

Risk Analysis of the Causes of Delay in Ship Construction (Case Study of KM CL 9E Ship Construction)

(Analisis Risiko Penyebab Keterlambatan Pada Pembangunan Kapal (Studi Kasus
Pembangunan Kapal KM. CL 9E)

Goldy Sandy Gazali, Intan Baroroh*

Program Studi Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan, Universitas Hang Tuah, Surabaya, Indonesia

ABSTRACT

In shipbuilding work, the risk of delays must be analyzed and anticipated so that such delays do not occur and cause losses for both parties. This study aims to calculate the risk of a shipbuilding project using the Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) method. The final result obtained is the result of the calculation of the Risk Priority Number (RPN) in determining what risks can affect shipbuilding work. There are two jobs with RPN value > 200 which are classified as High Risk namely errors in lofting and damage to the pulley block as a supporting tool. The plans for risk management with the highest RPN value are then discussed with the shipyard. Risk mitigation is carried out on the possible risk of errors in lofting, namely by adding worker personnel in the lofting workshop who serve as supervisors and examiners. While the risk of breakage of the trough can be overcome by paying attention to the inventory and also the condition of the tool.

Dalam pekerjaan pembangunan kapal, risiko terhadap keterlambatan pengerjaan harus bisa dianalisis dan diantisipasi agar keterlambatan tersebut tidak terjadi dan menyebabkan kerugian antar kedua belah pihak. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung risiko daripada suatu proyek pembangunan kapal dengan menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Hasil akhir yang didapat merupakan hasil perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) dalam menentukan risiko apa saja yang dapat mempengaruhi pekerjaan pembangunan kapal. Terdapat dua kemungkinan risiko dengan nilai RPN > 200 yang tergolong dalam kategori *High Risk* yaitu kesalahan dalam melakukan *lofting* dan kerusakan takal sebagai alat penunjang. Mitigasi risiko yang dilakukan terhadap kemungkinan risiko kesalahan dalam melakukan *lofting* yaitu dengan menambah personil pekerja di bengkel *lofting* yang bertugas sebagai pengawas dan pemeriksa. Sedangkan risiko kerusakan takal dapat ditanggulangi dengan memperhatikan persediaan dan juga kondisi alat.

Keywords: Failure Mode and Effect Analysis, Risk Priority Number, Ship Delay.

^{*)} Corresponding author:
Intan Baroroh
E-mail: intan.baroroh@hangtuah.ac.id

PENDAHULUAN

PT. Samudera Puranabile Abadi merupakan galangan kapal yang dalam penerapan pekerjaan pembangunan kapalnya masih menggunakan cara manual. Data dari galangan menunjukkan bahwa dalam 5 tahun terakhir ada sebanyak 9 proyek pembangunan kapal yang dilaksanakan oleh galangan dengan total keterlambatan 2 proyek. Selain itu terdapat juga dari tahun 2015 hingga 2020, PT. Dumas 7 kapal, termasuk kapal tanker 3500 DWT Hull No. 109 dan 111, Kapal Patroli Cepat 60 meter seri A dan B, kapal peti kemas 100, feri 500 GT, dan perintis 2000

GT. Di PT. DOK dan perkapalan Surabaya dari tahun 2011 hingga 2015 terjadi keterlambatan juga antara kapal Landing Craft Tank, Landing Craft Tank 100 TEUS, Tanker 6.500 DWT, dan Self-Propelled Barge Pengangkut Semen. Hal ini dikarenakan galangan nasional belum tepat dalam melakukan analisa risiko selama proses produksi berlangsung untuk mengantisipasi keterlambatan pembangunan kapal [8], disisi lain supply chain material juga merupakan faktor keterlambatan yang besar untuk mendukung pengadaan material selama produksi [9]. Sebagian besar penyelenggara proyek mengharapkan tujuan yang sama dalam pekerjaan pembangunan kapal yang mereka laksanakan, yaitu ketepatan dan kesesuaian

antara perencanaan proyek dengan eksekusi di lapangan sehingga proyek dapat selesai tepat waktu [12]. Pada awal kerugian proyek akibat keterlambatan sebenarnya dapat dikurangi atau diantisipasi jika proses manajemen risiko dapat diimplementasikan dan dijalankan dengan benar diberbagai galangan pembangunan kapal maupun reparasi kapal [10].

Penelitian dalam penulisan jurnal ini dilakukan pada salah satu kasus keterlambatan yang terjadi di PT. Samudera Puranabile Abadi, yaitu pada kapal KM. Cantika Lestari 9E yang diproduksi pada tahun 2018. Penelitian ini berfokus dalam menganalisa kemungkinan risiko dalam proyek pembangunan kapal yang menyebabkan keterlambatan dengan menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Tujuan dari penelitian ialah untuk mendapatkan hasil identifikasi yang optimal dan mengetahui risiko yang memiliki nilai *Risk Priority Number* (RPN) terbesar. Area yang diteliti meliputi pekerjaan di bengkel produksi (fabrikasi - *erection*) dan disesuaikan dengan tahapan kerja di galangan kapal PT. Samudera Puranabile Abadi.

METODE PENELITIAN

Failure Mode and Effect Analysis

Failure Mode and Effect Analysis adalah teknik manajemen kualitas yang berguna dan diterapkan di berbagai industri untuk meningkatkan keandalan dan keamanan sistem, produk, proses, dan layanan [1]. FMEA adalah penilaian risiko yang diperoleh dari proses hasil kali antara nilai *severity*, *occurrence*, dan *detection* suatu risiko yang dinyatakan dengan *Risk Priority Number* (RPN) [11]

Metode FMEA Memiliki beberapa tahapan dalam pelaksanaannya [2], pertama adalah menentukan sebuah proses yang akan dianalisis Setelah menentukan sebuah proses, selanjutnya dilakukan *review* terhadap proses tersebut yang disertai dengan *brainstorming* bersama pihak-pihak terkait. Langkah berikutnya adalah penentuan nilai *severity* (S), *occurrence* (O), dan *detection* (D) rate dari setiap kemungkinan risiko. Setelah penentuan nilai selesai dilakukan, maka perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) dapat

dilakukan. Nilai *Risk Priority Number* yang didapatkan kemudian akan menjadi acuan dalam menentukan prioritas kemungkinan risiko yang dapat terjadi. Data ukuran utama kapal yang menjadi objek penelitian dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Ship Principal Dimension

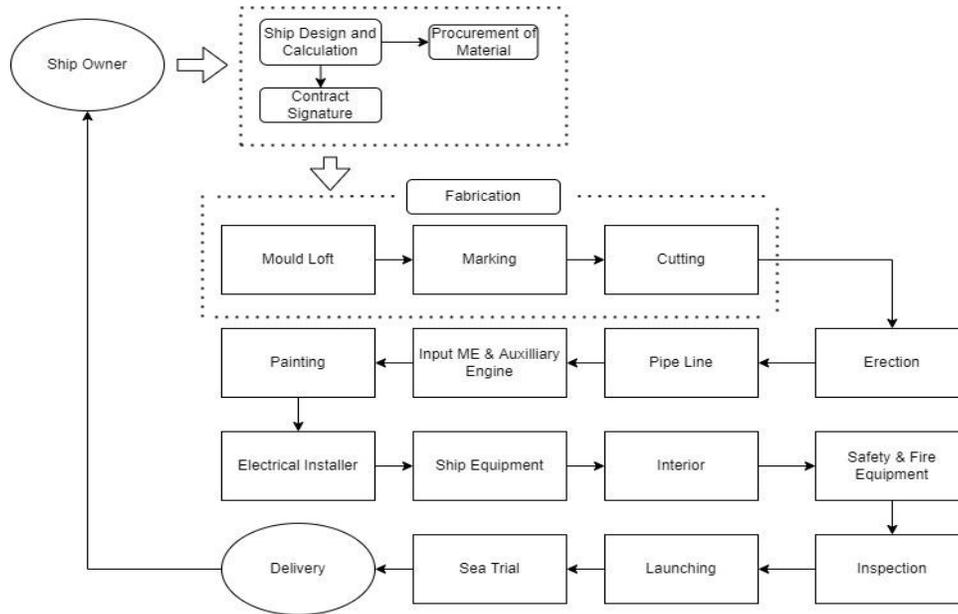
Dimension	Notation	Value (m)
Length Overall	LOA	65
Length Between Perpendicular	LBP	57,477
Overall Wide	B	9,5
Height	H	3,075
Depth	D	2,1

Dalam pelaksanaan analisa risiko menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) pertama-tama dilakukan studi lapangan terlebih dahulu untuk mempelajari tahapan pekerjaan yang ada di galangan PT. Samudera Puranabile Abadi. Pekerjaan yang akan dianalisis meliputi proses yang dilakukan dari bengkel fabrikasi hingga *erection*. Adapaun pekerjaan di bengkel fabrikasi PT. Samudera Puranabile Abadi yaitu pekerjaan *mould lofting*, *marking*, dan *cutting*. Selanjutnya berpindah ke bengkel *erection* yaitu penyatuan komponen-komponen kapal dari bengkel fabrikasi, pekerjaan penyatuan komponen meliputi penyatuan wrang dengan lunas, kemudian tank top dengan wrang dan seterusnya, Bending plat juga merupakan salah satu pekerjaan yang ada pada tahap *erection*. Setelah data yang dibutuhkan tercukupi, dilakukan *brainstorming* dan wawancara serta penyebaran kuesioner kepada pihak galangan untuk mengumpulkan data lebih lanjut terkait penilaian (S), (O) dan (D).

Risk Priority Number

Risk Priority Number (RPN) adalah indikator untuk menentukan tindakan yang tepat terhadap sebuah model kegagalan. Nilai RPN didapatkan dengan cara mengalikan nilai *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D) [3]. Nilai (S), (O), dan (D) sendiri ditentukan dalam skala 1 - 10.

Nilai *Severity* (S) merupakan nilai yang berhubungan dengan seberapa besar dampak dari sebuah kegagalan yang terjadi [4]. Nilai *Severity* (S) dibagi menjadi 5 tingkatan dalam rentang skala 1 - 10 yang dapat dilihat pada Tabel 2.



Gambar 1. Diagram Alir Pekerjaan Pembangunan Kapal PT. SPA

Tabel 2. Table of Severity

Nilai	Tingkat Dampak	Kriteria
1	Minor	Dampak dari kejadian tidak berpengaruh terhadap suatu proses bahkan tidak disadari
2 - 3	Low	Dampak dari kejadian menyebabkan pengaruh kecil terhadap suatu proses
4 - 6	Moderate	Dampak dari kejadian mulai mengganggu suatu proses
7 - 8	High	Dampak dari kejadian menyebabkan gangguan yang cukup serius
9 - 10	Very High	Dampak dari kejadian menyebabkan gangguan sangat serius dan bahkan menghasilkan kegagalan

Sumber: (Stamatis, 2003)

Tabel 3. Table of Occurrence

Nilai	Tingkat Frekuensi	Kriteria
10	Very High Probability	Kegagalan tidak dapat dihindari
9 - 8	High Probability	Kemungkinan kegagalan berulang
7 - 6	Moderate Probability	Kegagalan terjadi sesekali
5 - 2	Low Probability	Kegagalan hanya sedikit
1	Remote Probability	Kegagalan hampir tidak pernah terjadi

Sumber: [14]

Nilai *Occurrence* (O) suatu bahaya kecelakaan kerja ditentukan secara bertingkat dari 1 - 10. Nilai 1 menunjukkan suatu kejadian hampir tidak pernah atau tidak mungkin terjadi dan 10 menunjukkan suatu kejadian tidak dapat dihindari[5]. Tingkatan nilai *Occurrence* (O) dapat dilihat pada Tabel 3.

Nilai *Detection* (D) adalah sebuah kontrol proses yang akan mendeteksi secara spesifik akar penyebab kegagalan [5]. *Detection* menunjukkan seberapa mungkin sebuah kegagalan dapat terdeteksi. Tingkatan nilai *Detection* (D) dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Table of Detection

Nilai	Tingkat Frekuensi	Kriteria
10	Hampir tidak mungkin	Kkegagalan tidak dapat dideteksi
9	sangat jarang	sangat jarang untuk kegagalan dapat terdeteksi
8	Jarang	Jarang untuk kegagalan dapat terdeteksi
7	Kemungkinan sangat rendah	Kegagalan berkemungkinan sangat rendah untuk terdeteksi
6	Kemungkinan rendah	Kegagalan berkemungkinan rendah untuk terdeteksi
5	Kemungkinan sedang/moderat	Deteksi kegagalan memiliki kemungkinan sedang
4	Kemungkinan cukup tinggi	Deteksi kegagalan memiliki kemungkinan cukup tinggi
3	Kemungkinan tinggi	Deteksi kegagalan memiliki kemungkinan tinggi
2	Kemungkinan sangat tinggi	Deteksi kegagalan memiliki kemungkinan sangat tinggi
1	Kemungkinan hampir pasti	Kegagalan hampir tidak mungkin untuk tidak terdeteksi

Setelah menentukan nilai dari masing-masing faktor, selanjutnya RPN dapat langsung dihitung dengan mengalikan ketiga nilai tersebut.

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

Nilai dari RPN berkisar antara 1 - 1000 untuk setiap kemungkinan risiko/kegagalan. Berdasarkan nilai RPN, mode kegagalan yang memiliki nilai paling tinggi kemudian disusun berdasarkan prioritas dan dicarikan solusi yang cocok sebagai langkah penanganan [6]. Keterangan untuk tabel *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection* dapat dilihat pada table 4 yang diambil berdasarkan [13].

Australian/New Zealand Standard (AS/NZS 4360:2004)

Australian/New Zealand Standard 4360:2004 adalah salah satu standar yang digunakan dalam manajemen risiko sebagai acuan skala prioritas. Dalam menganalisis nilai dampak dan kemungkinan dari

suatu risiko dapat menggunakan berbagai sumber informasi, diantaranya adalah data dan catatan yang sudah ada (*past records*), berdasarkan pengalaman dari pihak yang bersangkutan [7]. Tingkatan *Occurrence (O)* dan *Severity (S)* dapat dilihat pada tabel 5 dan 6 yang diambil berdasarkan *Handbook - Risk Management Guidelines Companion to AS/NZS 4360:2004*.

Tabel 5. Tingkat *Occurrence*

No	Tingkat	Keterangan
A	<i>Almost Certain</i>	Hampir selalu terjadi
B	<i>Likely</i>	Sering terjadi
C	<i>Moderate</i>	Biasanya terjadi
D	<i>Unlikely</i>	Cenderung untuk terjadi
E	<i>Rare</i>	Jarang terjadi
F	<i>Very Rare</i>	Sangat jarang terjadi
G	<i>Almost Incredible</i>	Hampir tidak mungkin terjadi

Sumber: HB - Risk Management Guidelines Companion to AS/NZS 4360:2004.

Tabel 6. Tingkat *Severity*

No	Tingkat	Keterangan
I	<i>Negligible</i>	Dapat diabaikan
II	<i>Minor</i>	Berdampak kecil dan mudah diperbaiki
III	<i>Moderate</i>	Memiliki dampak yang lumayan berpengaruh terhadap <i>project</i>
IV	<i>Major</i>	Berdampak luas/besar sehingga terjadi kegagalan terhadap beberapa bagian
V	<i>Severe</i>	Dampak yang ditimbulkan menyebabkan kegagalan pada sebagian besar <i>project</i>

Sumber: HB – Risk Management Guidelines Companion to AS/NZS 4360:2004

Tabel 7. Matriks Analisa Risiko

Kemungkinan	Level Konsekuensi				
	I	II	III	IV	V
A	Medium	High	High	Very high	Very high
B	Medium	Medium	High	High	Very high
C	Low	Medium	High	High	High
D	Low	Low	Medium	Medium	High
E	Low	Low	Medium	Medium	High

Sumber: HB - Risk Management Guidelines Companion to AS/NZS 4360: 2004

Tabel 7 memperlihatkan matriks analisa risiko berdasarkan Handbook - Risk Management Guidelines Companion to AS/NZS 4360: 2004. Setiap tingkatan risiko diwakili oleh warna yang berbeda.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Perhitungan Nilai *Risk Priority Number* (RPN)

Melalui proses wawancara dan *brainstorming* yang sudah dilakukan dengan pihak galangan baik pada para pekerja di PT Samudera Pure Nabile maupun pada staff - staf penting yang dibutuhkan untuk mengumpulkan data, dengan wawancara menggunakan 20 kuisoner maka didapatkan sebanyak 18 kemungkinan risiko dari seluruh kegiatan pekerjaan

pada bengkel fabrikasi hingga erection. Kegiatan pada bengkel fabrikasi meliputi *mould lofting*, *marking*, dan *cutting*. Pada bengkel *erection* sendiri dilakukan penyatuan komponen-komponen kapal yang telah melalui proses fabrikasi sebelumnya. Pekerjaan *bending* dan *welding* juga diikutkan dalam daftar kegiatan yang mengandung risiko pada bagian *erection*. Penentuan nilai *Severity* (S), *Occurrence* (O) dan *Detection* (D) dilakukan lewat wawancara dan kuesioner. Nilai (S), (O), dan (D) yang telah selesai direkapitulasi kemudian dilakukan perhitungan untuk mencari nilai mean. Mean (aritmatika) pada umumnya merupakan pengukuran numerik paling penting yang digunakan untuk menggambarkan sebuah data, itulah yang disebut orang-orang dengan “rata-rata” [15]. Rincian pekerjaan dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Nilai *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection*

Risiko Penyebab Keterlambatan	S	O	D
A1. Ukuran ruang lofting terbatas	7	7,8	2
A2. Kesalahan dalam melakukan lofting	7,4	6	5
B1. Kesalahan pembuatan cetakan	7	5,6	4,6
B2. Kesalahan proses penandaan	5	4,8	4
C1. Kerusakan alat pemotong	7	6	2,2
C2. Kesalahan proses pemotongan plat	7,2	5,6	3,6
A1. Komponen tidak lengkap	6,6	5	3,2
A2. Komponen tidak sesuai	6	4,8	3,4
A3. Posisi pemasangan belum benar	5,6	4,4	3
A4. Kerusakan alat penunjang ex : takal	5,4	7,6	5
A5. Keterbatasan alat berat ex : crane	7,4	7,8	1
A6. Kerusakan fasilitas transporter	7,2	4	3
B1. Kerusakan alat penunjang	5,2	7	5
B2. Kesalahan proses <i>bending</i>	7	5,2	4
C1. Tenaga pengelasan kurang memadai	5,6	5	4,8
C2. Tegangan listrik tidak stabil	5,8	3,4	5
C3. Kurangnya alat penunjang ex : <i>stabilizer</i>	5,6	7,2	1
C4. Kesalahan mengatur ampere pada travo las	4,6	5	4

Setelah nilai *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D) didapatkan, tahap selanjutnya ialah perhitungan nilai Risk Priority Number (RPN) yang dilakukan dengan cara mengalikan ketiga nilai yang ada pada

Tabel. Nilai RPN menunjukkan risiko yang memiliki nilai paling tinggi dan berkemungkinan paling merusak sebuah proses. Nilai RPN dari setiap risiko ditunjukkan dalam Tabel 9.

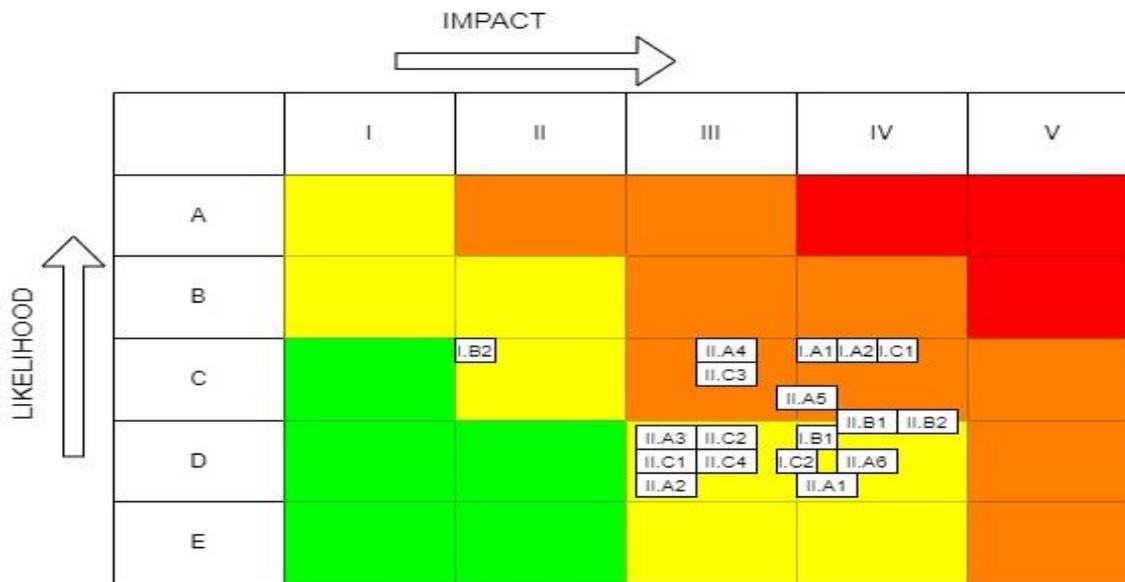
Tabel 9. Hasil Perhitungan Risk Priority Number

No	Bengkel	Kegiatan	Risiko Penyebab Keterlambatan	RPN
I	Fabrikasi	Mould Lofting 1 :1 pada lantai lofting	A1. Ukuran ruang lofting terbatas	109,2
			A2. Kesalahan dalam melakukan lofting	222
			B1. Kesalahan pembuatan cetakan	180,32
			B2. Kesalahan proses penandaan	96
			C1. Kerusakan alat pemotong	92,4
II	Erection	Pembuatan mal dan marking manual Pekerjaan Cutting plat manual Perakitan komponen konstruksi kapal, ex : wrang dengan lunas, tank top dengan wrang, gading dengan tank top dan seterusnya Pekerjaan bending manual Welding	C2. Kesalahan proses pemotongan plat	145,15
			A1. Komponen tidak lengkap	109,8
			A2. Komponen tidak sesuai	97,92
			A3. Posisi pemasangan belum benar	73,92
			A4. Kerusakan alat penunjang ex : takal	205,2
			A5. Keterbatasan alat berat ex : crane	57,72
			A6. Kerusakan fasilitas transporter	86,4
			B1. Kerusakan alat penunjang	185
			B2. Kesalahan proses bending	145,6
			C1. Tenaga pengelasan kurang memadai	139,8
			C2. Tegangan listrik tidak stabil	98,6
			C3. Kurangnya alat penunjang ex : stabilizer	40,32
			C4. Kesalahan mengatur ampere pada travo las	92

Hasil Analisa Risiko Dengan Matriks Risiko AS/NZS 4360: 2004

Matriks risiko yang ada pada Tabel. diambil berdasarkan Handbook – Risk Management Guidelines

Companion to AS/NZS 4360: 2004. Matriks risiko menggolongkan tingkatan risiko tiap pekerjaan berdasarkan nilai Likelihood/Occurrence (O) dan Impact/Severity (S).



Gambar 2. Matriks Risiko AS/NZS 4360: 2004

Pada Gambar 2, terdapat sebanyak 6 risiko yang masuk dalam kategori High Risk berdasarkan nilai Likelihood dan Impactnya. Risiko dengan RPN tertinggi pada kategori High Risk terdapat pada pekerjaan I.A2 dengan RPN = 222 dan II.A4 dengan RPN = 205,2. Risiko yang tergolong dalam tingkat High Risk tidak semuanya memiliki RPN dengan nilai yang tinggi

dikarenakan nilai Detection rate yang juga mempengaruhi hasil perhitungan Risk Priority Number. Pekerjaan lofting merupakan pekerjaan yang dilakukan secara manual, yaitu penggambaran lines plan dengan skala 1:1 pada lantai lofting untuk pembuatan mal wrang, dan gading-gading. Se jauh ini proses lofting di PT. Samudera Puranabile Abadi hanya dilakukan oleh

satu orang saja, yang mana sangat memerlukan ketelitian dari seorang yang melakukan kegiatan *lofting*. Berdasarkan diskusi dengan pihak galangan, ada beberapa solusi terhadap risiko tersebut antara lain: dapat menggunakan dua orang tenaga kerja dimana satu orang melaksanakan kegiatan *lofting* dan satunya sebagai pengawas dan pemeriksa, penggunaan sistem dengan komputer juga menjadi opsi yang dapat dilakukan oleh pihak galangan kapal. Pada risiko kerusakan alat penunjang, takal digunakan baik dalam pekerjaan pemindahan plat, proses *bending* dan sebagainya. Hal ini diakibatkan oleh keterbatasan alat berat pada galangan kapal PT. SPA dan perusahaan tidak memiliki mesin *bending*. Solusi untuk galangan kapal adalah persediaan stok takal harus diperhatikan agar saat terjadi kerusakan, tidak memerlukan waktu yang terlalu lama untuk menangani kejadian tersebut. Pengadaan alat berat (crane) dan mesin *bending* juga dapat dilakukan sebagai langkah dalam penanganan risiko II.A4.

KESIMPULAN

Hasil analisa risiko dengan metode *Failure Mode and Effect Analysis* mengidentifikasi adanya 18 kemungkinan kejadian risiko yang dapat menjadi penyebab keterlambatan pembangunan kapal di PT Samudera Puranabile Abadi. Nilai *Risk Priority Number* (RPN) paling tinggi terdapat pada dua kemungkinan risiko yaitu kesalahan dalam melakukan *lofting* = 238,8 dan kerusakan takal sebagai alat penunjang dalam proses *erection* = 205,2. Pada tingkat high risk yang dianalisa dengan menggunakan matriks risiko AS/NZS 4360:2004 menunjukkan ada sebanyak 4 kemungkinan risiko selain dari 2 risiko di atas. Namun risiko yang lain tidak memiliki nilai RPN yang tinggi dikarenakan adanya *detection rate* yang mempengaruhi perhitungan RPN. Mitigasi yang dilakukan untuk risiko pada bagian *lofting* adalah dengan menambah tenaga kerja yang bertugas untuk mengawas dan memeriksa pekerjaan di bengkel *lofting*, sistem komputerisasi juga dapat dipertimbangkan pihak galangan sebagai solusi dalam menghadapi beberapa faktor kemungkinan risiko. Sedangkan untuk kerusakan alat penunjang, pihak galangan sebaiknya memperhatikan persediaan dan kondisi alat yang akan digunakan, terlebih lagi takal merupakan alat yang sering digunakan dalam pekerjaan di bengkel *erection*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H.-C. Liu, L.-E. Wang, X.-Y. You, and S.-M. Wu, "Failure mode and effect analysis with extended grey relational analysis method in cloud setting," *Total Qual. Manag. Bus. Excell.*, vol. 30, no. 7-8, pp. 745-767, 2019.
- [2] M. Ben-Daya, "Failure Mode and Effect Analysis," in *Handbook of maintenance management and engineering*, Springer, 2009, pp. 75-90.
- [3] G. M. Rakesh, and B. C. Jos, "FMEA analysis for reducing breakdowns of a sub system in the life care product manufacturing industry," *Int. J. Eng. Sci. Innov. Technol.*, vol. 2, no. 2, pp. 218-225, 2013.
- [4] L. Nanda, L. P. S. Hartanti, and J. K. Runtuk, "Analisis risiko kualitas produk dalam proses produksi miniatur bis dengan metode *failure mode and effect analysis* pada usaha kecil menengah niki kayoe," 2014.
- [5] J. Apriyan, H. Setiawan, and W. I. Ervianto, "Analisis risiko kecelakaan kerja pada proyek bangunan gedung dengan metode FMEA," *J. Muara Sains, Teknol. Kedokt. dan Ilmu Kesehat.*, vol. 1, no. 1, pp. 115-123, 2017.
- [6] N. Sellappan, D. Nagarajan, and K. Palanikumar, "Evaluation of Risk Priority Number (RPN) in Design Failure Modes and Effects Analysis (DFMEA) using factor analysis," *Int. J. Appl. Eng. Res.*, vol. 10, no. 14, pp. 34194-34198, 2015.
- [7] S. Australia, "HB 436: 2004 Risk Management Guidelines companion to AS/NZS 4360: 2004." Standards Australia Sydney, 2004.
- [8] Intan Baroroh, I. M. Ariana, and A. A. B. Dinariyana, "Risk analysis of engine room module installation with integration of bayesian network and system dynamics", *International Review of Mechanical Engineering (IREME)*, vol. 16, no. 6, pp. 299-308, 2022.
- [9] Intan Baroroh, I. M. Ariana, and A. A. B. Dinariyana, "Supply chain performance analysis on modular construction shipbuilding," *Maritime Safety International Conference*, pp. 01-09, 2020.
- [10] Intan Baroroh, I. M. Ariana, and A. A. B. Dinariyana, "Risk evaluation concept of engine room module installation on modular construction shipbuilding", *The 3rd Maritime Safety International Conference (MASTIC) 2022*, pp. 01-10, 2022.
- [11] C. Permana, M. Basuki, and E. Pranatal, "Analisa risiko operasional proses bangunan kapal baru (Studi kasus pembangunan kapal LPD 124 M DI PT. PAL Indonesia (PERSERO))," in: *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan*. pp. 149-156, 2018.
- [12] R. Kurniawan, *Studi keterlambatan proyek pembangunan kapal kargo dengan metode bow tie analysis*, 2015.

- [13] Muttaqin, A Zainal, and Y. A. Kusuma., “Analisis Failure Mode and Effect Analysis Proyek X di Kota Madiun,” *JATI UNIK*, vol.1, no.1, pp. 72-90, 2018
- [14] D. H. Stamatis, Failure mode and effect analysis: FMEA from theory to execution. Quality Press, 2003.
- [15] M. F. Triola, W. M. Goodman, and L. R. G. Labute, Elementary statistics. Pearson/Addison-Wesley Reading, 2006.