

Penerapan *Failure Mode Effect Analysis* pada *Graving Dock* pada Industri Galangan Kapal di Surabaya

Muhammad Hanif Ramadhani^{1*}, Mochamad Luqman Ashari² dan Aulia Nadia Rachmat³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

*E-mail: ashari.luqman@ppns.ac.id

Abstrak

Galangan kapal merupakan industri maritim yang sangat banyak di Indonesia. Salah satu penunjang alat dari galangan kapal yaitu adalah dok gali yang digunakan untuk memperbaiki kapal yang sedang bersandar. Dok gali mempunyai beberapa jenis yang diantaranya adalah *graving dock*. Dalam penggunaannya, *graving dock* ini pasti mengalami penurunan keandalan sehingga tidak mampu menjalankan fungsinya dengan maksimal. Berdasarkan data kegagalan komponen dan tinjauan pustaka, terdiri dari 18 Komponen, 26 *Failure Mode*, dan 32 Kegagalan. Maka dari itu, diperlukan analisis kegagalan menggunakan metode *Failure Mode Effects Analysis* (FMEA) untuk mengetahui nilai *Risk Priority Number* tertinggi, dimana *failure mode* Kebocoran pada pompa stripper merupakan *Risk Priority Number* tertinggi dari mekanisme pengeringan dok dengan nilai sebesar 336. Lalu, *failure mode* penumpukan lumpur pada poonton pintu dok merupakan *Risk Priority Number* dari mekanisme buka-tutup pintu dok dengan nilai sebesar 256. Lalu, *failure mode* macet pada katup air pembuka merupakan *Risk Priority Number* dari mekanisme pengisian dok dengan nilai sebesar 288.

Kata Kunci: *Failure Mode and Effect Analysis*, dok gali, galangan kapal

Abstract

Shipbuilding is a very large maritime industry in Indonesia. One of the supporting tools for a shipyard is a digging dock which is used to repair ships that are docked. There are several types of digging docks, one of them is graving dock. On the process of using the graving dock, the problems must be happened. Based on component failure data and literature review, it consists of 18 components, 26 failure modes and 32 failures. Therefore, failure analysis is needed using the Failure Mode Effects Analysis (FMEA) method to determine the highest Risk Priority Number value. where the failure mode of leaks in the stripper pump is the highest Risk Priority Number of the dock drying mechanism with a value of 336. Then, the failure mode of sludge accumulation on the dock door pontoons is the Risk Priority Number of the dock door opening and closing mechanism with a value of 256. Then, failure jam mode on the opening water valve is the Risk Priority Number of the dock filling mechanism with a value of 288.

Keywords: *Failure Mode Effect Analysis, Graving Dock, Shipyard*

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar, Hadirnya transportasi laut seperti kapal menjadi kebutuhan vital dalam menjadi sarana transportasi antar pulau (Silvianita et al., 2018). Kebutuhan pasar domestik laut yang semakin meningkat dan juga adanya program tol laut yang tepat untuk mewujudkan fungsi dan peran galangan di Indonesia yang lebih optimal (Haryadi & Budiyanto, 2022).

Galangan kapal adalah sebuah sistem yang kompleks dan mempunyai fungsi ekonomi yang dibangun pada kondisi lingkungan yang mempunyai dampak bahaya dan aktivitas korosif yang tinggi (Atehnja et al., 2018). Salah satu perusahaan yang bergiat di sektor galangan kapal tersebut berlokasi di Kota Surabaya, Jawa Timur. Proses ekonomi dari galangan kapal membutuhkan penunjang untuk proses produksi salah satunya dengan adanya *graving dock* atau dok gali yang difungsikan sebagai tempat perbaikan dan pemeliharaan kapal yang berada di bawah tanah (Sabela et al., 2023).

Graving dock adalah contoh bangunan yang dikelilingi oleh tanah di tiga sisi dan memiliki kaisson apung

(atau pintu) di salah satu ujungnya. Contoh kecelakaan kegagalan dok kering yang melibatkan kegagalan pintu kaisson terjadi pada 27 Maret 2002 di Dubai Dock No 2. Salah satu fasilitas perbaikan kapal terbesar di dunia yang menyebabkan banjir yang tidak terkendali di dok dan menewaskan 21 orang (Kareem, 2017).

Salah satu galangan di Kota Surabaya juga mempunyai graving dock yang telah lama dibangun pernah mengalami kegagalan dalam proses penutupan graving dock dikarenakan pada terdapat lumpur pada pintu yang menyebabkan tidak bisa mengapung saat membuka pintu serta kegagalan saat menutup pintu dikarenakan ada sesuatu yang mengganjal. Mengingat sibuknya pekerjaan pada daerah tersebut, maka diperlukan analisis risiko kegagalan dan rekomendasi yang tepat.

Berdasarkan permasalahan tersebut, akan dilaksanakan Analisis Risiko Graving Dock Dengan Metode Failure Mode Effect Analysis. Menurut Takahashi et al., (2021), menerapkan FMEA pada dapat mengklarifikasi penyebab kejadian yang tidak diinginkan secara komprehensif. Secara umum analisis menggunakan FMEA dilakukan dengan menggunakan tiga parameter, severity (S) membahas tingkat keparahan akibat tidak terdeteksinya mode kegagalan, occurrence (O), adalah probabilitas terjadinya accident dan Non-detection (D) adalah peluang dari tidak terdeteksinya kegagalan sebelum terjadi. Hasil dari tiga parameter tersebut memberikan tingkat kegagalan yang bernama risk priority number yang pada akhirnya, tim mendesain ulang atau memodifikasi proses untuk menghindari atau meminimalkan kegagalan, diikuti dengan implementasi dan analisis efektivitas proses yang dimodifikasi.

2. METODE

Dalam Penelitian, FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) adalah sebuah metode yang bertujuan untuk mengevaluasi desain sistem dengan mempertimbangkan berbagai mode kegagalan dari komponen sistem dan menganalisis dampaknya terhadap keandalan sistem tersebut. Metode FMEA digunakan untuk menganalisis kegagalan komponen pada *Graving Dock*, hasil dari analisis tersebut digunakan untuk menentukan prioritas yang diberikan rekomendasi. Tabel 4 disajikan salah satu daftar tabel FMEA Graving Dock yaitu komponen pompa stripper merupakan salah satu contoh hasil identifikasi bahaya pada Graving Dock.

Dalam melaksanakan penelitian ini menggunakan data primer dan data sekunder. Data primer yang diperoleh berdasarkan hasil wawancara bersama dengan ahli dibidangnya yang meliputi data fungsi komponen, data penyebab kegagalan, dan akibat dari kegagalan yang terjadi (Nurjanah et al., 2023). Sedangkan data sekunder didapatkan dari data spesifikasi dan *manual book* dari setiap komponen.

Risk Priority Number (RPN) adalah ukuran risiko relatif yang diperoleh dari hasil perkalian antara rating Severity, Occurrence, dan Detection. RPN ditentukan sebelum implementasi rekomendasi tindakan perbaikan dan digunakan untuk mengidentifikasi bagian yang menjadi prioritas utama berdasarkan nilai RPN tertinggi.

Metode FMEA terdiri dari empat tahap, yaitu: menentukan sistem yang akan dianalisis, membuat diagram blok fungsi sistem (*Function Block Diagram* atau FBD), mengidentifikasi kemungkinan kegagalan, dan mengidentifikasi efek yang ditimbulkan oleh kegagalan tersebut. Berikut ini adalah parameter yang digunakan dalam Worksheet FMEA. (McDermott et al., 2009).

1. *Line*

Pada kolom ini diisi dengan nomor urut untuk sistem, subsistem, atau komponen yang akan dilakukan analisa.

2. *Component and Function*

Pada kolom ini diisi dengan data peralatan atau komponen dan fungsi yang akan diidentifikasi.

3. *Potential Failure Mode*

Pada kolom ini menjelaskan mode kegagalan potensial yang menyebabkan alat tersebut tidak berfungsi.

4. *Potential effects of failure*

Pada kolom ini diisi mengenai efek potensial dari kegagalan yang terjadi.

5. *Severity*

Pada kolom ini diisi mengenai nilai keparahan berdasarkan **Tabel 1**.

6. *Potential causes of failure*

- Pada kolom ini diisi mengenai penyebab potensial dari kegagalan yang terjadi.
7. *Occurance*
Pada kolom ini diisi mengenai nilai keseringan/kesempatan.
 8. *Current Control, prevention*
Pada kolom ini diisi mengenai kontrol saat ini untuk mencegah dari kegagalan.
 9. *Current control, detection*
Pada kolom ini diisi mengenai kontrol saat ini untuk mendeteksi kegagalan
 10. *Detection*
Pada kolom ini diisi mengenai nilai deteksi
 11. *RPN*
Pada kolom ini diisi mengenai nilai perkalian antara *severity*, *occurance* dan *detection*.
 12. *Reccomend Action*
Pada kolom ini diisi rekomendasi yang tepat untuk kegagalan.
 13. *Responsibility and Target Completion date*
Pada kolom ini diisi mengenai pihak yang bertanggung jawab dengan target waktu terselesaikannya.
 14. *Priority*
Pada kolom ini diisi mengenai peringkat prioritas dari RPN yang ada.

Tepatnya dalam makalah ini, FMEA menerapkan parameter yang dikemukakan oleh McDermott et al., (2009). Ini parameter bertujuan untuk mengurangi subjektivitas dalam memilih indeks tingkat keparahan, kejadian, dan deteksi. Untuk mengantisipasi subjektivitas ini, nilai-nilai mereka bervariasi dari 1 hingga 10 dari kenyataan hingga kegagalan. Nilai-nilai ini keparahan (*severity*) lebih jauh lagi digambarkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Peringkat *Severity* Sebelum

<i>Effect</i>	<i>Criteria : Severity of Effect on Product (Customer Effect)</i>	<i>Rank</i>	<i>Effect</i>	<i>Criteria Severity of Effect on process</i>
<i>Failure to meet safety and/or Regulatory Requirement</i>	<i>Potential failure mode affects safe vehicle operation and/or involves noncompliance with government regulations without warning.</i>	10	<i>Failure to meet safety and/or Regulatory Requirement</i>	<i>May endanger operator (machine or assembly) without warning.</i>
	<i>Potential failure mode affects safe vehicle operation and/or involves noncompliance with government regulations with warning</i>	9		<i>May endanger operator (machine or assembly) with warning</i>
<i>Loss or Degradation of primary function</i>	<i>Loss of primary function (vehicle inoperable, does not affect safe vehicle operation).</i>	8	<i>Major Disruption</i>	<i>100% of product may have to be scrapped. Line shutdown or stop ship</i>
	<i>Degradation of primary function (vehicle operable, but at reduced level of performance).</i>	7	<i>Significant Disruption</i>	<i>A portion of the production run may have to be scrapped. Deviation from primary process including decreased line speed or added manpower.</i>

Tabel 2 Peringkat Severity Lanjutan

Loss or Degradation of secondary function	Loss of secondary function (vehicle inoperable but comfort/convenience functions inoperable).	6	Moderate Disruption	100% of production run may have to be reworked off line and accepted.
	Degradation of secondary function (vehicle inoperable but comfort/convenience functions at a reduced level of performance).	5		A portion of the production run may have to be reworked off line and accepted.
Annoyance	Appearance or Audible Noise, vehicle operable, item does not conform and noticed by most customers (>75%).	4	Moderate Disruption	100% of production run may have to be reworked in-station before it is processed.
	Appearance or Audible Noise, vehicle operable, item does not conform and noticed by many customers (50%).	3		A portion of the production run may have to be reworked in-station before it is processed.
	Appearance or Audible Noise, vehicle operable, item does not conform and noticed by discriminating customers (<25%).	2	Minor Disruption	Slight inconvenience to process, operation, or operator
No Effect	No discernible effect.	1	No Effect	No discernible effect.

(McDermott et al., 2009)

Nilai Keparahan/Severity (S) dari setiap kegagalan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1 merupakan hasil seleksi dalam situasi terburuk. Sementara itu, realitas yang lebih mendekati selanjutnya digambarkan dalam tinjauan pustaka. Selanjutnya Kejadian/Occurrence (O) mempertimbangkan analisis nilai statistik sebagai acuan nilai yang berasal dari data perusahaan dan penilaian untuk meniadakan nilai subjektivitas pada Tabel 2 berdasarkan (Rana & Belokar, 2017).

Tabel 3 Peringkat Occurance Sebelum

Likelihood of Failure	Criteria	Rank
Very High, Failure is almost inevitable	More than one occurrence per day or a probability of more than 3 Occurrences in 10 events	10
High, failures occur almost as often as not	One occurrence per week or a probability of five occurrence in 100 events	9
High, Repeated Failures	One occurrence per week or a probability of 5 occurrences in 100 events	8
High, failures occur often	One occurrence every month or 3 occurrence in 100 events	7
Moderately high, Frequently failures	One Occurrence every three month or 3 occurrence in 1000 events	6
Moderate, Occasional failures	One Occurrence every six month or 5 occurrence in 10.000 events	5
Moderate Low, Infrequent failures	One occurrence per year or 6 occurrence in 100.000 events	4
Low, Relatively few failures	One occurrence every one to three years or <6 occurrences in 100.000 events	3

Tabel 4 Peringkat Occurance Lanjutan

<i>Low, Failure are few and far between</i>	<i>One occurrence every three to five years</i>	<i>2</i>
<i>Remote, Failures are unlikely</i>	<i>One occurrence in greater than five years, Failure is eliminated through preventive control</i>	<i>1</i>

(Rana & Belokar, 2017)

Nilai deteksi/Detection (D) dari setiap kegagalan seperti yang berfungsi sebagai penilaian untuk ketidaksiapan perusahaan dalam mendeteksi kegagalan ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 5 Peringkat Detection

<i>Opportunity for Detection</i>	<i>Criteria : Likelihood of Detection by Process Control</i>	<i>Rank</i>	<i>Likelihood of Detection</i>
<i>No detection opportunity</i>	<i>No current process control; Cannot detect or is not analyzed.</i>	<i>10</i>	<i>Almost Impossible</i>
<i>Not likely to detect at any stage</i>	<i>Failure Mode and/or Error (Cause) is not easily detected (e.g., random audits).</i>	<i>9</i>	<i>Very Remote</i>
<i>Problem Detection Post Processing</i>	<i>Failure Mode detection post-processing by operator through visual/tactile/audible means.</i>	<i>8</i>	<i>Remote</i>
<i>Problem Detection at Source</i>	<i>Failure Mode detection in-station by operator through /tactile/audible means or post-processing through use of attribute gauging (go/no-go, manual torque check/clicker wrench, etc.).</i>	<i>7</i>	<i>Very Low</i>
<i>Problem Detection Post Processing</i>	<i>Failure Mode detection post-processing by operator through use of variable gauging or in-station by operator through use of attribute gauging (go/no-go, manual torque check/clicker wrench, etc.).</i>	<i>6</i>	<i>Low</i>
<i>Problem Detection at Source</i>	<i>Failure Mode or Error (Cause) detection in-station by operator through the use of variable gauging or by automated controls in-station that will detect discrepant part and notify operator (light, buzzer, etc.). Gauging performed on setup and first-piece check (for set-up causes only.)</i>	<i>5</i>	<i>Moderate</i>
<i>Problem Detection Post Processing</i>	<i>Failure Mode detection post-processing by automated controls that will detect discrepant part and lock part to prevent further processing.</i>	<i>4</i>	<i>Moderate Highly</i>
<i>Problem Detection at Source</i>	<i>Failure Mode detection in-station by automated controls that will detect discrepant part and automatically lock part in station to prevent further processing.</i>	<i>3</i>	<i>High</i>
<i>Error Detection and/or problem Prevention</i>	<i>Error (Cause) detection in-station by automated controls that will detect error and prevent discrepant part from being made.</i>	<i>2</i>	<i>Very High</i>
<i>Detection not Applicable, Error Prevention</i>	<i>Error (Cause) prevention as a result of fixture design not machine design or part design. Discrepant parts cannot be made because item has been error-proofed by process/product design.</i>	<i>1</i>	<i>Almost Certain</i>

(McDermott et al., 2009)

Pada akhirnya, Deteksi (D) ditentukan oleh pada kunjungan lapangan dan interaksi dengan ahli di bidangnya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan Tabel 4, diketahui bahwa mode kegagalan potensial pada pompa stripper adalah bocor dengan efek potensialnya operasi menjadi terhambat, nilai *severity* 6 yang berarti kehilangan fungsi kedua atau kenyamanan dari alat tersebut dengan penyebab potensialnya adalah korosi, nilai *occurrence* 8 yang berarti kemungkinan terjadinya adalah 5 kejadian dari 100 kali pemakaian, nilai detection 7 yang berarti deteksi

mengandalkan pasca-proses yang dilakukan dengan pengamatan secara visual.

Berikut merupakan nilai rangkuman dari *risk priority number* setiap *failure mode* dari komponen *graving dock* pada tabel 5.

Table 6 Rangkuman Nilai RPN

Line	Component	Potential Failure Mode	S	O	D	RPN
Mekanisme buka-tutup pintu dok						
1	Katup Ballast	Macet	8	4	8	128
2	Pompa Ballast	Masuk Angin	7	2	7	92
3	FoodKlep	Tersumbat	5	2	7	64
4	Pipa	Kebocoran	2	1	7	14
5	Poonton Pintu	Bocor	9	1	9	81
		Penumpukan lumpur	9	4	8	288
		Gagal stabil	9	1	9	81
6	Main Hole	Bocor	9	1	9	72
7	Katup Stabilisasi Ballast	Macet	4	3	8	96
8	Kapstan	Konslet	6	3	3	54
		Tombol tidak berfungsi	6	3	3	54
9	Panel Listrik	Arus Pendek	6	4	3	72
10	Door Mount	Karet terlipat atau ada yang mengganjal	8	3	8	192
11	Tali Tambat	Putus	3	1	3	9
12	Tangga Akses	Patah	8	2	2	32
Mekanisme Pengeringan Dok						
1	Pompa Pendingin	Van Belt Putus	4	4	8	224
2	FoodKlep	Tersumbat	4	4	8	128
3	Pipa	Kebocoran	2	2	8	32
4	Pompa Diesel	Mesin Trouble	6	6	3	108
5	Pompa Listrik	Van Belt Putus	6	4	8	192
		Konslet Listrik	2	3	3	60
		Bearing goyang atau longgar	6	3	7	126
6	Pompa Stripper	Bocor	6	8	7	336
7	Katup Cek Non-Slam	Bocor	4	1	4	16
Mekanisme Pengisian Dok						
1	Katup air pintu	Macet	8	4	4	256
2	Pipa	Kebocoran	2	2	8	32

Berdasarkan Tabel 5, diketahui bahwa komponen dari Penumpukan lumpur pada poonton pintu, pompa stripper bocor dan katup air pintu macet adalah risiko prioritas dari masing-masing mekanisme yang akan diberikan rekomendasi untuk perbaikan atau penanganan yang lebih baik. Nilai severity dan detection ini ditentukan melalui brainstorming dengan expert judgement. Selanjutnya nilai occurrence didapatkan dari data perusahaan dan *Offshore Reliability Database*. Pada analisis menggunakan FMEA dapat diketahui bahwa terdapat 21 komponen dengan 26 failure mode.

4. KESIMPULAN

Hasil analisis yang dilakukan bersama *expert judgement* didapatkan bahwa *graving dock* terdapat 26 mode kegagalan dari 21 komponen dalam rentang waktu 4 tahun pada 2020-2024. Terdapat 3 mode kegagalan dengan nilai risiko prioritas tertinggi yaitu pada pompa stripper dengan nilai 336, penumpukan lumpur poonton pintu dengan nilai 288 dan macet katup air pintu dengan nilai 256. Dari analisis ini dapat dikembangkan untuk memberikan rekomendasi yang tepat dari mode kegagalan tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfiana, S., Restu, H.A.M., 2023. Pemodelan Noise Mapping Dan Analisis Waktu Pemaparan Maksimum Pada Area Graving Dock. In: Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur. *Environmental Science and Engineering Conference*. Surabaya, Oktober 2023. Surabaya: Jawa Timur.
- Cherian, J.B. and Mathew, G., 2008. FMEA Analysis for Reducing Breakdowns of a Sub System in the Life Care Product Manufacturing Industry. *Certified International Journal of Engineering Science and Innovative Technology (IJESIT)*, 2 (2), pp.218-225.
- Gulf News, 2017. *March 27, 2002: 29 killed in Dubai Drydocks accident* (Hitting the headlines article) [Online] (Updated March 26, 2017 17:01) Available at <https://gulfnews.com/today-history/march-27-2002-29-killed-in-dubai-drydocks-accident-1.2000654>. [Accessed 16 June 2024] <https://doi.org/10.3390/info12020079>
- Nurjanah, D. A. ., Kusminah, I. L., Rachmat, A. N. ., & Nabella, N. . (2024). Analisis Penentuan Komponen Kritis Small Excavator Menggunakan Metode FMEA dan Diagram Pareto . *Journal of Safety, Health, and Environmental Engineering*, 1(1), 7–15. <https://doi.org/10.35991/jshee.v1i1.19>
- Rana, S. & Belokar, R. M., 2017. Quality improvement using FMEA: A short review, *International Research Journal of Engineering and Technology*, 4(6), 263-267.
- Robin, E.M., Raymond, J.M., and Michael, R.B., 2009. *The Basics of FMEA*. 2nd ed. New York: Taylor & Francis Group.
- Sugeng, H., and Lilik, B., 2022. Manajemen Risiko Usaha Bangunan Baru di Industri Galangan Kapal. *Jurnal Universal Technic*. 1 (2), pp.27-41.
- Takahashi, M., Yunarso, A., and Yoshimichi, W., 2021. A Safety Analysis Method for Control Software in Coordination with FMEA and FTA. *Journal of MDPI Information*, 12 (2), pp.1-29.

Commented [MOU1]: perhatikan penulisan daftar pustaka biasanya dibuat hanging