputar ke kanan atau kiri
5.	Travelling Gearbox	Menggerakkan maju/mundur LLC	Menurunkan efisiensi gear dan menurunkan kinerja LLC	Kerusakan pada seal	Terjadi gesekan yang terlalu tinggi	LLC tidak dapat bergerak maju mundur

Setelah melakukan analisis menggunakan metode FMEA, maka langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan *criticality analysis* untuk mengetahui *criticality number* dan *criticality ranking* pada komponen LLC 40 Ton . Tabel 2. Merupakan contoh penentuan nilai *criticality number* dan *criticality ranking* pada 5 komponen yang memiliki nilai *criticality ranking* tertinggi:

Tabel 2. FMECA LLC 40 Ton

<i>Failure Mode Effect and Criticality analysis</i>											
System : LLC 40 Ton							Date : 2023				
Part Name :							Sheet : 1 of 14				
Reference Drawing :							Complied by : Dena Eka Pujiwisanti Putri				
Mission : Mengangkut beban kerja untuk produksi kapal							Approved : (Staff Maintenance)				
Item No.	Item FunctionID	Potential Failure Mode	Failure Mechanism	S	Failure Rate (λ)	Failure Effect Probability (β)	Failure Mode Ratio(α)	Operating Time (t)	Failure Mode Criticality Number (Cm)	Item Criticality Number (ΣC_m)	Item Criticality Ranking (Crxs)
1.	<u>Motor Travelling</u> Menggerakkan travelling drive gear	Bearing rusak	Blower pendingin motor tidak berfungsi	6	0,000007	0,778	1	11152,00	0,06072	0,07187	0,43121
		Terbakar	Terkena beban melebihi kapasitas (<i>overload</i>)	6	0,000003	0,222	1	11152,00	0,01115		
2.	<u>Hoist Gearbox</u> Menggerakkan naik/turun sling(hook)	Kebocoran pada seal	Terjadi gesekan yang terlalu tinggi	6	0,000006	1	1	11152	0,06691	0,06691	0,40147
3.	<u>Motor Hoist</u> Menggerakkan hoist drive gear	Terbakar	Blower pendingin motor tidak berfungsi	6	0,000003	0,375	1	11152,00	0,01255	0,04740	0,28438
		Bearing rusak	Terkena beban melebihi kapasitas (<i>overload</i>)	6	0,000005	0,625	1	11152,00	0,03485		
4.	<u>Slewing Gearbox</u> Memutar LLC kanan/kiri	Kebocoran pada seal	Terjadi gesekan yang terlalu tinggi	5	0,000005	1	1	11152,00	0,05576	0,05576	0,27880
5.	<u>Travelling Gearbox</u> Menggerakkan maju/mundur LLC	Kebocoran pada seal	Terjadi gesekan yang terlalu tinggi	5	0,000005	1	1	11152,00	0,05576	0,05576	0,27880

Bedasarkan tabel 2. Merupakan hasil analisis perhitungan *Criticality Analysis* pada 5 komponen LLC 40 ton yang memiliki nilai *criticality ranking* tertinggi. *Criticality Analysis* adalah salah satu cara untuk melakukan pengukuran secara kuantitatif berdasarkan data kegagalan dari suatu komponen di setiap mode kegagalan. Metode ini dapat digunakan untuk menentukan tingkat kekritisan suatu komponen yang mengalami kegagalan didasarkan pada nilai *Criticality Number* dan *Severity Ranking*. Berikut ini adalah salah satu contoh beberapa langkah perhitungan *Criticality analysis* pada salah satu komponen yakni *hoist gearbox* :

- Nilai *Severity Class hoist gearbox* 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*.
- Nilai *failure rate* (λ) nilai failure rate merupakan jumlah kegagalan per satu juta jam. Pada komponen *hoist gearbox* dengan kegagalan fungsi kerusakan *seal* didapatkan perhitungan sebagai berikut :

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

Nilai *failure effect probability* (β) adalah 1 *actual loss*, karena efek kegagalan yang ditimbulkan mempengaruhi

100% fungsi alat.

- c. Nilai *failure mode ratio* (α) pada komponen *motor hoist* dengan kegagalan fungsi *bearing rusak* didapatkan perhitungan sebagai berikut:

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

- d. Nilai *operating time* (t) pada komponen LLC 40 Ton selama empat tahun adalah sebesar 11152,00 jam.
e. Nilai *failure mode criticality* (Cm) pada komponen *motor hoist* dengan fungsi kegagalan *bearing rusak* sebagai berikut:

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

$$Cm = 1 \times 1 \times 0,000006 \times 11152,00$$

$$Cm = 0,06691$$

- f. Nilai *criticality number* (Cr) didapatkan dari penjumlahan nilai *failure mode criticality number* (Cm) pada setiap *failure mode*. Perhitungan didapatkan sebagai berikut:

$$Cr = \sum(Cm)$$

$$Cm = 0,06691$$

$$Cr = 0,06691$$

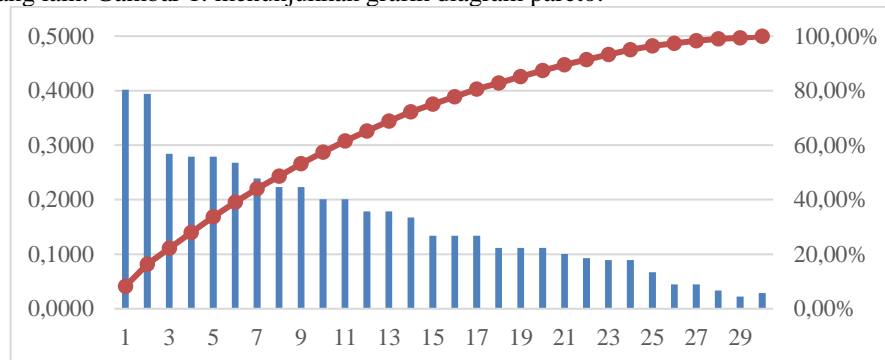
- g. Nilai *criticality ranking* didapatkan melalui perkalian antara nilai *criticality number* dengan *severty*. Perhitungan *criticality ranking* pada komponen *motor hoist* sebagai berikut:

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

$$= 0,06691 \times 6$$

$$= 0,40147$$

Bedasarkan tabel hasil perhitungan *criticality analysis* menghasilkan *criticality ranking* tertinggi pada komponen *motor travelling* sebesar 0,43121 dan *criticality ranking* terendah pada komponen *cable reel* sebesar 0,0223. Setelah didapatkan nilai *criticality ranking* kemudian dijumlahkan untuk mengetahui presentase *criticality ranking* dari masing-masing komponen yang didapatkan dari pembagian nilai *criticality ranking* dibagi dengan total keseluruhan *criticality ranking* dikalikan 100%. Nilai presentase *criticality ranking* tersebut ditambahkan dari yang tertinggi hingga yang terendah sampai 100%. Sehingga didapatkan komponen dari LLC 40 ton yang termasuk komponen kritis. Tujuan dari penggunaan diagram pareto adalah untuk membantu mengurutkan nilai *criticality ranking* yang termasuk dalam risiko tinggi. Hal tersebut dikarenakan banyaknya nilai *criticality ranking* yang sama satu dengan yang lain. Gambar 1. menunjukkan grafik diagram pareto.



Gambar 1. Diagram Pareto LLC 40 Ton

Gambar 1. menunjukkan visualisasi perbedaan antara peringkat kegagalan dan efek. Sumbu X menunjukkan komponen LLC 40 Ton sumbu Y kiri menunjukkan nilai *criticality ranking* dan sumbu Y kanan menunjukkan nilai presentase kumulatif. Berdasarkan gambar 1. dapat diketahui titik kritis pada penentuan komponen kritis LLC 40 Ton. Berdasarkan gambar diatas menunjukkan beberapa komponen yang memiliki nilai presentase kumulatif berada di bawah 20% yaitu terdapat 3 mode kegagalan komponen. Komponen yang termasuk dalam komponen kritis antara lain *motor travelling*, *hoist gearbox*, *motor hoist*. Komponen tersebut menandakan sering terjadi kegagalan, sehingga komponen tersebut akan dijadikan sebagai komponen prioritas utama dalam melakukan perbaikan nantinya.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil yang diperoleh dari identifikasi bahaya dengan menggunakan metode FMECA yang telah dilakukan, terdapat 30 komponen pada LLC 40 ton yang dianalisis bentuk-bentuk kegagalan dari setiap komponen dan efek yang ditimbulkan terhadap proses kerja sebagai berikut :

- a. Berdasarkan data kegagalan yang dianalisis LLC 40 ton menunjukkan bahwa terdapat selama rentang waktu

- 2019-2022 didapatkan pada 30 komponen, mempunyai 34 *failure mode* dengan 111 kegagalan. Kegagalan dapat mengganggu keseluruhan kinerja sistem pada LLC 40 ton.
- b. Perhitungan *criticality analysis* pada metode FMECA didapatkan nilai *criticality ranking* tertinggi pada komponen *Motor travelling* dengan nilai sebesar 0,43121, dan nilai *criticality ranking* terendah pada komponen *cable reel* dengan nilai sebesar 0,023 .
 - c. Penentuan komponen kritis dilakukan menggunakan diagram pareto diketahui bahwa 3 mode kegagalan yaitu komponen *hoists gearbox*, *motor travelling*, dan *motor hoist* merupakan komponen kritis. 3 mode kegagalan tersebut dapat mempengaruhi seluruh proses kinerja sistem, sehingga komponen tersebut menjadi prioritas utama untuk dilakukan tindakan perbaikan dan perawatan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- 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.
- 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.
- Fitriyani, A. N., Subekti, A., & Amrullah, H. N. (2018). Identifikasi Kegagalan Komponen Pada Unit Boiler Dengan Menggunakan Metode FMECA (Studi Kasus : Perusahaan Pupuk). *Proceeding 2nd Conference On Safety Engineering* (pp. pp 669-674). Surabaya: Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
- Hadiwiyanti, S. R., & Yuliawati, E. (2022). Penentuan Penyebab Cacat Kritis Produk dengan Menggunakan FMECA. *Seminar Nasional Teknologi Industri Berkelanjutan II (SENASTITAN II)* (pp. ISSN 2775-5630). Surabaya: Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya.
- J. Zhang, Y. L. (2013). Research on the Control System of Level Luffing Crane Based on Fuzzy Control. *Journal of Control Science and Engineering*, vol. 2013, pp. 1-8.
- Kurniawati, D. A., & Muzaki, M. L. (2017). Analisis Perawatan Mesin dengan Pendekatan RCM dan MVSM. *Jurnal Optimasi Sistem Industri*, pp 89-105.
- Putra HNE, S. A. (2017). Analisis risiko menggunakan metode FMCEA dan metode topsi untuk penentuan prioritas perbaikan pada steam turbine di perusahaan pembangkit listrik tenaga panas bumi. *Proceeding 1st Conference on Safety Engineering and Its Application*. Surabaya: Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
- Rahman, A., & Fahma, F. (2021). Penggunaan Metode Fmeca (Failure Modes Effects Criticality Analysis) Dalam Identifikasi Titik Kritis Di Industri Kemasan. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian* , Vol 31 No (1): pp 110-119.
- Suryono, M., Azka, A., Harahap, K. S., & Fadilah, R. (2023). Identification Of Critical Points Of Traceability In Frozen Cube Tuna Using Fmeca Method In Tuna Freezing Company. *Aurelia Journal Vol. 5 (1)*, PP 177-184.

