



Pemetaan Risiko dengan Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Analytic Hierarchy Process* (AHP) Pada Proyek Pembangunan Kapal *Landing Craft Tank* (LCT) 1500 DWT di Galangan Jakarta

Anisa Egilda Harni Indrawati¹⁾, Imam Pujo Mulyatno²⁾, Kiryanto^{3)*}

¹⁾Laboratorium Teknologi Material dan Produksi Kapal

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

^{*)}e-mail : egilda@students.undip.ac.id, imampujomulyatno@lecturer.undip.ac.id, kiryanto@lecturer.undip.ac.id

Abstrak

Industri perkapalan Indonesia menghadapi tantangan terkait produktivitas dan ketepatan waktu proyek. Penelitian ini bertujuan untuk memetakan risiko pada proyek pembuatan Kapal Landing Craft Tank (LCT) 1500 DWT di PT. Dok & Perkapalan Kodja Bahari. Dengan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), ditemukan empat mode kegagalan berisiko tinggi, yaitu keterlambatan pengajuan permintaan material (RPN = 280), wanprestasi pemasok dalam tenggat pengiriman (RPN = 336), kesalahan penggambaran dalam proses mould loft (RPN = 96), dan perubahan desain yang menunda proses mould loft (RPN = 144). *Analytic Hierarchy Process* (AHP) digunakan untuk menetapkan prioritas langkah mitigasi, termasuk pemahaman lofter atas gambar kapal (0,21374), revisi desain sesuai rekomendasi biro klasifikasi (0,38582), peningkatan koordinasi proyek untuk penentuan spesifikasi material (0,87500), serta briefing dan koordinasi dengan pemasok dan owner agar jadwal kedatangan material sesuai jadwal produksi (0,63699).

Kata Kunci : Pembangunan Kapal, Pemetaan Risiko, *Failure Mode and Effect Analysis*, *Analytic Hierarchy Process*, *Landing Craft Tank*

1. PENDAHULUAN

Industri perkapalan Indonesia, sebagai sektor vital dalam pertahanan dan perekonomian, menghadapi tantangan besar dalam meningkatkan produktivitas dan ketepatan waktu proyek. Galangan kapal nasional sering mengalami keterlambatan yang merugikan, seperti biaya tambahan dan denda, yang disebabkan oleh berbagai hambatan selama proses pembangunan. Identifikasi dan mitigasi risiko menjadi krusial untuk meningkatkan efektivitas dan kelancaran proyek [1].

Meskipun penting, penerapan metode pemetaan risiko di industri perkapalan masih terbatas. Penelitian ini fokus pada proyek bangunan baru Kapal *Landing Craft Tank* (LCT) 1500 DWT yang dilaksanakan di Galangan 1 milik PT. Dok & Perkapalan Kodja Bahari, yang

mengalami keterlambatan hingga 3 (tiga) bulan akibat perubahan desain pada dasar ganda. Hasil wawancara awal menunjukkan bahwa proyek ini belum sepenuhnya melakukan pemetaan risiko, dengan risiko awal yang diidentifikasi meliputi kendala sertifikasi, keterlambatan material, dan jumlah tenaga kerja.

Sebagai perbandingan, pemetaan risiko pada proyek pembangunan Kapal Tanker Pertamina 3500 DWT di PT. Dumas Tanjung Perak Shipyards mengidentifikasi 16 (enam belas) risiko yang menyebabkan keterlambatan proyek hingga 11 (sebelas) bulan. Penelitian ini menemukan 4 (empat) risiko utama yang paling signifikan, yaitu kesulitan memenuhi syarat kontrak (RPN = 501,15), keterlambatan pengiriman material (RPN = 370,73), perizinan bea cukai (RPN = 310,22), dan keterlambatan penyediaan gambar (RPN = 305,56) [2].

Ditemukan pula pada proyek pembangunan KM. Sabuk Nusantara 72 di salah satu Galangan Kapal Semarang sebanyak 11 (sebelas) risiko berkategori tinggi menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Fault Tree Analysis* (FTA). Risiko-risiko tersebut meliputi masalah hak karyawan (RPN = 632), pembayaran barang (RPN = 631), subkontraktor kurang kompeten (RPN = 605), keterbatasan peralatan (RPN = 570), perawatan peralatan (RPN = 566), pemakaian alat berlebih (RPN = 564), tunggakan pembayaran (RPN = 538), kualitas material (RPN = 532), ketersediaan material (RPN = 513), koreksi gambar oleh biro klasifikasi (RPN = 510), dan koreksi interior oleh *owner* (RPN = 507) [3].

Selanjutnya, penelitian yang dilakukan pada proyek pembangunan KM. CL 9E di PT. Samudera Puranabile Abadi mengidentifikasi 18 (delapan belas) risiko yang dapat menyebabkan keterlambatan proyek. Dari hasil FMEA, 2 (dua) risiko utama adalah kesalahan dalam proses *mould loft* (RPN = 238,8) dan kerusakan katrol dalam proses *erection* (RPN = 205,2) [4].

Pada penelitian mengenai risiko operasional pembangunan kapal baru di Galangan Kapal Surabaya ditemukan 10 (sepuluh) risiko yang dapat mempengaruhi proyek, dengan 2 (dua) risiko utama yang signifikan berupa kegagalan produksi karena pengadaan material dari luar negeri (RPN = 107,59) dan kegagalan produksi akibat pengadaan material dari dalam negeri (RPN = 100,776) [5].

Berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa risiko-risiko yang kelancaran pada proyek bangunan kapal baru tidak hanya terbatas pada risiko awal yang telah diidentifikasi di proyek Kapal LCT 1500 DWT. Risiko dalam proyek bangunan kapal baru juga mencakup aspek kontrak, lingkungan kerja, peralatan, keuangan, sumber daya manusia, dan manajemen kualitas. Oleh karena itu, diperlukan tinjauan lebih mendalam untuk mengidentifikasi dan mengelola risiko pada proyek Kapal LCT 1500 DWT.

2. METODE

Penelitian ini mengkaji proyek bangunan baru Kapal LCT 1500 DWT yang dilaksanakan di Galangan 1 milik PT. Dok & Perkapalan Kodja Bahari yang berlokasi di Jakarta. Ukuran utama dari Kapal LCT 1500 DWT disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Ukuran Utama Kapal

Ukuran	Dimensi
Panjang Seluruh	69,50 m
Panjang Garis Air	65,95 m
Lebar	14,80 m
Tinggi (Geladak Utama)	4,20 m
Sarat Air	3,00 m
Bobot Mati (DWT)	1500 ton
Kecepatan	7 knot

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan melakukan tindakan penanggulangan risiko yang dapat menghambat penyelesaian proyek Kapal LCT 1500 DWT. Penelitian ini berfokus pada identifikasi mode kegagalan yang terjadi selama Tahap Fabrikasi dan Tahap Perakitan, serta perumusan langkah-langkah mitigasi untuk mode kegagalan berkategori tinggi. Metode penelitian yang digunakan meliputi:

2.1. Pemetaan Risiko

Penelitian ini menggunakan metode FMEA untuk mengidentifikasi dan menilai bobot mode kegagalan yang mungkin terjadi selama Tahap Fabrikasi dan Tahap Perakitan dalam proyek pembangunan kapal. Metode FMEA ini membantu mengidentifikasi mode kegagalan berkategori tinggi dengan cara mengevaluasi tingkat dampak (*severity*), kejadian (*occurrence*), dan deteksi (*detection*) serta melakukan pemetaan dengan matriks risiko [6]. Skala penilaian yang digunakan untuk menilai dampak, kejadian, dan deteksi merujuk pada referensi [7] dan telah diadaptasi sesuai dengan kondisi proyek pembangunan kapal, sebagaimana disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Skala Penilaian Dampak, Kejadian, dan Deteksi

Nilai Skor	Dampak (<i>Severity</i>)		Kejadian (<i>Occurrence</i>)		Deteksi (<i>Detection</i>)	
	Kriteria	Deskripsi	Kriteria	Deskripsi	Kriteria	Deskripsi
10 – 9	Sangat tinggi	Berdampak besar dan > 20% berdampak terhadap <i>project schedule</i>	Sangat mungkin terjadi	Suatu kejadian mungkin terjadi pada hampir semua kondisi	Hampir tidak mungkin mendeteksi	Rencana atau prosedur kerja hampir tidak mungkin mendeteksi risiko
8 – 7	Tinggi	Berdampak besar dan 10% – 20% berdampak	Kemungkinan akan terjadi	Suatu kejadian yang akan terjadi pada beberapa kondisi	Kemungkinan kecil mendeteksi	Rencana atau prosedur kerja mempunyai kemungkinan kecil

Nilai Skor	Dampak (<i>Severity</i>)		Kejadian (<i>Occurrence</i>)		Deteksi (<i>Detection</i>)	
	Kriteria	Deskripsi	Kriteria	Deskripsi	Kriteria	Deskripsi
6 – 5	Sedang	Berdampak 5% – 10% terhadap <i>project schedule</i>	Kesempatan sama antara terjadi atau tidak	Suatu kejadian yang bisa terjadi atau tidak terjadi pada kondisi tertentu	Kemungkinan <i>moderate</i> untuk mendeteksi	untuk dapat mendeteksi risiko Rencana atau prosedur kerja mempunyai kemungkinan <i>moderate</i> untuk dapat mendeteksi risiko
4 – 3	Rendah	Berdampak < 5% terhadap <i>project schedule</i>	Kemungkinan tidak akan terjadi	Suatu kejadian mungkin terjadi pada beberapa kondisi tertentu, namun kecil kemungkinan terjadinya	Kemungkinan tinggi untuk mendeteksi	Rencana atau prosedur kerja mempunyai kemungkinan tinggi untuk dapat mendeteksi risiko
2 – 1	Sangat rendah	Berdampak tidak signifikan	Sangat tidak mungkin terjadi	Suatu kejadian yang tidak mungkin terjadi pada beberapa kondisi	Sangat mungkin terdeteksi	Rencana atau prosedur kerja sangat mungkin mendeteksi risiko

2.2. Perumusan Langkah Mitigasi

Berdasarkan hasil identifikasi dan evaluasi risiko, langkah-langkah mitigasi kemudian dirumuskan untuk menangani mode kegagalan berkategori Risiko Tinggi. Langkah-langkah ini dirancang untuk meminimalkan atau menghindari dampak risiko guna memastikan kelancaran proyek. Setelah langkah-langkah mitigasi

dirumuskan, metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP) digunakan untuk mengevaluasi dan menentukan prioritas langkah-langkah mitigasi tersebut [8]. Dalam penilaian AHP, diperlukan skala dasar bilangan absolut untuk menilai seberapa dominan satu elemen dibandingkan dengan elemen lainnya dalam suatu kriteria atau properti yang dibandingkan, Tabel 3 menunjukkan skala tersebut.

Tabel 3. Skala Dasar Bilangan Absolut

Intensitas Kepentingan	Definisi	Penjelasan
1	Tingkat pentingnya sama dengan elemen yang dibandingkan	Kedua aktivitas memberikan kontribusi yang sama terhadap tujuan
3	Tingkat pentingnya moderat dibandingkan dengan elemen pembanding	Pengalaman dan penilaian sedikit mendukung satu aktivitas dibanding aktivitas pembandingnya
5	Tingkat pentingnya kuat dibandingkan dengan elemen pembanding	Pengalaman dan penilaian kuat mendukung satu aktivitas dibanding aktivitas pembandingnya
7	Tingkat pentingnya sangat kuat dibandingkan dengan elemen pembanding	Suatu aktivitas lebih disukai dibanding aktivitas pembandingnya; dominasinya ditunjukkan dalam praktik
9	Tingkat pentingnya ekstrim dibandingkan dengan elemen pembanding	Fakta yang mendukung suatu aktivitas dibandingkan aktivitas lainnya dianggap sebagai bukti yang paling kuat
2, 4, 6, 8	Nilai di antara dua penilaian berdekatan	Preferensi di antara dua penilaian berdekatan

2.3. Pengumpulan Data

Responden dalam penelitian ini berasal dari PT. Dok & Perkapalan Kodja Bahari, yang dikoordinasikan oleh Kepala Proyek, Asisten Kepala Proyek, Staff Administrasi Bagian Produksi, *Supervisor Quality Control*, serta Staff Senior QA (*Quality Assurance*) dan Manajemen Risiko. Selain itu, dilakukan juga observasi

langsung di Galangan 1 milik PT. Dok & Perkapalan Kodja Bahari dengan pendampingan dari pihak galangan. Metode ini memastikan bahwa data yang diperoleh akurat dan dapat mewakili kondisi galangan dan proyek yang menjadi objek penelitian.

2.4. Perangkat Lunak (*Software*) Pendukung

Pengolahan data dalam penelitian ini didukung oleh perangkat lunak Super Decisions versi 2.10. Perangkat lunak ini digunakan untuk membantu proses perumusan langkah-langkah mitigasi menggunakan metode AHP.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilaksanakan di Galangan 1, PT. Dok & Perkapalan Kodja Bahari, yang beralamat di Jl. Penambangan, Tanjung Priok, Jakarta Utara, DKI Jakarta. Berikut adalah penjelasan mengenai hasil dan pembahasan dari penelitian yang telah dilaksanakan.

3.1. Identifikasi Mode Kegagalan

Identifikasi mode kegagalan pada proyek dilakukan melalui wawancara dengan responden. Dari wawancara ini, diperoleh 11 (sebelas) mode kegagalan pada Tahap Fabrikasi dan 15 (lima belas) mode kegagalan pada Tahap Perakitan.

Kuesioner I kemudian disusun berdasarkan hasil identifikasi mode kegagalan untuk menentukan nilai dampak, kejadian, dan deteksi dari setiap mode kegagalan.

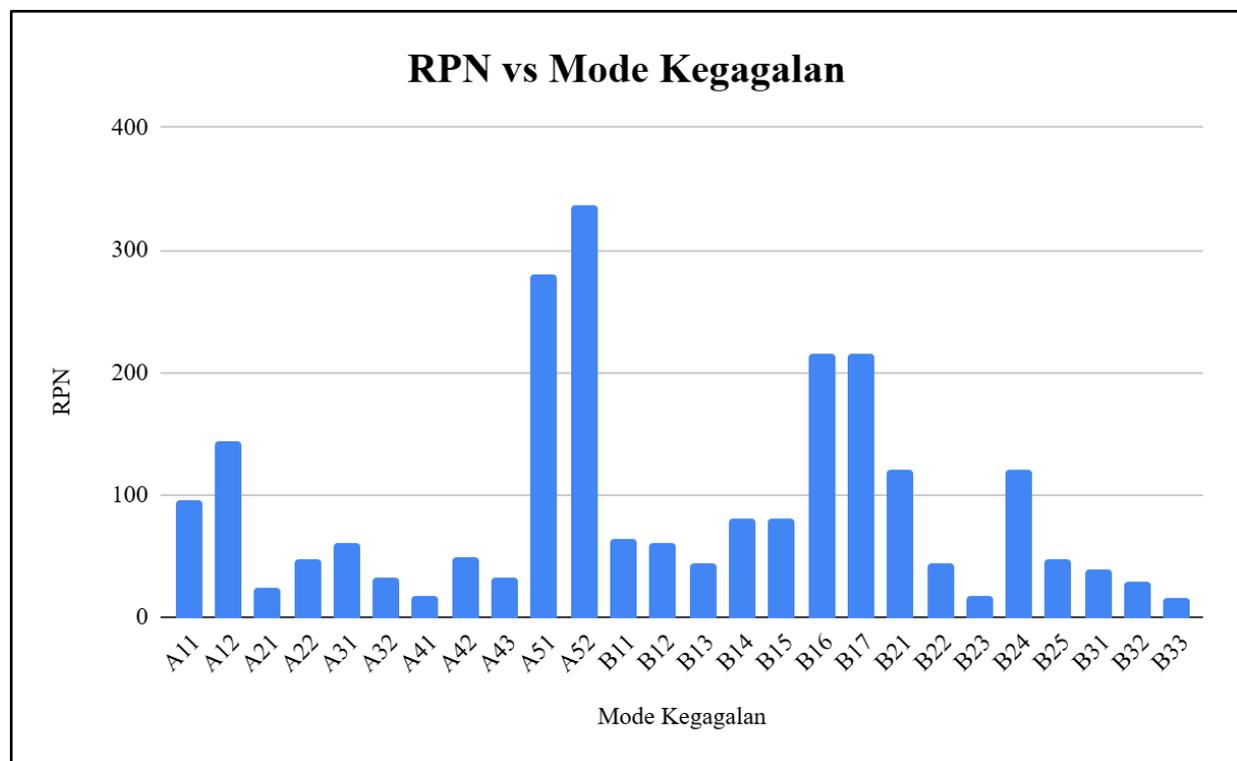
3.2. Perhitungan dan Pemetaan Risiko

Setelah Kuesioner I diisi oleh responden, dilakukan rekapitulasi data untuk menghitung rata-rata dari setiap nilai dampak, kejadian, dan deteksi. Rata-rata ini digunakan sebagai representasi hasil penilaian Kuesioner I dari kelima responden [9]. Berdasarkan hasil penilaian tersebut, *Risk Priority Number* (RPN) untuk masing-masing mode kegagalan dihitung dengan mengalikan rata-rata dari setiap nilai dampak, kejadian, dan deteksi. Rincian nilai dampak, kejadian, deteksi, dan RPN yang didapat dari hasil pengolahan Kuesioner I dapat dilihat pada Tabel 4. Grafik Mode Kegagalan dibandingkan dengan RPN dapat dilihat pada Gambar 1.

Tabel 4. Hasil Penilaian dari Kuesioner I

Kode	Mode Kegagalan	Rata-Rata			Risk Priority Number (RPN)
		Dampak (Severity)	Kejadian (Occurrence)	Deteksi (Deteksi)	
A Tahap Fabrikasi					
A1 Mould Lofting (Lantai Gambar)					
A11	Kesalahan penggambaran dalam proses <i>mould loft</i>	8	6	2	96
A12	Perubahan desain yang menyebabkan penundaan proses <i>mould loft</i>	8	6	3	144
A2 Pembuatan Mal dan Marking Manual					
A21	Kesalahan pengambilan ukuran mal	4	3	2	24
A22	Kesalahan proses penandaan (<i>marking material</i>)	6	4	2	48
A3 Pekerjaan Cutting Komponen					
A31	Alat pemotong rusak	4	5	3	60
A32	Hasil pemotongan buruk	4	4	2	32
A4 Pekerjaan Bending					
A41	Kerusakan alat <i>bending</i>	3	3	2	18
A42	Kesalahan tanda/ <i>marking bending</i>	5	5	2	50
A43	Kesalahan proses/teknik <i>bending</i>	4	4	2	32
A5 Pengadaan Material					
A51	Pengajuan permintaan material terlambat	8	7	5	280
A52	Pemasok melakukan wanprestasi dengan tidak memenuhi tenggat waktu pengiriman yang telah disepakati	8	8	7	336
B Tahap Perakitan					
B1 Perakitan Komponen (Sub-Assembly)					
B11	Komponen tidak lengkap	4	4	4	64
B12	Komponen tidak sesuai	5	3	4	60
B13	Tanda/ <i>marking</i> penempatan komponen salah	5	3	3	45
B14	Alat angkat dan/atau angkut tidak memadai	5	4	4	80
B15	Alat kerja utama tidak memadai (misal: travo las/mesin las listrik, <i>blander</i> las potong/ <i>cutting torch</i> , dll.)	5	4	4	80
B16	Terjadi perubahan tahapan proses perakitan terkait dengan kondisi di lapangan	6	6	6	216

Kode	Mode Kegagalan	Rata-Rata			Risk Priority Number (RPN)
		Dampak (Severity)	Kejadian (Occurrence)	Deteksi (Deteksi)	
B17	Adanya perubahan penggunaan dimensi pelat terkait ketersediaan stok di pasar	6	6	6	216
B2 Pekerjaan Pengelasan					
B21	Jumlah tenaga kerja pengelasan kurang	6	5	4	120
B22	Tenaga kerja pengelasan belum memenuhi kualifikasi	5	3	3	45
B23	Daya listrik tidak stabil	3	2	3	18
B24	Travo las kurang dan/atau rusak	6	5	4	120
B25	Material kawat las tidak sesuai	4	3	4	48
B3 Penggabungan 2 (Dua) Blok					
B31	Pemasangan sambungan yang kurang tepat pada konstruksi blok (<i>misalignment</i>)	5	4	2	40
B32	Adanya perbedaan antara ukuran-ukuran konstruksi dengan gambar kerja (<i>miss scantling</i>)	5	3	2	30
B33	Terjadinya kesalahan penggabungan blok (<i>misfitting</i>)	4	2	2	16



Gambar 1. RPN vs Mode Kegagalan

Berdasarkan hasil perhitungan, 5 (lima) mode kegagalan dengan peringkat tertinggi menurut urutan nilai RPN adalah:

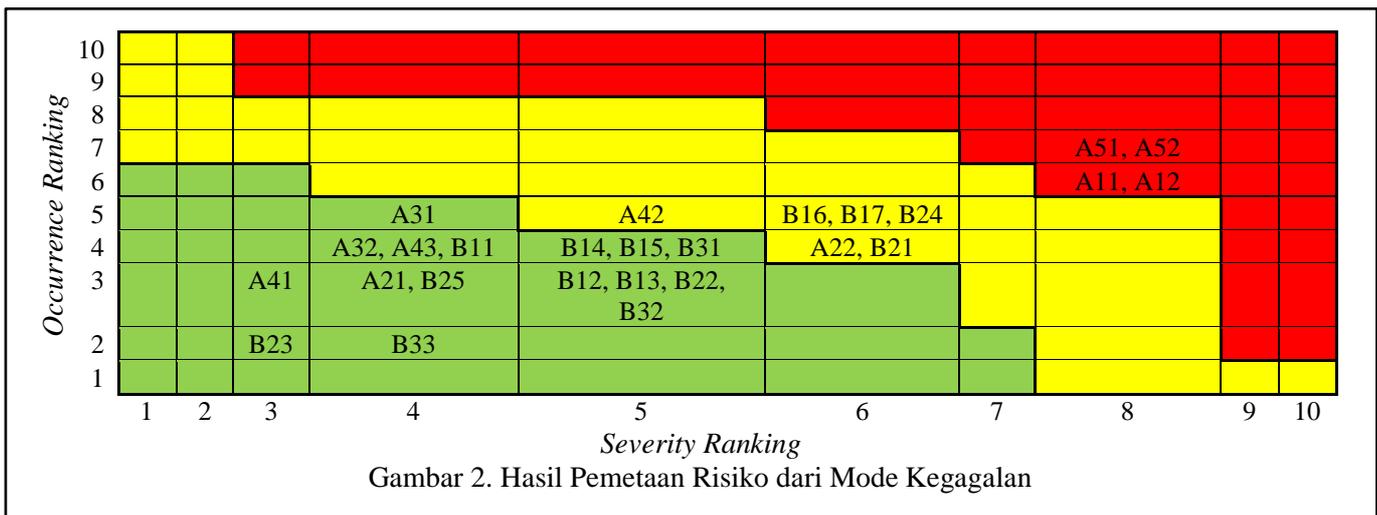
- 1) Pemasok melakukan wanprestasi dengan tidak memenuhi tenggat waktu pengiriman yang telah disepakati (A52; RPN = 336)
- 2) Pengajuan permintaan material terlambat (A51; RPN = 280)
- 3) Terjadi perubahan tahapan proses perakitan terkait dengan kondisi di lapangan (B16; RPN = 216)
- 4) Adanya perubahan penggunaan dimensi pelat terkait ketersediaan stok di pasar (B17; RPN = 216)
- 5) Perubahan desain yang menyebabkan penundaan proses *mould loft* (A12; RPN = 144)

Nilai RPN digunakan sebagai salah satu indikator untuk menentukan tingkat risiko dari setiap mode kegagalan yang telah diidentifikasi. Hal ini berarti semakin tinggi nilai RPN, maka semakin besar risiko yang dimiliki oleh suatu mode kegagalan. Mode kegagalan dengan nilai RPN

tinggi perlu diberi prioritas lebih tinggi untuk tindakan mitigasi.

Selain dengan menghitung RPN, prioritas risiko juga ditentukan menggunakan matriks risiko yang menampilkan prioritas risiko secara grafis. Matriks ini mempertimbangkan dua faktor utama, yaitu nilai dampak dan frekuensi kejadian, untuk menetapkan prioritas risiko. Matriks risiko

membagi mode kegagalan ke dalam 3 (tiga) kategori risiko, yaitu Risiko Rendah, Risiko Sedang, dan Risiko Tinggi yang secara berurutan diwakili dengan warna hijau, kuning, dan merah pada Gambar 2. Hasil pemetaan risiko untuk setiap mode kegagalan dalam proyek pembangunan Kapal LCT 1500 DWT menggunakan matriks risiko dapat dilihat pada Gambar 2.



Dari hasil pemetaan risiko, mode kegagalan yang masuk dalam kategori Risiko Tinggi adalah:

- 1) Pengajuan permintaan material terlambat (A51)
- 2) Pemasok melakukan wanprestasi dengan tidak memenuhi tenggat waktu pengiriman yang telah disepakati (A52)
- 3) Kesalahan penggambaran dalam proses *mould loft* (A11)
- 4) Perubahan desain yang menyebabkan penundaan proses *mould loft* (A12)

Terdapat perbedaan prioritas risiko jika membandingkan hasil perhitungan RPN dengan pemetaan risiko menggunakan matriks risiko. Mode kegagalan “Terjadi perubahan tahapan proses perakitan terkait dengan kondisi di lapangan (B16; RPN = 216)” dan “Adanya perubahan penggunaan dimensi pelat terkait ketersediaan stok di pasar (B17; RPN = 216)” yang menduduki peringkat tinggi berdasarkan RPN, masuk ke dalam kategori Risiko Sedang dalam matriks risiko. Perbedaan ini disebabkan oleh nilai dampak dan kejadian dari kedua mode kegagalan yang termasuk dalam level “Sedang,” sehingga kedua mode kegagalan tersebut dikategorikan sebagai

Risiko Sedang dalam matriks risiko.

Berdasarkan perhitungan RPN dan pemetaan prioritas dengan matriks risiko, diambil 4 (empat) mode kegagalan yang dinilai memiliki risiko paling tinggi, yaitu:

- 1) Pengajuan permintaan material terlambat (A51; RPN = 280)
- 2) Pemasok melakukan wanprestasi dengan tidak memenuhi tenggat waktu pengiriman yang telah disepakati (A52; RPN = 336)
- 3) Kesalahan penggambaran dalam proses *mould loft* (A11; RPN = 96)
- 4) Perubahan desain yang menyebabkan penundaan proses *mould loft* (A12; RPN = 144)

3.3. Perancangan Langkah-Langkah Mitigasi

Setelah mode kegagalan berisiko tinggi diidentifikasi, wawancara kembali dilakukan dengan responden untuk merumuskan langkah-langkah mitigasi. Tabel 5 menyajikan langkah-langkah mitigasi yang dirumuskan untuk setiap mode kegagalan berdasarkan hasil wawancara.

Tabel 5. Rumusan Langkah-Langkah Mitigasi Risiko

Kode	Mode Kegagalan	Kode	Langkah Mitigasi Risiko
A11	Kesalahan penggambaran dalam proses <i>mould loft</i>	A111	Pemantauan perkembangan kemajuan pengerjaan <i>mould loft</i> yang dilakukan oleh Kepala Proyek dan Asisten Kepala Proyek untuk memastikan pengerjaan <i>mould loft</i> dapat selesai sesuai jadwal
		A112	Menghapus gambar yang lama dari tempat gambar dengan bersih sebelum membuat gambar yang baru

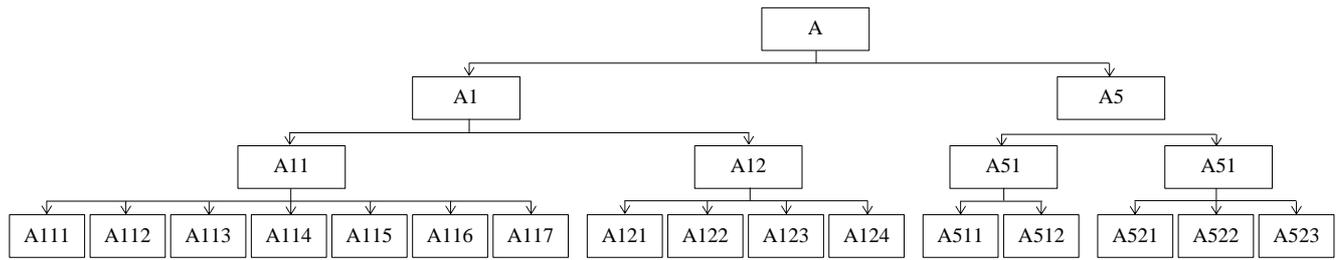
Kode	Mode Kegagalan	Kode	Langkah Mitigasi Risiko
		A113	Memastikan adanya tanda pembeda yang jelas pada setiap gambar jika terdapat lebih dari 1 (satu) gambar proyek di 1 (satu) tempat gambar (misal: dengan menggunakan tinta spidol yang berbeda)
		A114	Memastikan <i>lofter</i> telah mempelajari dengan baik gambar dan data kapal yang akan digambar untuk meminimalisir kesalahan dan coretan yang tidak perlu pada lantai gambar
		A115	Melibatkan <i>drafter</i> dalam proses verifikasi gambar lofting untuk memastikan kesesuaian gambar dengan desain yang telah disetujui oleh biro klasifikasi
		A116	Memastikan <i>lofter</i> yang ditugaskan kredibel dan kompeten di bidangnya
		A117	Melakukan pembaruan metode pengerjaan dengan mesin yang dibantu komputer untuk meningkatkan efisiensi pekerjaan (misal: menggunakan mesin <i>Computer Numerical Control</i>)
A12	Perubahan desain yang menyebabkan penundaan proses <i>mould loft</i>	A121	Mengajukan gambar ke biro klasifikasi minimal 1 bulan sebelum jadwal pengerjaan proyek resmi dimulai
		A122	Mengerjakan revisi gambar segera setelah mendapat rekomendasi dari biro klasifikasi
		A123	Melakukan koordinasi secara langsung dengan surveyor dari biro klasifikasi untuk mempercepat perpindahan informasi mengenai rekomendasi desain kapal
		A124	Mengikuti perkembangan regulasi yang dikeluarkan oleh pemerintah, biro klasifikasi, dan syahbandar agar pihak galangan mengetahui jika terdapat perubahan dan/atau penambahan peraturan
A51	Pengajuan permintaan material terlambat	A511	Proaktif untuk meminta Kepala Proyek dan bagian terkait agar lebih cepat mengajukan permintaan material ke <i>owner</i>
		A512	Meningkatkan koordinasi dengan Kepala Proyek dan bagian terkait untuk mempercepat pembahasan spesifikasi material
A52	Pemasok melakukan wanprestasi dengan tidak memenuhi tenggat waktu pengiriman yang telah disepakati	A521	Mempercepat pengadaan material sebelum produksi dimulai
		A522	Melakukan briefing dan koordinasi dengan owner dan pemasok terkait jadwal kedatangan material agar sesuai dengan rencana produksi
		A523	Memprioritaskan jadwal perencanaan untuk pembelian material dan komponen impor dibandingkan dengan pembelian material dan komponen yang dibeli dari dalam negeri

Struktur hierarki seperti terlihat pada Gambar 2 disusun berdasarkan mode kegagalan berisiko tinggi yang telah diidentifikasi beserta langkah-langkah mitigasinya. Struktur hierarki ini digunakan sebagai dasar analisis menggunakan metode AHP. Berdasarkan struktur tersebut, Kuesioner II dirancang guna menentukan prioritas langkah mitigasi yang harus dilakukan.

Hasil dari kuesioner ini kemudian diolah untuk mendapatkan nilai *geometric mean* (rata-rata geometris), yang dihitung dengan mengalikan semua nilai data, lalu mengambil akar pangkat n dari hasil perkalian tersebut, di mana n adalah jumlah total data. *Geometric mean* dipilih karena lebih tahan terhadap pengaruh nilai ekstrem dalam distribusi data yang tidak merata [10]. Oleh karena itu, nilai *geometric mean* digunakan untuk mewakili hasil penilaian responden dalam perhitungan AHP menggunakan perangkat lunak Super Decisions versi 2.10.

Setelah dilakukan penilaian bobot langkah-langkah mitigasi dengan Kuesioner II, hasil penilaian diolah menggunakan perangkat lunak Super Decisions versi 2.10 untuk menentukan urutan prioritasnya. Nilai *consistency ratio* (CR) yang diperoleh adalah 0,02417, yang berada dalam batas toleransi maksimal 0,10 [8]. Tingkat konsistensi ini menunjukkan bahwa hasil penilaian dapat diandalkan sebagai dasar untuk menentukan prioritas langkah-langkah mitigasi yang relevan bagi proyek. Prioritas langkah mitigasi berikutnya ditentukan berdasarkan bobot kepentingan, yang dihitung menggunakan rumus (1) dengan perangkat lunak Super Decisions versi 2.10.

$$\text{Bobot Kepentingan} = \frac{\sum \text{Bobot prioritas vektor}}{\text{Jumlah keseluruhan atribut}} \quad (1)$$



Gambar 2. Struktur Hierarki Proyek Kapal LCT 1500 DWT

Daftar prioritas langkah mitigasi yang telah diurutkan berdasarkan bobot kepentingan dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Prioritas Langkah Mitigasi

Prioritas	Langkah Mitigasi	Bobot Kepentingan
1	A512	0,065228
2	A522	0,047485
3	A122	0,031826
4	A124	0,022617
5	A523	0,019254
6	A123	0,018698
7	A114	0,017631
8	A113	0,016601
9	A116	0,013744
10	A117	0,011876
11	A115	0,011366
12	A121	0,009349
13	A511	0,009318
14	A521	0,007807
15	A112	0,006130
16	A111	0,005140

Berdasarkan hasil pengolahan data menggunakan perangkat lunak Super Decisions versi 2.10, diperoleh bobot kepentingan untuk setiap langkah mitigasi dari respon Kuesioner II. Bobot yang lebih tinggi menunjukkan bahwa langkah mitigasi tersebut memerlukan perhatian utama. Adapun rekomendasi langkah mitigasi utama yang perlu dilakukan oleh galangan adalah sebagai berikut:

- [A512] Meningkatkan koordinasi dengan Kepala Proyek dan bagian terkait untuk mempercepat pembahasan spesifikasi material
- [A522] Melakukan briefing dan koordinasi dengan owner dan pemasok terkait jadwal kedatangan material agar sesuai dengan rencana produksi
- [A122] Mengerjakan revisi gambar segera setelah mendapat rekomendasi dari biro klasifikasi

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil mengidentifikasi empat mode kegagalan berisiko tinggi pada proyek pembangunan Kapal LCT 1500 DWT di Galangan 1 PT. Dok & Perkapalan Kodja Bahari. Mode kegagalan tersebut meliputi pengajuan permintaan material terlambat (RPN = 280), wanprestasi pemasok dalam memenuhi tenggat waktu pengiriman (RPN = 336), kesalahan penggambaran dalam proses mould loft (RPN = 96), serta

perubahan desain yang menyebabkan penundaan proses *mould loft* (RPN = 144). Seluruh mode kegagalan ini terjadi pada Tahap Fabrikasi.

Untuk memitigasi risiko tersebut, langkah utama yang diambil adalah meningkatkan koordinasi dengan Kepala Proyek dan bagian terkait guna mempercepat pembahasan spesifikasi material (bobot 0,065228), melakukan *briefing* dan koordinasi dengan owner serta pemasok untuk memastikan jadwal kedatangan material sesuai rencana produksi (bobot 0,047485), serta mengerjakan revisi gambar segera setelah menerima rekomendasi dari biro klasifikasi (bobot 0,031826).

4.2. Saran

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk mengeksplorasi penggunaan teknologi terbaru seperti sistem CAD/CAM atau *digital lofting* sebagai pengganti proses *mould lofting* tradisional. Fokus utama penelitian lanjutan dapat berupa evaluasi efektivitas teknologi ini dalam mengurangi kesalahan gambar dan meningkatkan akurasi proses fabrikasi dibandingkan dengan RPN yang telah diteliti.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. Ma'ruf, *Strategi Pengembangan Industri Kapal Nasional Berbasis Teknologi Produksi dan Pasar Domestik: Orasi Pengukuhan Profesor Riset Bidang Teknik Maritim*. Jakarta: BPPT Press, 2014. [Daring].
- [2] M. Prihandono, "Analisis Risiko Pada Pembangunan Kapal (Studi Kasus Pada Pembangunan Kapal Tanker Pertamina 3500 DWT di PT. Dumas Tanjung Perak Shipyards)," Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2017.
- [3] H. D. Z. Putri, I. P. Mulyatno, dan P. Manik, "Studi Manajemen Risiko dengan Metode FTA dan FMEA akibat Keterlambatan Proyek Pembangunan Kapal Perintis KM. Sabuk Nusantara 72," *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol. 11, no. 2, 2023, [Daring].
- [4] G. S. Gazali dan I. Baroroh, "Risk Analysis of the Causes of Delay in Ship Construction (Case Study of KM CL 9E Ship Construction)," *BERKALA SAINSTEK*, vol. 10, no. 4, hlm. 235–242, Des 2022, doi: 10.19184/bst.v10i4.32674.

- [5] Y. T. P. Penangsang dan M. Basuki, “Mitigasi Risiko Operasional Pembangunan Kapal Baru di Galangan Kapal Surabaya Menggunakan Metode FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) dan BTA (Bowtie Analysis),” dalam *Seminar Nasional Teknologi Industri Berkelanjutan IV*, Surabaya, 2024.
- [6] C. S. Carlson, *Effective FMEAs*. Hoboken: Wiley, 2012. doi: 10.1002/9781118312575.
- [7] H. T. Liu dan Y. lin Tsai, “A fuzzy risk assessment approach for occupational hazards in the construction industry,” *Saf Sci*, vol. 50, no. 4, hlm. 1067–1078, Apr 2012, doi: 10.1016/j.ssci.2011.11.021.
- [8] T. L. Saaty dan L. G. Vargas, “Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process,” New York, 2012. [Daring].
- [9] M. F. Triola, *Elementary Statistics Technology Update*, 11 ed. Boston: Pearson, 2012.
- [10] D. Clark-Carter, “Measures of Central Tendency,” dalam *International Encyclopedia of Education*, Elsevier, 2010, hlm. 264–266. doi: 10.1016/B978-0-08-044894-7.01343-9.