

ANALISIS RISIKO KEGAGALAN ALAT GRAB DI PELABUHAN X DENGAN METODE FMEA

Alvina Imelda Putri¹⁾, Alma Vita Sophia²⁾, dan Medi Prihandono³⁾

¹⁾Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

²⁾Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

³⁾Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

E-mail: alvinaimeldaputri@student.ppns.ac.id

Abstract

Ports play an important role in logistics activities, including in the management of dry bulk terminals, where Grab equipment is one of the main tools in the loading and unloading process, including at Port X. However, Grab equipment often experiences failures during operation. This study identifies and analyzes the risk of Grab equipment failure using the Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) method. The FMEA method can evaluate and analyze components in a system to minimize the risk of failure of those components. The FMEA results show that the 34 potential failure modes with the highest risk are partial/total wire rope breakage with an RPN value of 194.40, solenoid damage (152.32), and wire rope strands coming out (123.98), while the lowest risk is frame deformation with an RPN value of 11.60. The RPN values were then accumulated in a Pareto chart using the 80:20 principle, which produced the 20 highest values out of a total of 34 potential failure modes. Recommendations were given to minimize disruptions in the loading and unloading process.

Keywords: Risk, Grab, FMEA, Pareto

Abstrak

Pelabuhan memiliki peran penting dalam aktivitas logistik, termasuk dalam pengelolaan terminal curah kering, di mana alat *Grab* menjadi salah satu peralatan utama dalam proses bongkar muat, termasuk di Pelabuhan X. Namun dalam operasionalnya alat *Grab* sering mengalami kegagalan. Penelitian ini mengidentifikasi dan menganalisis risiko kegagalan alat *Grab* menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Metode FMEA dapat mengevaluasi dan menganalisis komponen-komponen pada sistem untuk meminimalkan risiko dari kegagalan komponen-komponen tersebut. Hasil FMEA menunjukkan bahwa 34 *potential failure mode* dengan risiko tertinggi ada pada *wire rope* rantas sebagian/total dengan nilai RPN (194,40), kerusakan *solenoid* (152,32), dan serabut *wire rope* keluar (123,98), dan terendah ada pada *deformasi frame* dengan nilai RPN (11,60). Nilai RPN tersebut kemudian diakumulasikan dalam diagram pareto dengan prinsip 80:20 yang menghasilkan 20 tertinggi dari total keseluruhan 34 *potential failure mode*. Rekomendasi penanganan diberikan untuk meminimalkan gangguan dalam proses bongkar muat.

Kata kunci: Risiko, Grab, FMEA, Pareto

1. Pendahuluan

Pelabuhan berfungsi sebagai pusat logistik dan perdagangan, memiliki peran penting dalam mendukung kegiatan ekspor impor serta distribusi barang secara nasional (Monasoni, 2024). Sebagai tempat kapal bersandar, berlabuh, dan melakukan bongkar muat, pelabuhan dilengkapi dengan berbagai fasilitas pendukung termasuk terminal curah kering dan curah cair. Terminal curah kering berfungsi menangani muatan seperti batu

bara, pupuk, *raw sugar*, dan bijih besi, sedangkan terminal curah cair digunakan untuk membongkar minyak mentah, bahan kimia, dan bahan bakar. Pelabuhan X, sebagai pelabuhan umum, tidak menyediakan jasa bongkar muat secara langsung, namun menyewakan fasilitas seperti alat *Grab* yang digunakan oleh pihak ketiga dalam operasional bongkar muat.

Pelabuhan X memiliki alat *Grab* yang digunakan bersama *crane* kapal untuk mempercepat proses bongkar muat muatan curah kering. Kendati demikian, penggunaan *Grab* tidak terlepas dari risiko kerusakan yang dapat menghambat operasional. Kerusakan berulang tersebut berdampak pada produktivitas pelabuhan dan keterlambatan jadwal bongkar muat. Kondisi ini menegaskan pentingnya analisis risiko untuk mengidentifikasi potensi kegagalan untuk menekan *downtime* dan meningkatkan efisiensi operasional.

Dalam mengatasi masalah tersebut, penelitian ini menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). FMEA digunakan untuk mengidentifikasi dan menganalisa potensi kegagalan serta dampak yang terjadi (Ismoyo, 2021), yang berfungsi mengevaluasi kegagalan potensial dengan memberikan penilaian pada aspek frekuensi, tingkat keparahan, dan deteksi untuk memperoleh Risk Priority Number (RPN). Perhitungan nilai *Risk Priority Number* (RPN) digunakan untuk menentukan prioritas kegagalan yang akan dilakukan perbaikan atau penanganan lebih lanjut (Saputra & Santoso, 2021).

2. Metode Penelitian

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) adalah metode untuk menilai pada sistem. Metode FMEA memiliki tujuan untuk mengevaluasi keandalan sistem dengan mengidentifikasi potensi kegagalan dan dampaknya. FMEA dapat digunakan untuk mendeteksi risiko kegagalan pada mesin atau alat dan juga menilai risiko kegagalan komponen-komponen tersebut untuk diberikan rekomendasi perawatan komponen mesin tersebut (Yaqin dkk., 2020).

Dalam metode FMEA menentukan ranking dari *severity*, *occurrence* dan *detection* dengan skala penilaian 1-10 untuk menghitung nilai RPN (*Risk Priority Number*). Rumus dari RPN yaitu *Risk Priority Number* = *Severity* x *Occurrence* x *Detection*. Ranking *severity*, *occurrence*, dan *detection* dapat dilihat pada tabel 1, tabel 2, dan tabel 3.

1. Severity

Tahapan pertama dalam analisis FMEA adalah dengan menentukan peringkat berdasarkan kriteria dampak dari proses. *Severity* merupakan efek ataupun dampak dari adanya suatu kegagalan. Tingkat keparahan (*Severity*) kegagalan yang terjadi diukur dengan menentukan tingkat keseriusan dampak yang ditimbulkan dan dampaknya pada kegiatan produksi (Maulana dan Yuamita, 2025). Perankingan tingkat *severity* dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1

Ranking Severity

Ranking	Effect	Criteria of Severity Effect
1	Tidak Ada	Tidak ada pengaruh
2	Sangat Kecil	Komponen terlihat buruk, tetapi komponen tetap berfungsi dengan baik, dan sistem dan mesin tetap berjalan dengan baik
3	Kecil	Komponen mengalami penurunan kinerja, tetapi sistem mesin tetap beroperasi
4	Sangat Rendah	Kegagalan komponen dapat mempengaruhi sedikit kinerja sistem, sementara mesin tetap berjalan tanpa masalah.
5	Rendah	Kegagalan komponen secara bertahap mengurangi kinerja sistem, tetapi mesin tetap dapat berfungsi.
6	Menengah	Kegagalan komponen mengurangi kinerja sistem, tetapi tetap dapat berfungsi.
7	Tinggi	Kegagalan komponen mengakibatkan sistem mesin masih beroperasi
8	Sangat Tinggi	Kegagalan komponen menyebabkan mesin mati dan tidak dapat melakukan fungsi utamanya.
9	Berbahaya	Meskipun ada peringatan, kegagalan dapat menyebabkan kerusakan besar dan kecelakaan yang membahayakan.
10	Sangat Berbahaya	Kegagalan menyebabkan kerusakan yang signifikan dan bahaya keselamatan operator.

Sumber: (Maulana dan Yuamita, 2025)

2. Occurance

Tingkat kejadian (*occurrence*) adalah seberapa sering komponen mengalami kegagalan dan menyebabkan kegagalan saat digunakan. Nilai skala yang disesuaikan dengan frekuensi kejadian dan angka komulatif kegagalan yang dapat terjadi. Setiap kemungkinan kegagalan dinilai berdasarkan tingkat frekuensi

kemunculannya (Maulana dan Yuamita, 2025). Perankingan tingkat *occurance* dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2

Ranking *Occurance*

Ranking	Tingkat Bahaya	Deskripsi
1	Hampir tidak pernah terjadi	Proses berada dalam kendali tanpa melakukan
2	Kegagalan jarang terjadi	Pengendalian membutuhkan sedikit perubahan dan penyesuaian
3	Kegagalan terjadi sangat sedikit	Proses berada diluar kendali dan merlukan beberapa penyesuaian
4	Kegagalan yang terjadi sedikit	Terjadi <i>downtime</i> kurang dari 30 menit
5	Kegagalan terjadi pada tingkat rendah	Terjadi <i>downtime</i> 1 jam
6	Kegagalan terjadi pada tingkat sedang	Terjadi <i>downtime</i> 1-2 jam
7	Kegagalan terjadi pada tingkat yang cukup tinggi	Terjadi <i>downtime</i> 2-4 jam
8	Kegagalan terjadi tinggi	Terjadi <i>downtime</i> 4-8 jam
9	Sangat tinggi	Terjadi <i>downtime</i> lebih dari 8 jam
10	Sering	Terjadi lebih dari 100 kali

Sumber: (Maulana dan Yuamita, 2025)

3. Detection

Detection sendiri dapat diartikan sebagai pengendalian yang dilakukan terhadap suatu kegagalan yang terjadi (Mukminin dan Dahda, 2022). Tingkat Kemampuan untuk mengetahui atau mengendalikan kegagalan diukur dengan kemungkinan kegagalan terdeteksi sebelum terjadi. Perankingan tingkat *detection* dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3.

Ranking *Detection*

Ranking	Detectability of Aspect	Kriteria
1	Deteksi dapat dilakukan dengan mudah	Dapat diperkirakan akan sering terjadi, menghasilkan identifikasi potensi penyebab dan kejadian
2	Sangat mudah untuk terdeteksi	Sangat mudah untuk mengidentifikasi penyebab potensial dan jenis kegagalan lanjutan.

Ranking	Detectability of Aspect	Kriteria
3	Mudah untuk mendeteksi	Mudah untuk menemukan penyebab potensial dan jenis kegagalan berikutnya
4	Untuk terdeteksi menengah ke atas	Penyebab potensial dan jenis kegagalan berikutnya hampir tidak mungkin ditemukan
5	Untuk terdeteksi sedang	Penyebab potensi dan jenis kegagalan berikutnya hampir tidak dapat ditemukan
6	Untuk terdeteksi rendah	Rendah untuk mendeteksi penyebab potensial dan jenis kegagalan yang akan datang
7	Untuk terdeteksi sangat rendah	Sangat rendah untuk mendeteksi penyebab potensial dan jenis kegagalan yang akan datang
8	Sulit untuk terdeteksi	Sulit untuk mengendalikan perubahan dan mengidentifikasi penyebab potensial dan jenis kegagalan terkait.
9	Sangat sulit untuk terdeteksi	Sangat sulit untuk mengendalikan dan menemukan penyebab potensi dan jenis kegagalan berikutnya
10	Tidak dapat diidentifikasi	Tidak akan mungkin untuk mengontrol dan menemukan sumber kegagalan berikutnya.

Sumber: (Maulana dan Yuamita, 2025)

Menurut Bitty dkk, (2024) Dalam metode FMEA, prioritas risiko bisa didapatkan dari hasil perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) dengan beberapa faktor. Dengan menghitung nilai RPN, digunakan persamaan seperti dibawah ini:

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

Dimana S adalah nilai *severity*, O adalah nilai *occurance*, dan D adalah nilai *detection*.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Penelitian

Analisis Risiko pada Alat *Grab*

Identifikasi risiko dilakukan untuk mengetahui bagian-bagian dari alat *Grab* yang paling sering bermasalah atau berpotensi rusak saat digunakan dalam proses bongkar muat. Jika salah satu komponen mengalami kerusakan, maka fungsi alat secara keseluruhan dapat terganggu dan menghambat proses bongkar muat. Setelah dilakukan

identifikasi kemudian dilakukan analisis menggunakan metode FMEA. Metode FMEA adalah metode yang dapat mengevaluasi dan menganalisis komponen-komponen pada sistem untuk meminimalkan risiko atau efek dari kegagalan komponen-komponen tersebut (Yaqin dkk., 2020).

Komponen yang dianalisis adalah 10 komponen dari alat *Grab* yang didapatkan dari hasil wawancara, setelah didapatkan hasil identifikasi risiko kemudian dilanjutkan dengan menyebarkan kuisioner kepada 5 *expert judgment*. Pada tahap ini, analisis dilakukan untuk menghitung *Risk Priority Number* (RPN) dari setiap potensi kegagalan (*potential failure mode*) yang dapat dilihat pada tabel 4. RPN merupakan hasil perkalian dari tiga variabel dalam metode FMEA, yaitu *severity* (tingkat keparahan), *occurrence* (tingkat kejadian), dan *detection* (tingkat deteksi).

Rumus RPN = *Severity* × *Occurrence* × *Detection*

$$= 7.80 \times 1.40 \times 2.80 = 30.58$$

Tabel 4

Perhitungan nilai RPN

No	Potential Failure Mode	Severity	Occurrence	Detection	RPN
1	Masterlink crack effect beban jatuh	7.80	1.40	2.80	30.58
2	Masterlink crack effect kecelakaan	6.00	2.20	2.80	36.96
3	Masterlink aus	4.80	2.80	2.40	32.26
4	Masterlink deformasi	6.20	2.40	2.20	32.74
5	Shackle crack	7.80	1.40	3.00	32.76
6	Shackle aus	5.40	3.00	2.60	42.12
7	Shackle deformasi	6.60	1.80	2.00	23.76
8	Lifting plate crack	7.80	1.40	3.00	32.76
9	Lifting plate aus	4.40	2.80	2.40	29.57
10	Lifting plate deformasi	5.60	1.80	2.00	20.16
11	Wire rope rantas sebagian/total	9.00	7.20	3.00	194.40
12	Serabut wire rope keluar	8.20	5.40	2.80	123.98
13	Wire rope korosi	5.20	3.40	2.80	49.50
14	Tekanan tinggi	6.20	3.20	4.00	79.36
15	Kehilangan tekanan	7.00	2.60	4.20	76.44
16	Hydraulic cylinder macet	6.20	1.80	3.80	42.41
17	Retak las	5.60	1.00	2.60	14.56
18	Deformasi frame	5.80	1.00	2.00	11.60
19	Kerusakan solenoid	6.80	5.60	4.00	152.32
20	Habis baterai	7.00	3.80	2.00	53.20
21	Disconnected kabel	6.60	4.20	2.40	66.53
22	Kerusakan remote control device	6.80	4.20	2.00	57.12

No	Potential Failure Mode	Severity	Occurance	Detection	RPN
23	Blockage oil filter & air filter	6.00	3.80	3.60	82.08
24	Antena receiver patah	5.60	2.00	2.80	31.36
25	Kebocoran oli pada system room	7.00	4.60	2.20	70.84
26	Bending pada bucket	5.40	4.40	3.00	71.28
27	Aus pada roda gigi bucket	6.00	3.00	3.40	61.20
28	Bucket keropos	5.20	4.00	2.20	45.76
29	Arm patah	8.60	1.80	3.20	49.54
30	Arm deformasi	6.00	3.40	3.20	65.28
31	Bending pada top frame	4.40	3.00	1.80	23.76
32	Top frame keropos	5.00	2.00	1.80	18.00
33	Top frame deformasi	4.80	2.80	1.80	24.19
34	Top frame patah	7.20	1.00	1.80	12.96

Berdasarkan analisis FMEA, risiko dengan nilai RPN tertinggi terdapat pada *wire rope* yang putus sebagian/total (194,40), kerusakan solenoid (152,32), serabut *wire rope* keluar (123,98), dan RPN paling rendah terdapat pada deformasi *frame* (11,60). Selanjutnya, untuk mendapatkan gambaran keseluruhan tingkat risiko, dilakukan perhitungan nilai kumulatif RPN sebagai dasar dalam menentukan prioritas penanganan secara menyeluruh dari 34 *potential failure mode* yang ada pada tabel 5.

Tabel 5

Perhitungan kumulatif *potential failure mode*

No	Potential Failure Mode	RPN	RPN (100%)	Kumulatif
1	Wire rope rantas sebagian/total	194.40	10.85%	10.85%
2	Kerusakan solenoid	152.32	8.50%	19.36%
3	Serabut wire rope keluar	123.98	6.92%	26.28%
4	Blockage oil filter & air filter	82.08	4.58%	30.86%
5	Tekanan tinggi	79.36	4.43%	35.29%
6	Kehilangan tekanan	76.44	4.27%	39.56%
7	Bending pada bucket	71.28	3.98%	43.54%
8	Kebocoran oli pada system room	70.84	3.95%	47.49%
9	Koneksi kabel	66.53	3.71%	51.20%
10	Arm deformasi	65.28	3.64%	54.85%
11	Aus pada roda gigi bucket	61.20	3.42%	58.26%
12	Kerusakan remote control device	57.12	3.19%	61.45%
13	Habis baterai	53.20	2.97%	64.42%
14	Arm patah	49.54	2.77%	67.19%

No	Potential Failure Mode	RPN	RPN (100%)	Kumulatif
15	Wire rope korosi	49.50	2.76%	69.95%
16	Bucket keropos	45.76	2.55%	72.51%
17	Hydraulic cylinder macet	42.41	2.37%	74.87%
18	Shackle aus	42.12	2.35%	77.23%
19	Masterlink crack effect kecelakaan	36.96	2.06%	79.29%
20	Shackle crack	32.76	1.83%	81.12%
21	Lifting plate crack	32.76	1.83%	82.95%
22	Masterlink deformasi	32.74	1.83%	84.77%
23	Masterlink aus	32.26	1.80%	86.57%
24	Antena receiver patah	31.36	1.75%	88.33%
25	Masterlink crack effect beban jatuh	30.58	1.71%	90.03%
26	Lifting plate aus	29.57	1.65%	91.68%
27	Top frame deformasi	24.19	1.35%	93.03%
28	Bending pada top frame	23.76	1.33%	94.36%
29	Shackle deformasi	23.76	1.33%	95.69%
30	Lifting plate deformasi	20.16	1.13%	96.81%
31	Top frame keropos	18.00	1.00%	97.82%
32	Retak las	14.56	0.81%	98.63%
33	Top frame patah	12.96	0.72%	99.35%
34	Deformasi frame	11.60	0.65%	100.00%
TOTAL		1791.33	100.00%	

Berdasarkan Tabel 4.5, berikut contoh perhitungan nilai presentase RPN (%) dari indikator *potential failure mode wire rope* rantas sebagian/total:

$$RPN (\%) = \frac{194.40}{1791.33} \times 100\% = 10.852\%$$

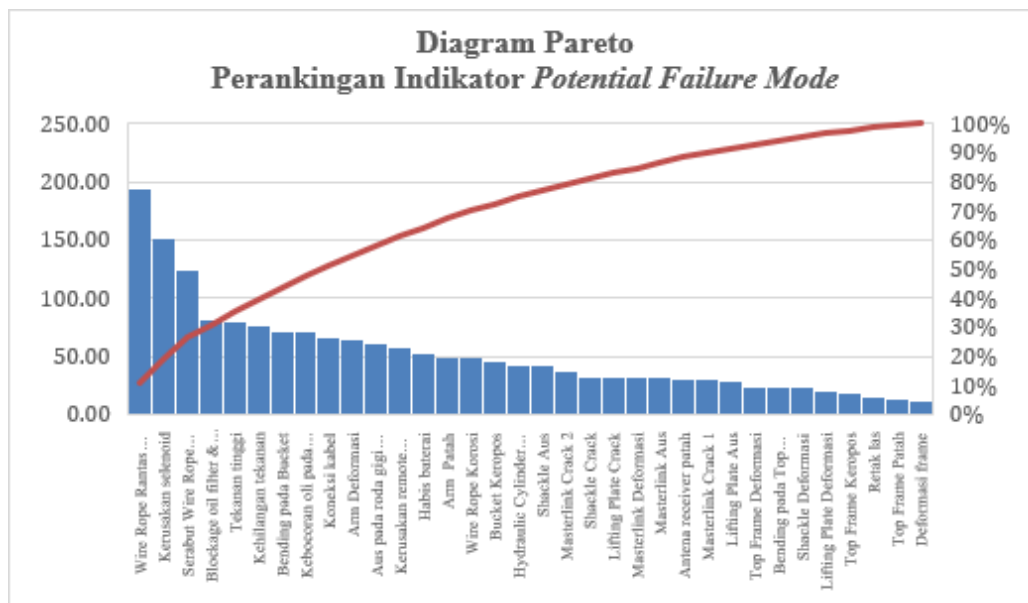
Dan berikut merupakan contoh perhitungan RPN Kumulatif (%) pada indikator *potential failure mode* kerusakan solenoid:

$$\begin{aligned} RPN \text{ Kumulatif } (\%) &= 10.852\% + 8.503\% = 19.355\% \\ &= 19.36\% \end{aligned}$$

3.2. Pembahasan

Diagram Pareto

Dari hasil perankingan indikator *potential failure mode* berdasarkan nilai RPN pada tabel 5, kemudian dibuat dengan menggunakan diagram pareto untuk memudahkan proses pengidentifikasian data. Hasil diagram pareto terdapat pada Gambar 1.



Gambar 1
Diagram pareto potential failure mode alat *Grab*

Berdasarkan prinsip diagram pareto yang dikenal dengan prinsip 80/20 yang artinya 80% akibat disebabkan 20% penyebab. Dengan demikian, maka dari 34 indikator risiko didapatkan 20 indikator risiko dengan total presentase kumulatif berada pada tingkat 80% diantaranya adalah *wire rope* rantas sebagian/total, kerusakan *solenoid*, serabut *wire rope* keluar, *blockage oil filter & air filter*, tekanan tinggi, kehilangan tekanan, bending pada *bucket*, kebocoran oli pada *system room*, koneksi kabel, *arm* deformasi, aus pada roda gigi *bucket*, kerusakan *remote control device*, habis baterai, *arm* patah, *wire rope* korosi, *bucket* keropos, *hydraulic cylinder* macet, *shackle* aus, *masterlink crack effect* kecelakaan dan *shackle crack*.

4. Kesimpulan

Dari analisis menggunakan metode FMEA dengan perhitungan RPN menunjukkan bahwa risiko tertinggi terdapat pada *wire rope* rantas sebagian/total (194,40), kerusakan *solenoid* (152,32), dan serabut *wire rope* keluar (123,98), sedangkan terendah ada pada deformasi frame (11,60). Berdasarkan prinsip Pareto, sekitar 80% potensi kegagalan dipengaruhi oleh 20% penyebab utama dan didapatkan sebanyak 20 dari 34 *potential failure mode* tertinggi. Oleh karena itu, pengendalian risiko diberikan pada komponen-komponen dengan RPN tertinggi untuk meminimalkan gangguan dalam

proses bongkar muat, serta diperlukan kajian lebih mendalam terkait akar penyebab dari *potential failure mode* agar strategi pencegahan dapat dilakukan secara lebih tepat.

Referensi

- Bitty, S. E., Hendratta, L. A., Thambas, A. H., & Malingkas, G. (2024). *Manajemen risiko pada sistem penyediaan air minum (SPAM) perpipaan dengan metode failure mode and effect analysis dan fault tree analysis di Kabupaten Minahasa Utara*. **PADURAKSA: Jurnal Teknik Sipil Universitas WArmadewa**, 13(2), 138-147.
- Ismoyo, G. C., Widiani, D. R., & Sophia, A. V. (2021). *Identifikasi Risiko pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Industri Gum Rosin Menggunakan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*. **Conference Proceeding on Waste Treatment Technology**, 1(04)
- Monasoni, L. A. (2024). *Pengaruh Tenaga Kerja dan Kesiapan Alat Terhadap Produktivitas Bongkar Muat di Pelabuhan JIPE Gresik*. **Skripsi**, STIAMAK Barunawati Surabaya.
- Maulana, M. I., & Yuamita, F. (2025). *Analisis Perawatan dan Perbaikan Mesin Carding dengan Menggunakan Metode FMEA (Failure Mode and Effect Analysis)*. **Jurnal Ilmiah Teknik Industri dan Inovasi**, 3(1), 13-24.
- Mukminin, A., & Dahda, S. S. (2022). *Identifikasi Penyebab Kecacatan Kemasan Minyak Kelapa Sawit Menggunakan Metode FMEA dan FTA Pada Departemen Shortening (Studi Kasus: PT. XYZ)*. **Jurnal Serambi Engineering**, 7(4).
- Saputra, R., & Santoso, D. T. (2021). *Analisis Kegagalan Proses Produksi Plastik Pada Mesin Cutting Di Pt. Fkp Dengan Pendekatan Failure Mode and Effect Analysis Dan Diagram Pareto*. **Barometer**, 6(1), 322-327.
- Yaqin, R. I., Zamri, Z. Z., Siahaan, J. P., Priharanto, Y. E., Alirejo, M. S., & Umar, M. L. (2020). *Pendekatan FMEA dalam Analisa Risiko Perawatan Sistem Bahan Bakar Mesin Induk: Studi Kasus di KM. Sidomulyo*. **Jurnal Rekayasa Sistem Industri**, 9(3), 189-200.