



## Analisis Risiko Pembangunan Kapal Bertenaga Listrik dan Surya Untuk Mendukung Net Zero Emisi

Hendra Palebangan, Muhajirin, Iskendar, Dewi Kartikasari

Badan Riset dan Inovasi Nasional, Jakarta

Korespondensi penulis: [padangiring@gmail.com](mailto:padangiring@gmail.com)

**Abstract:** Vehicle electrification is becoming a growing trend in the transportation industry due to environmental concerns. Therefore, various global efforts are being made to develop electric-driven ships using environmentally friendly energy sources such as batteries. In the implementation of electric and solar-powered shipbuilding, there is always the potential for delays in completion. This is very detrimental to shipyard owners and even ship owners because it is not to the initial plan. Shipyard owners and shipowners must bear greater or unexpected costs due to delays in work. Other risks also have the potential to arise when electric and solar-powered ships are completed until operation. Delays in the completion of electric and solar-powered shipbuilding can be caused by various things. Through this research, the risk analysis of the development of the electric and solar-powered ship industry is discussed in terms of several aspects, namely market, legal, technical, socio-economic environmental, and financial aspects.

**Keywords:** ship, electricity, solar emissions, industry

**Abstrak:** Elektrifikasi kendaraan menjadi tren yang berkembang di industri transportasi karena masalah lingkungan. Oleh karena itu, berbagai upaya global sedang dilakukan untuk mengembangkan kapal berpenggerak listrik menggunakan sumber energi ramah lingkungan seperti baterai. Dalam pelaksanaan pembuatan kapal bertenaga listrik dan surya selalu ada potensi terjadinya keterlambatan penyelesaian. Hal ini sangat merugikan bagi pemilik galangan kapal bahkan pemilik kapal karena tidak sesuai dengan rencana awal. Pemilik galangan kapal dan pemilik kapal harus menanggung biaya yang lebih besar atau yang tidak terduga karena adanya keterlambatan pekerjaan. Risiko lain pun berpotensi timbul saat kapal bertenaga listrik dan surya selesai dibuat sampai pada pengoperasian. Keterlambatan penyelesaian pembuatan kapal bertenaga listrik dan surya dapat disebabkan oleh berbagai hal. Melalui penelitian dibahas analisis risiko pengembangan industri kapal bertenaga listrik dan surya ditinjau dari beberapa aspek yaitu aspek pasar, hukum, teknis, sosial ekonomi dan lingkungan, serta finansial.

**Kata Kunci:** kapal, listrik, tenaga surya, emisi, industri

### PENDAHULUAN

Tingginya harga bahan bakar fosil mendesak tidak hanya pemerintah tetapi juga akademisi dan swasta untuk mencari sumber energi lain yang berkelanjutan. Di antara berbagai bentuk energi yang digunakan manusia, listrik adalah sumber energi utama yang dapat digunakan dalam banyak aplikasi mulai dari penerangan hingga mengemudikan kendaraan, dan dapat diperoleh dari berbagai energi terbarukan seperti angin, gelombang laut, atau bahkan sinar matahari. Transportasi maritim memainkan peran penting dalam meningkatkan kesejahteraan masyarakat dan aspek keberlanjutan kota. Pelayaran berkontribusi dalam mengangkut 80% perdagangan internasional dan dianggap sebagai salah satu moda transportasi yang paling hemat energi. Industri ini bertanggung jawab untuk 2,89% dari emisi Gas Rumah Kaca (GRK) global dan diproyeksikan akan mencapai 50% lebih

Received: April 30, 2023; Accepted: Mei 31, 2023; Published: Juni 30, 2024

\* Hendra Palebangan, [padangiring@gmail.com](mailto:padangiring@gmail.com)

tinggi dari tingkat tahun 2018 pada tahun 2050, selain itu, industri menyumbang 5-10% dan 17-31% dari emisi SO<sub>x</sub> dan NO<sub>x</sub> terhadap lingkungan global.

Elektrifikasi kendaraan menjadi tren yang berkembang di industri transportasi karena masalah lingkungan. Oleh karena itu, berbagai upaya global sedang dilakukan untuk mengembangkan kapal berpengerak listrik menggunakan sumber energi ramah lingkungan seperti baterai.

Pemerintah terus berupaya mendorong pertumbuhan industri manufaktur. Salah satu industri manufaktur yang berpotensi untuk dikembangkan adalah industri kapal bertenaga listrik dan surya untuk mendukung transportasi laut yang zero emisi. Menggunakan sistem propulsi listrik di kapal mengurangi polusi lingkungan dan kebisingan operasional, memungkinkan lebih banyak inovasi dalam desain kapal.

Dalam pelaksanaan pembuatan kapal bertenaga listrik dan surya selalu ada potensi terjadinya keterlambatan penyelesaian. Hal ini sangat merugikan bagi pemilik galangan kapal atau pemilik kapal karena tidak sesuai dengan rencana awal. Pemilik galangan kapal dan pemilik kapal harus menanggung biaya yang lebih besar atau yang tidak terduga karena adanya keterlambatan pekerjaan. Keterlambatan penyelesaian pembuatan kapal bertenaga listrik dan surya dapat disebabkan oleh berbagai hal, antara lain: kesalahan desain tidak memenuhi harapan/kebutuhan pengguna, kesalahan desain kapal tidak dapat mengakses infrastruktur pengisian daya, ketidakpastian pasar akibat berkompetisi dengan teknologi konvensional berbahan bakar fosil, kesulitan dalam mendapatkan pembiayaan, kesulitan/keterlambatan pengadaan material industri kapal bertenaga listrik dan surya, kurangnya infrastruktur pengisian daya yang membatasi jangkauan operasional, lingkungan, dan lain sebagainya. Permasalahan industri galangan kapal nasional dalam pembuatan kapal bertenaga listrik dan surya adalah sesuatu hal yang baru dan perlu diidentifikasi sehingga dapat diketahui langkah yang perlu dilakukan untuk meminimalkan risiko keterlambatan pembuatan kapal berpengerak listrik dan surya yang merugikan pihak pemilik kapal dan galangan kapal.

## **KAJIAN TEORITIS**

### **Pengertian Risiko**

Beberapa perbedaan definisi tentang risiko disebabkan subyek risiko yang begitu kompleks, terdapat dalam beberapa bidang yang berbeda sehingga terdapat beberapa pengertian yang berbeda pula. Hanafi (2006) membagi risiko ke dalam 3 pengertian yaitu kemungkinan kerugian, ketidakpastian, probabilitas suatu outcome yang berbeda dengan

outcome yang diharapkan. PMI (2021) memberikan tambahan risiko sebagai suatu kondisi atau peristiwa yang tidak pasti yang jika terjadi akan mempunyai dampak pada tujuan proyek. Risiko proyek meliputi ancaman terhadap tujuan proyek dan peluang untuk meningkatkan tujuan tersebut.

Menurut Santosa (2009), terdapat beberapa jenis risiko antara lain:

1. Risiko Operasional, risiko yang berhubungan dengan operasional organisasi, sistem organisasi, proses kerja, teknologi dan sumber daya manusia.
2. Risiko Finansial, risiko yang berdampak pada kinerja keuangan organisasi seperti kejadian risiko akibat dari fluktuasi mata uang dan tingkat suku bunga, terasuk risiko pemberian kredit, likuiditas dan pasar.
3. Hazard Risk, risiko yang berhubungan dengan kecelakaan fisik seperti kejadian atau kerusakan yang menimpa harta perusahaan dan adanya ancaman perusahaan.
4. Strategic Risk, risiko yang berhubungan dengan strategi perusahaan, politik, ekonomi, peraturan dan perundangan, risiko yang berkaitan dengan reputasi organisasi, kepemimpinan dan termasuk perubahan keinginan pelanggan.

### **Standar Pedoman Manajemen Risiko**

Penyusunan kajian manajemen risiko menggunakan pendekatan terhadap standar dan pedoman yang lazim digunakan sehingga hasil dari kajian dapat mudah dipahami dan dimengerti oleh para pengguna hasil kajian tersebut. Standar dan pedoman yang dapat digunakan dalam penyusunan kajian manajemen risiko antara lain:

- a. Project Management Institute (PMI), USA (2008), Project Management Body of Knowledge, Chapter 11 on risk management
- b. Association for Project Management, UK (1997), PRAM Guide
- c. AS/NZS 4360 (1999), Risk Management, Standards Association of Australia
- d. IEC 62198 (2001), Project Risk Management - Application Guidelines
- e. Office of Government Commerce (OGC), UK (2002), Management Risk
- f. Trasury Board of Canada (2001), Integrated Risk Management Framework

Standar pedoman dari Asosiasi profesional tersebut hanya merupakan garis besar topik yang penting dari manajemen proyek dan bagaimana proses manajemen risiko dapat diterapkan di proyek.

### **Studi Terdahulu Risiko Pembangunan Galangan Kapal Secara Umum**

Manajemen risiko sering terabaikan dalam suatu pekerjaan proyek, padahal perannya dapat membantu dalam meningkatkan kesuksesan dan kelancaran serta kemajuan dari proyek tersebut dengan menentukan keputusan manajemen proyek terkait beberapa kondisi atau hasil

yang tidak pasti. Pembangunan kapal di galangan tidak lepas dari risiko-risiko tidak pasti yang mungkin saja terjadi saat proses tersebut berlangsung. Sehingga perlu dilakukan analisis manajemen risiko untuk menghindari masalah-masalah tersebut.

Dalam mengidentifikasi manajemen risiko pada industri konstruksi dan industri galangan kapal, beberapa penelitian yang telah dilakukan menghasilkan beberapa kategori risiko, antara lain dapat dilihat pada (Tabel 1).

**Tabel 1. Review Studi Terdahulu**

<b>Peneliti</b>	<b>Industri</b>	<b>Kategori Risiko</b>
Sugeng Haryadi & Lilik Budiyanto	Galangan kapal	Sertifikasi dalam memegang suatu alat, ralat pekerjaan, kurang kesadaran akan keselamatan, skill tenaga kerja
Medi Prihandono & Buana Ma'ruf	Galangan kapal	Kesulitan Memenuhi Syarat Kontrak, keterlambatan material, proses custom clearance lama
Basuki & Widjaya	Galangan kapal	Indeks risiko, ralat pekerjaan merupakan kategori risiko yang tertinggi dan software kadang kadang eror adalah kategori risiko yang sangat rendah
Lu and Tang	Galangan kapal	Harga pembangunan kapal, perubahan tingkat suku bunga, inflasi, pajak baru, penundaan supply material, inefisiensi energi, kontak, siklus pembangunan kapal, control persediaan, ongkos tenaga kerja.

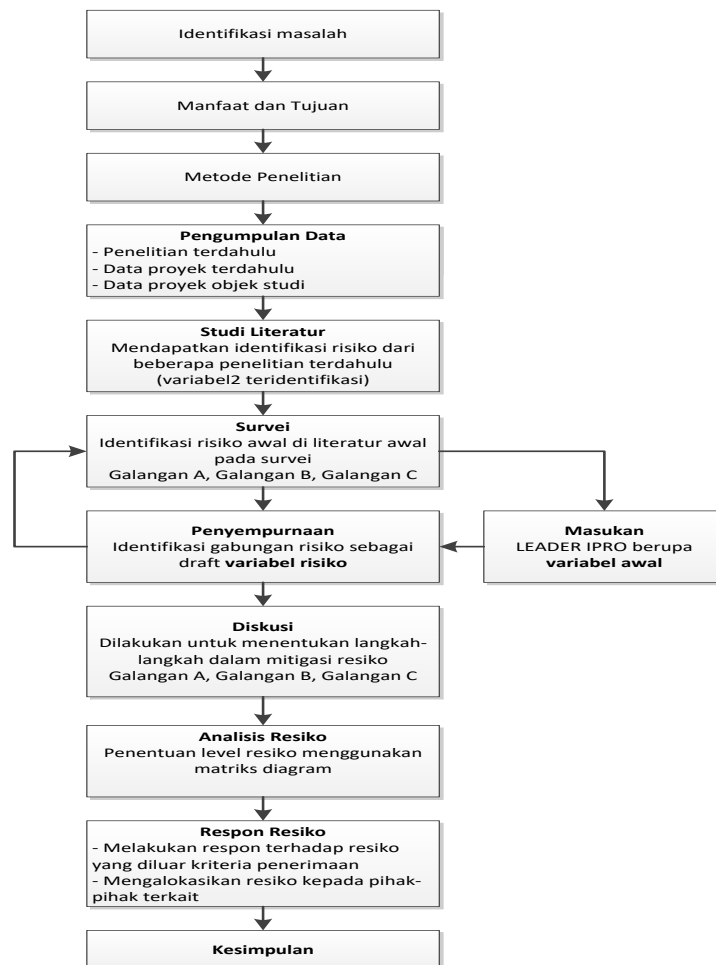
Sumber: Sugeng Haryadi, dkk;Medi dkk, Basuki, dkk, Lu & Tang)

## **METODE PENELITIAN**

Tahapan awal yang sangat penting dalam manajemen risiko adalah identifikasi risiko karena tahapan selanjutnya baru bisa dilakukan apabila tahap identifikasi telah dilakukan. Manajemen risiko meningkatkan peluang keberhasilan proyek dalam proyek konstruksi (Hoseini dkk.2019). Dalam proses identifikasi risiko yang diutamakan adalah risiko yang memberikan dampak dan pengaruh yang besar terhadap suatu proyek. Risiko yang diidentifikasi bisa diperoleh dari pengalaman proyek atau melalui studi yang memfokuskan mengenai kegiatan atau komponen yang berpotensi mempengaruhi suatu proyek. Untuk mengidentifikasikan, diperlukan metode yang tepat serta efektif dalam memproses suatu risiko. Ada beberapa teknik yang dapat dilakukan untuk mengidentifikasikan risiko (Nasir B.Siraj, 2019), antara lain: melakukan brainstorming, questionnaire survey, studi literatur, studi dokumentasi, wawancara ahli, teknik delphi, checklist (membuat daftar pemeriksaan) dan sebagainya. Sumber risiko yang diperoleh dari beberapa jurnal yang membahas risiko, lalu dilakukanlah perbandingan antara jurnal yang sudah dikumpulkan serta metode yang digunakan dalam mengidentifikasinya.

## Tahapan Penelitian

Setiap orang yang terlibat dalam suatu proyek atau diskusi tertentu akan memiliki pendapatnya masing-masing mengenai suatu topik. Pandangan mereka tidak benar atau salah, tetapi hanya dapat didefinisikan secara subjektif karena berasal dari 'kerangka acuan internal' mereka sendiri (McKeown dan Thomas 2009). Melalui suatu tahapan juga memungkinkan data kualitatif, seperti pendapat, untuk dianalisis secara kuantitatif untuk mengklasifikasikan dan mengelompokkan berbagai pendapat. Dengan cara ini, sudut pandang yang sama dapat diidentifikasi (Damar dan Sali 2022). Pendekatan diagram aliran proses (Gambar 1).



Gambar 1. Tahapan pelaksanaan penelitian

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### Identifikasi Risiko

Identifikasi risiko disusun dengan menggunakan metode Failure Mode and Effect Analysis/FMEA (Seyed Shamseddin Alizadeh,2015; Doshi & Darshak.2016; Liu dkk.2014) yang merupakan teknik identifikasi berdasarkan fakta dan realitas yang dapat diubah menjadi suatu proses yang didasarkan pada kekurangan dan kecurigaan pada proses pembuatan kapal

listrik dan surya. Kriteria untuk mengevaluasi Tingkat Keparahan dapat mencakup faktor-faktor yang menyebabkan kerusakan pada properti, atau kerugian finansial, dampak negatif pada kesehatan individu yang mungkin timbul akibat insiden, dampak insiden terhadap lingkungan, termasuk pencemaran udara, air, atau tanah, serta dampak terhadap ekosistem, besarnya kerugian finansial yang mungkin timbul sebagai akibat dari insiden, termasuk biaya perbaikan, atau hilangnya pendapatan, dampak insiden terhadap reputasi perusahaan atau organisasi, termasuk kehilangan kepercayaan pelanggan atau dampak negatif pada citra merek.

Berdasarkan metode FMEA diperoleh identifikasi risiko proyek industri pembuatan kapal bertenaga listrik dan surya diperoleh dengan melakukan survei lapangan, wawancara dan diskusi dengan manajer, kepala departemen, dan pengawas/staf berpengalaman di setiap departemen di galangan kapal maupun di pabrik solar cell dan pembuatan baterai. Hasil dari wawancara dan diskusi tahap awal menghasilkan 49 sumber risiko. meliputi 7 risiko desain, 6 risiko ketidakstabilan pasar, 7 risiko sumber daya manusia, 10 risiko financial, 11 risiko teknik, 3 risiko teknologi, dan 5 risiko lingkungan. Hasil identifikasi risiko dijadikan sebagai acuan dalam identifikasi awal variabel risiko (Tabel 2.).

**Tabel 2. Identifikasi Awal Variabel Risiko**

No.	Sumber Risiko	Variabel Risiko
<b>I</b>	<b>Risiko Desain</b> (Prihandono dkk.2017; Muhajirin dkk.2023)	
R.1	Desain tidak memenuhi harapan Pengguna	Tidak memenuhi harapan atau kebutuhan pengguna, seperti jangkauan operasional, kecepatan, atau daya tampung, revisi dari Pemilik
R.2	Kesalahan perhitungan struktural	Kesalahan desain dalam perhitungan struktural , seperti kesalahan data spesifikasi teknis, shop drawing tidak lengkap
R.3	Keterbatasan teknologi baterai	Menggunakan teknologi baterai yang memiliki keterbatasan kapasitas dan berat, sehingga dapat mempengaruhi jangkauan dan efisiensi kapal
R.4	Sistem propulsi elektrik yang kompleks	Ketidakpastian dalam pengembangan sistem propulsi elektrik yang kompleks
R.5	Infrastruktur pengisian daya	Kapal tidak dapat mengakses infrastruktur pengisian daya yang memadai, membatasi fleksibilitas operasional.
R.6.	Fasilitas pemeliharaan dan perbaikan	Kurangnya fasilitas pemeliharaan dan perbaikan khusus untuk kapal bertenaga listrik tidak tersedia atau terbatas.
R.7	Sistem digital	Kapal bertenaga listrik yang terhubung dengan sistem digital dapat menjadi rentan terhadap ancaman keamanan siber,
<b>II</b>	<b>Risiko Ketidakstabilan Pasar</b> (Doshi & Darshak.2016)	
R.8	Efisien dan ramah lingkungan	Kebutuhan yang tinggi akan industri kapal yang efisien dan ramah lingkungan (zero emission)

R.9	Daya saing pasar	Ketidakpastian pasar dan daya saing sangat tergantung pada pasar yang belum mapan
R.10	Kompetisi Teknologi	Kompetisi dengan teknologi konvensional berbahan bakar fosil
R.11	Regulasi berubah ubah	Regulasi yang berubah ubah terkait energi, emisi dan transportasi seperti pemberian insentif dan regulasi energi terbarukan
R.12	Ketersediaan energi terbarukan	Ketersediaan energi terbarukan seperti energi matahari, energi baterai, ketersediaan infrastruktur pengisian daya
R.13	Energi baru tenaga listrik	Ketidakpastian teknologi dalam penggunaan energi baru tenaga listrik/baterai
<b>III</b>	<b>Risiko Sumber Daya Manusia</b> (Doshi & Darshak.2016)	
R.14	Program pendidikan dan pelatihan	Risiko kurangnya program pendidikan dan pelatihan khusus untuk kapal bertenaga listrik
R.15	Keahlian dan keterampilan	Risiko kurangnya tenaga kerja yang memiliki keahlian dan keterampilan untuk merancang, memproduksi, dan memelihara kapal bertenaga listrik mungkin lebih khusus.
R.16	Mendekati Pensiun	Risiko tenaga kerja dalam industri ini mendekati pensiun tanpa adanya rekrutmen dan pelatihan
R.17	Teknologi baru	Risiko kurangnya keterampilan atau pengetahuan dalam mengadopsi teknologi baru
R.18	Tenaga Kerja Asing	Risiko ketergantungan pada Tenaga Kerja Asing: Jika keahlian khusus tersebut tidak tersedia di pasar tenaga kerja lokal
R.19	Tenaga kerja terlalu terfokus	Risiko keterampilan yang dimiliki tenaga kerja terlalu terfokus pada aspek tertentu
R.20	Bakat atau persaingan kecil	Risiko keterbatasan dalam bakat atau persaingan yang kecil untuk menarik bakat
<b>IV</b>	<b>Risiko Finansial</b> (Doshi & Darshak.2016; Prihandono dkk.2017; Muhajirin dkk.2023)	
R.21	Biaya riset tinggi	Biaya riset dan pengembangan yang tinggi, dengan risiko ketidakpastian terkait biaya keseluruhan, termasuk proses sertifikasi
R.22	Harga bahan baku	Fluktuasi harga bahan baku: termasuk bahan baku untuk pembuatan baterai
R.23	Permintaan pasar yang tidak pasti	Ketergantungan pada permintaan pasar yang tidak pasti menyebabkan ketidakpastian dalam penjualan dan pendapatan.
R.24	Insentif, subsidi, atau regulasi	Perubahan dalam kebijakan pemerintah terkait insentif, subsidi, atau regulasi dapat mempengaruhi kondisi keuangan perusahaan
R.25	Tekanan finansial .	Kesulitan dalam mendapatkan pembiayaan yang dapat memberikan tekanan finansial
R.26	Tergantung pada satu pasar	Terlalu tergantung pada satu pasar atau pelanggan
R.27	Nilai depresiasi	Nilai depresiasi yang lebih cepat dari yang diantisipasi dapat mempengaruhi laporan keuangan.
R.28	Perubahan tingkat suku bunga	Perubahan tingkat suku bunga dapat mempengaruhi beban bunga dan biaya keuangan.
R.29	Investasi awal lebih	Investasi awal lebih tinggi akibat penggunaan material dan

**ANALISIS RISIKO PEMBANGUNAN KAPAL BERTENAGA LISTRIK DAN SURYA UNTUK  
MENDUKUNG NET ZERO EMISI**

	tinggi	sistem energi efisien, serta kepatuhan terhadap regulasi lingkungan yang ketat
R.30	Persyaratan kontrak	Kesulitan dalam memenuhi persyaratan kontrak, seperti keterlambatan pekerjaan
<b>V</b>	<b>Risiko Teknik</b>	
V.1	Risiko Ketersediaan Material: (Prihandono dkk.2017; Muhajirin dkk.2023; Bororoh dkk.2023)	
R.31	Logam dan mineral tertentu:	Risiko ketergantungan pada Logam dan Mineral Tertentu: Bahan-bahan seperti lithium, kobalt, dan nikel umumnya digunakan dalam pembuatan baterai.
R.32	Pasokan bahan baku	Risiko keterbatasan pasokan bahan baku: Apabila mengalami kelangkaan atau terdapat kendala produksi
R.33	Pengadaan material	Risiko kesulitan/keterlambatan pada pengadaan material
R.34	Kualitas / cacat material	Risiko kualitas / cacat material dan tidak sesuai dengan spesifikasi teknis
R.35	Rantai pasok global	Risiko gangguan rantai pasok global: Industri kapal bertenaga listrik, konflik geopolitik, perubahan kebijakan perdagangan, atau bencana alam
R.36	Fluktuasi harga bahan baku	Risiko fluktuasi harga bahan baku, terutama logam dan mineral langka, dapat berdampak signifikan pada biaya produksi kapal bertenaga listrik.
R.37	Pasokan bahan baku dari negara tertentu	Risiko ketergantungan pada pasokan dari negara tertentu: Jika pasokan bahan baku utama berasal dari satu atau beberapa negara, risiko politik atau konflik di negara-negara tersebut dapat menciptakan ketidakpastian pasokan
V.2	Risiko Ketersediaan Fasilitas dan Peralatan: (Prihandono dkk.2017; Muhajirin dkk.2023; Bororoh dkk.2023)	
R.38	Infrastruktur pengisian daya	Risiko kurangnya infrastruktur pengisian daya kapal bertenaga listrik
R.39	Keterbatasan fasilitas produksi	Risiko keterbatasan fasilitas produksi: jika fasilitas produksi untuk merancang dan memproduksi kapal bertenaga listrik
R.40	Keterbatasan pabrikasi dan manufaktur	Risiko keterbatasan pabrikasi dan manufaktur: melibatkan teknologi dan komponen yang tidak lazim
R.41	Pasokan bahan baku	Risiko keterbatasan pasokan bahan baku untuk kapal bertenaga listrik mengalami kelangkaan
<b>VI</b>	<b>Risiko Teknologi</b> (Doshi & Darshak.2016)	
R.42	Kualitas, daya tahan, dan kinerja baterai	Risiko teknologi terkait kualitas, daya tahan, dan kinerja baterai.
R.43	Infrastruktur pengisian daya	Risiko keterbatasan atau ketidakpastian dalam infrastruktur pengisian daya
R.44	Integrasi komponen	Risiko kesulitan integrasi sistem: Integrasi efisien semua komponen, termasuk baterai, motor listrik, dan sistem kontrol, .
<b>VII</b>	<b>Risiko Lingkungan</b> (Phebe & Samuel.2016)	
R.45	Emisi dan polusi udara	Risiko regulasi lingkungan terkait emisi GRK dan polusi udara
R.46	Pengelolaan limbah	Risiko regulasi lingkungan pengelolaan limbah baterai bekas



	baterai bekas	
R.47	Persyaratan lingkungan	Risiko persyaratan perlindungan lingkungan di perairan tertentu
R.48	Energi hijau	Risiko ketidakpastian pasokan energi hijau
R.49	Kebijakan energi	Risiko ketidakpastian kebijakan energi nasional atau global

Sumber: hasil olahan data

### Risk Priority Number (RPN)

RPN merupakan indikator prioritas risiko, di mana nilai RPN yang lebih tinggi menunjukkan risiko yang lebih tinggi dan memerlukan penanganan yang lebih mendesak. Setelah nilai RPN dihitung untuk setiap peristiwa risiko dalam proyek, risiko-risiko dengan nilai RPN tertinggi akan menjadi fokus utama untuk ditangani atau dimonitor dengan lebih cermat. Peringkat risiko berdasarkan RPN dapat membantu manajemen proyek dalam mengalokasikan sumber daya dan mengambil tindakan pencegahan yang sesuai untuk mengurangi dampak risiko pada tujuan proyek (McDermott dkk.2009). Untuk mendapatkan skor RPN (Risk Priority Number) FMEA dengan cara mengumpulkan data yang telah dilakukan di dalam penelitian dan menemukan penyebab terjadinya kecacatan produk pada lini produksi departemen sewing. Adapun hasil kecacatan (Tabel 3).

**Tabel 3. Risk Priority Number (RPN)**

No	Sumber Risiko	Keparahan, S	Kejadian, O	Deteksi, D	RPN
1.	R-1 Desain tidak memenuhi harapan Pengguna	7,0	7,0	7,0	293
2.	R-2 Kesalahan perhitungan struktural	7,0	6,0	6,0	202
3.	R-5 Risiko desain kapal tidak dapat mengakses infrastruktur pengisian daya yang memadai,	7,0	6,0	5,0	150
4.	R-15 Kompetensi Teknologi Konvensional	5,0	7,0	5,0	125
5.	R-24 Kebijakan insentif, subsidi, atau regulasi Pemerintah	6,0	7,0	6,0	202
6.	R-29 Investasi awal lebih tinggi	7,0	7,0	6,0	223
7.	R-30 Kesulitan dalam memenuhi persyaratan kontrak	8,0	8,0	7,0	398
8.	R-32 Keterbatasan pasokan bahan baku	8,0	7,0	7,0	342
9.	R-33 Kesulitan/keterlambatan pada pengadaan material	8,0	7,0	6,0	286
10.	R-35 Gangguan rantai pasok global	7,0	7,0	6,0	244
11.	Kurangnya infrastruktur pengisian daya	7,0	7,0	5,0	195
12.	R-45 Regulasi lingkungan terkait emisi GRK dan polusi udara	7,0	6,0	6,0	202

Sumber: hasil olahan data

Berdasarkan hasil analisis Risk Priority Number (RPN) tersebut di atas maka terdapat beberapa risiko yang berada pada level risiko tinggi yang harus mendapatkan mitigasi atau pengolahan risikonya, sehingga risiko menjadi terkendali dan dapat diterima. Salah satu cara dalam pengelolaan risiko adalah dengan cara melakukan respon risiko dan pengalokasian risiko. Evaluasi risiko dilakukan berdasarkan Qualitative Risk Matrix-AS/NZS (Kevin W.2004; Soeharto.1999) dengan menentukan kategori risiko level dampak dan probabilitas risiko pada industri kapal bertenaga listrik dan surya.

**Tabel 4. Matriks Penentuan Tingkat Risiko**

Kemungkinan/ <i>Likelihood</i>	Dampak				
	Insignificant 1	Minor 2	Moderate 3	Major 4	Catastrophic 5
<b>A (hampir pasti)</b>	H	H		R1, R-2, R-25, R-30, R-33	E
<b>B (kemungkinan)</b>	R-35, R-36		R3, R-4, R-5, R-8, R-31, R-36, R-43, R-44, R-49	R10, R-32, R-35, R-38	E
<b>C (sedang)</b>	R-19, R-27, R-28	R-6, R7, R12, R-13, R-14, R-15, R-16, R-17, R-18, R-27, R-34, R-35, R-37, R-41, R-42, R-45	R11, R-20, R-21, R-23, R-29	E	E
<b>D (tidak mungkin)</b>	L	L	M	H	E
<b>E (jarang)</b>	L	L	M	H	H

Sumber: hasil pengolahan data

Berdasarkan (Tabel 4) matriks risiko diatas, dari 49 variabel risiko yang diteliti ditemukan

- 5 variabel risiko yang tergolong sangat signifikan/ekstrim (warna merah) dengan probabilitas hampir pasti terjadi risiko dan berdampak risiko mayor sangat signifikan. Perlu melakukan tindakan pengurangan risiko (mitigation) yaitu melakukan upaya untuk mengurangi dampak yang terjadi atau menurunkan probabilitas.
- 5 variabel risiko yang tergolong berdampak risiko tinggi (warna kuning) dengan probabilitas kemungkinan terjadi risiko dan berdampak risiko mayor sangat

signifikan Perlu melakukan tindakan pengurangan risiko (mitigation) yaitu melakukan upaya untuk mengurangi dampak yang terjadi atau menurunkan probabilitas

- 16 variabel risiko berdampak sedang (warna hijau) dimana probabilitas kemungkinan terjadi risiko dan berdampak risiko minor/kecil.

### **Respon risiko**

Pengendalian risiko yang berhasil membutuhkan implementasi yang tepat dari strategi respons risiko, baik secara terpisah maupun kombinasi (Baker, Ponniah, dan Smith 1999; Arabi, Eshtehardian, dan Shafiei 2022; Oke dkk. 2023). Untuk menentukan respon risiko, dapat mengikuti langkah-langkah berikut: 1) Melakukan identifikasi risiko potensial yang mungkin mempengaruhi proyek pembuatan kapal listrik meliputi risiko-risiko terkait dengan waktu, biaya, sumber daya, teknologi, atau faktor lain yang relevan dengan proyek, 2) melakukan evaluasi risiko mendalam terhadap setiap risiko yang diidentifikasi. Selanjutnya menentukan probabilitas terjadinya risiko dan dampaknya terhadap proyek. 3) mengidentifikasi dan mengevaluasi risiko-risiko, prioritas risiko-risiko tersebut berdasarkan tingkat kepentingan dan dampaknya terhadap proyek. 4) menentukan respon: berdasarkan evaluasi risiko dan prioritas, tentukan respon yang sesuai untuk setiap risiko. Respon dapat berupa: Penerimaan risiko, Mengakui risiko dan menerimanya tanpa tindakan tambahan. Transfer risiko: Menyerahkan risiko kepada pihak lain, seperti dengan menggunakan asuransi atau outsourcing. Pengurangan risiko: Mengambil langkah-langkah untuk mengurangi probabilitas atau dampak risiko, seperti dengan meningkatkan pengendalian atau melakukan mitigasi risiko. Menghindari risiko: 5) Mengambil langkah-langkah untuk sepenuhnya menghindari risiko, seperti dengan mengubah jalur proyek atau menghindari kegiatan berisiko tinggi (Eshtehardian, dan Shafiei 2022).

Setelah menentukan respon untuk setiap risiko, terapkan tindakan yang diperlukan untuk mengimplementasikan respon tersebut. Pastikan untuk melibatkan semua pihak terkait dalam proses ini. Berdasarkan evaluasi level risiko diatas (Tabel 4), maka dipilih level risiko high hingga sangat ekstrim untuk dilakukan respon mengurangi probabilitas atau dampak risikonya (Tabel 5).

**Tabel 5. Respon Risiko Tinggi - Ekstrim**

No.	Sumber Risiko	Respon Risiko
1.	R.1 Desain kapal tidak memenuhi harapan atau kebutuhan pengguna	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Lakukan identifikasi terhadap potensi ketidaksesuaian antara kapal yang direncanakan dengan harapan atau kebutuhan pengguna dan tinjau ulang spesifikasi dan persyaratan yang telah ditetapkan oleh pengguna atau klien.</li> <li>2) Evaluasi potensi dampak dari ketidaksesuaian tersebut terhadap kinerja, keamanan, dan kepuasan pengguna dan tentukan tingkat kemungkinan terjadinya ketidaksesuaian dan seberapa serius dampaknya terhadap pengguna.</li> </ol>
2	R-2 Risiko desain akibat kesalahan dalam perhitungan struktural atau analisis hidrodinamika	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Identifikasi kemungkinan kesalahan dalam perhitungan struktural atau analisis hidrodinamika dan tinjau ulang proses perhitungan dan analisis untuk mengidentifikasi titik-titik potensial di mana kesalahan dapat terjadi.</li> <li>2) Menilai dampak potensial dari kesalahan tersebut terhadap desain dan kinerja struktural atau hidrodinamika, kemungkinan terjadinya kesalahan dan seberapa sering kesalahan dapat muncul dan tentukan tingkat keparahan dari setiap kemungkinan kesalahan yang teridentifikasi.</li> </ol>
3	R-33 Risiko finansial akibat kesulitan dalam mendapatkan pembiayaan atau biaya tinggi .	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) <u>Tetap</u> mengikuti perkembangan pasar keuangan dan tren pembiayaan terkait industri pembuatan kapal. Dan tinjau kondisi pasar dan suku bunga secara berkala untuk mengidentifikasi potensi perubahan yang dapat mempengaruhi biaya pinjaman</li> <li>2) Buka peluang untuk mendapatkan pembiayaan dari berbagai sumber, termasuk bank komersial, lembaga keuangan non-bank, modal ventura, atau investasi langsung.</li> </ol>
4	R-41 Risiko finansial akibat kesulitan dalam memenuhi persyaratan kontrak, seperti keterlambatan pekerjaan, progress fisik belum tercapai	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Mengidentifikasi risiko yang mungkin terjadi dan memperkirakan dampaknya terhadap proyek. Dapat menggunakan analisis SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats) untuk mengidentifikasi risiko internal dan eksternal yang mungkin terjadi .</li> <li>2) Mengurangi risiko dengan mengembangkan rencana kontingensi atau rencana cadangan yang disiapkan untuk mengatasi risiko yang mungkin terjadi. Rencana ini harus mencakup langkah-langkah yang harus diambil jika risiko terjadi, siapa yang bertanggung jawab, dan bagaimana risiko tersebut akan diatasi</li> </ol>
5	R-47 Risiko gangguan rantai pasok global: Industri kapal bertenaga listrik sering terlibat dalam rantai pasokan global.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Perusahaan harus melakukan evaluasi risiko yang cermat untuk mengidentifikasi kerentanan dalam rantai pasokan mereka.</li> <li>2) Setelah risiko-risiko diidentifikasi, perusahaan harus mengembangkan strategi mitigasi yang efektif untuk mengurangi dampaknya.</li> <li>3) Kolaborasi dengan mitra bisnis dalam rantai pasokan: Bekerja sama dengan mitra bisnis dalam rantai pasokan untuk memastikan bahwa strategi mitigasi yang diadopsi efektif dan dapat diterapkan dengan baik.</li> </ol>

6	R-54 Risiko akibat kurangnya infrastruktur pengisian daya kapal bertenaga listrik mungkin mengalami kesulitan untuk mengisi daya, membatasi jangkauan operasional	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Penggunaan energi alternatif seperti energi surya atau energi angin dapat membantu mengurangi ketergantungan pada infrastruktur pengisian daya kapal bertenaga listrik.</li> <li>2) Peningkatan efisiensi dalam penggunaan energi dapat membantu mengurangi ketergantungan pada infrastruktur pengisian daya kapal bertenaga listrik. Mengoptimalkan penggunaan energi dan mengurangi limbah.</li> </ol>
---	---	--

Sumber : hasil olahan data lapangan

**Tabel 6. Mitigasi Risiko**

<b>Langkah Investasi</b>		<b>Mitigasi Risiko Untuk Investasi</b>
1. Analisis Pasar	memahami permintaan dan persaingan di pasar kapal bertenaga listrik dan surya	1) Melakukan analisis pasar terhadap industri kapal bertenaga listrik dan surya, termasuk tren pasar, permintaan pasar, dan persaingan pasar
		2) Melakukan analisis risiko terhadap investasi tersebut, seperti risiko teknis, risiko pasar, risiko keuangan, dan risiko lingkungan
		3) Melakukan perencanaan yang matang dan teliti, termasuk perencanaan desain produk kapal bertenaga listrik dan kapasitas pembangkit listrik yang diperlukan
2. Pemilihan teknologi	memilih teknologi yang tepat untuk kapal bertenaga listrik dan surya	1) Memastikan bahwa teknologi yang dipilih telah terbukti efektif dan efisien dalam penggunaannya.
		2) Memperhatikan biaya investasi dan biaya operasional yang terkait dengan teknologi tersebut
		3) perhatikan juga faktor lingkungan dan dampaknya pada lingkungan sekitar.
3. Pemilihan mitra bisnis	memilih mitra bisnis yang dapat dipercaya dan memiliki pengalaman dalam industri kapal bertenaga listrik dan surya	1) Melakukan penilaian risiko terhadap calon mitra bisnis. Penilaian ini dapat dilakukan dengan mempertimbangkan faktor-faktor seperti reputasi, pengalaman, keuangan, dan kompetensi.
		2) Melakukan due diligence terhadap calon mitra bisnis, meliputi audit keuangan, audit operasional, dan audit hukum
		3) Melakukan kontrak yang jelas dan terperinci dengan calon mitra bisnis, mencakup tujuan, tanggung jawab, waktu, biaya, dan risiko.
4. Pemilihan lokasi:	memilih lokasi yang tepat untuk memenuhi kebutuhan produksi dan	1) Memilih lokasi yang memiliki akses yang memadai ke sumber daya yang dibutuhkan untuk membangun dan mengoperasikan industri kapal bertenaga listrik dan surya, seperti tenaga kerja terampil, bahan baku, dan infrastruktur pendukung.

	meminimalkan risiko lingkungan,	2) Lokasi yang memiliki kondisi geografis yang memungkinkan untuk membangun dan mengoperasikan industri kapal bertenaga listrik dan surya dengan efisien dan efektif. 3) Lokasi yang memiliki potensi pasar yang cukup besar untuk produk kapal bertenaga listrik dan surya. yang dipilih memiliki akses yang memadai ke pasar-pasar utama.
5. Pemilihan sumber daya manusia:	memilih sumber daya manusia yang berkualitas dan berpengalaman dalam industri kapal bertenaga listrik dan surya	1) Sumber daya manusia yang memiliki keterampilan dan pengetahuan yang diperlukan untuk meminimalkan risiko teknis dan produksi. pemilihan sumber daya manusia, seperti melakukan seleksi yang cermat, melakukan wawancara dengan calon karyawan, memeriksa referensi, dan melakukan pengecekan latar belakang.

Sumber : hasil olahan data lapangan

## KESIMPULAN

- 1) Berdasarkan data pada tabel level risiko diperoleh bahwa dari 49 variabel risiko yang telah diidentifikasi terdapat 9 variabel risiko atau 18% tergolong signifikan yaitu 10% atau 5 sumber risiko tergolong sangat signifikan/ekstrem antara lain kesalahan desain, pemenuhan persyaratan kontrak, pengadaan material dan lainnya ( R1, R-2, R-25, R-30. R-33), selanjutnya 4 sumber risiko atau 8% tergolong berisiko tinggi, seperti kompetisi teknologi, kesulitan pasokan bahan baku, pengadaan material dan komponen listrik, dan infrastruktur pengisian daya (R10, R-32, R-35, R-38), dimana probabilitas kemungkinan terjadi dan berdampak risiko mayor sangat signifikan.
- 2) Dari hasil perhitungan nilai risk priority number terdapat nilai RPN paling tinggi sebesar 398 dan hal ini harus segera dilakukan perbaikan pada pemenuhan persyaratan kontrak (nilai RPN 398), proses penyediaan pasokan bahan baku (nilai RPN 342) dan kesulitan/keterlambatan pada pengadaan material/komponen listrik (nilai RPN 286) serta desain tidak memenuhi harapan Pengguna (nilai RPN 293). Risiko tersebut mendapatkan nilai rating severity sebesar 7-8 yang berarti tingkat ketidakpuasan Pengguna yang tinggi, yang dapat berdampak dampak delay 10%-20% pada jadwal proyek.

## DAFTAR PUSTAKA

- Damar, E. A., and P. Sali. 2022. "Q Methodology: A Concise Overview." *Methodological Innovations in Research and Academic Writing* 1–17. <https://doi.org/10.4018/978-1-7998-8283-1.ch001>.
- Energy Efficient Control for Electric Ship Propulsion Considering Thrust Fluctuation in Regular Waves.
- Hanafi, (2006). *Manajemen Risiko Operasional*. Jakarta: Pendidikan dan Pembinaan Manajemen.
- Hoseini, E., M. Hertogh, and M. Bosch-Rekveltd. 2019. "Developing a Generic Risk Maturity Model (GRMM) for Evaluating Risk Management in Construction Projects." *Journal of Risk Research* 24 (7): 889–908. <https://doi.org/10.1080/13669877.2019.1646309>.
- International Maritime Organization (IMO). (2020). MEPC\75\MEPC 75-7-15. REDUCTION of GHG EMISSIONS FROM SHIPS. Fourth IMO GHG Study 2020-Final report. Retrieved from; <http://www.imo.org/en/About/Pages/Default.aspx>.
- Jigar Doshi & Darshak Desai (2016); Application of Failure Mode & Effect Analysis (Fmea) for Continuous Quality Improvement – Multiple Case Studies In Automobile SMES, *International Journal for Quality Research* 11(2) 345–360 ISSN 1800-6450.
- McDermott, R., E., Mikulak, R., J., & Beauregard, M., R. (2009). *The Basic of FMEA 2nd Edition*. New York: Taylor & Francis Group.
- McKeown, B., and D. Thomas. 2009. *Q Methodology*. California: Sage Publications.
- Medi Prihandono, Bambang Syairudin, Buana Ma'ruf. 2017. "Shipbuilding Risks Analysis Case Study Of New Build Pertamina Tanker 3.500 Dwt On Pt. Dumas Tanjung Perak Shipyards".
- Muhajirin, Dewi Kartikasari, Waluyo, Siti Sadiyah, Dany H P. (2023). Risk analysis of dual fuel tug ship design in maritime technology development innovation program – BRIN, e-ISSN: 2580-0914.
- Nasir B. Siraj and Aminah Robinson Fayek. "Risk Identification and Common Risks in Construction: Literature Review and Content Analysis." 2019.
- Phebe Asantewaa Owusu & Samuel Asumadu-Sarkodie | (2016) A review of renewable energy sources, sustainability issues and climate change mitigation, *Cogent Engineering*, 3:1, 1167990, DOI: 10.1080/23311916.2016.1167990
- PMI (Project Management Institute). 2021. *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide- 7th ed)*." Pennsylvania: Project Management Institute.
- Seyed Shamseddin Alizadeh,(2015) "Failure modes and effects analysis (FMEA) technique", Department of Occupational Health Engineering, Health Faculty, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, IRAN.