Mitigasi Risiko Operasional Pembangunan Kapal Baru di Galangan Kapal Surabaya Menggunakan Metode FMEA *(Failure Mode and Effect Analysis)* dan BTA *(Bowtie Analysis)*

Yoga T P Penangsang[1], Minto Basuki[2]
Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya[1], Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya[2]
e-mail: yoga.penangsang@gmail.com , mintobasuki@itats.ac.id

ABSTRACT
In new shipbuilding, there are often problems with estimating the time to complete the project and the costs required to complete the project, so a method is needed to overcome these problems. The use of FMEA and BTA methods in this study can be an alternative to overcome existing problems, using the FMEA method obtained the results of RPN ranking from the highest in the form of production failure rates due to foreign materials with an RPN value of 107.59 or 8.62%. From the highest RPN results there are 2 failure risk events that fall into the high risk category, which 2 failure risk events will be mitigated using the BTA method, the results obtained from mitigation are the level of production failure due to foreign materials and the level of production failure due to domestic materials. om 2 failure risk events, details are obtained in the form of threats and preventive barriers. The production failure rate due to overseas materials obtained threats such as: Dependence on foreign supply, delivery time and currency fluctuations. Preventive barriers: Diversification of supply, contract, done payment, repayment, order time and long-term contract. The second result on the level of production failure due to domestic materials obtained threats such as: Fluctuation of domestic raw material prices, delivery time and limited supply. Preventive barriers: Long-term contract, contract, done payment, repayment, order time and long-term contract.
Keywords: *New Shipbuilding, Risk Mitigation, FMEA, BTA*

ABSTRAK
Pada pembuatan kapal baru sering ditemui permasalahan pada estimasi waktu penyelesaian proyek dan biaya yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proyek, sehingga diperlukan suatu metode agar dapat mengatasi permasalahan tersebut. Penggunaan metode FMEA dan BTA pada penelitian ini bisa menjadi salah satu alternatif untuk mengatasi permasalahan yang ada, dengan menggunakan metode FMEA didapatkan hasil perankingan RPN dari yang tertinggi berupa tingkat kegagalan produksi akibat material dalam luar negeri dengan nilai RPN 107,59 atau 8,62%. Dari hasil RPN tertinggi terdapat 2 kejadian risiko kegagalan yang termasuk dalam kategori high risk, yang dimana 2 kejadian risiko kegagalan akan dimitigasi menggunakan metode BTA, hasil didapatkan dari mitigasi adalah tingkat kegagalan produksi akibat material dalam luar negeri dan tingkat kegagalan produksi akibat material dalam negeri. Dari 2 kejadian risiko kegagalan didapatkan perincian berupa threat dan preventif barriernya. Tingkat kegagalan produksi akibat material dalam luar negeri didapatkan threats seperti : Ketergantungan pada pasokan luar negeri, waktu pengiriman dan fluktuasi mata uang. Preventi barriernya : Diversifikasi pasokan, kontrak, pembayaran done payment, pelunasan, waktu pemesanan dan kontrak jangka Panjang. Hasil yang ke 2 pada tingkat kegagalan produksi akibat material dalam negeri didapatkan threats seperti : Flutktuasi harga bahan baku dalam negeri, waktu pengiriman dan keterbatasan pasokan. Preventif barriernya : Kontrak jangka Panjang, kontrak, pembayaran done payment, pelunasan, waktu pemesanan dan kontrak jangka Panjang.
Kata kunci: Pembangunan Kapal Baru, Mitigasi Risiko, FMEA, BTA

PENDAHULUAN

Kapal Tugboat adalah tipe kapal tunda (Tugboat) yang beroperasi pada wilayah perairan yang dapat dioperasikan di Pelabuhan, Pelayaran Pantai dan cocok untuk kegiatan penundaan kapal dengan fungsi menarik, mendorong dan menggandeng serta dapat digunakan untuk kegiatan SAR bahkan untuk penanggulangan tumpahan minyak baik di laut ataupun di area pelabuhan. Menurut Fajar, (2020) beberapa perusahaan nasional khususnya yang bergerak di bidang jasa pelayaran maupun pelabuhan mayoritas mempunyai kapal Tug Boat dengan ukuran Tug Boat 2x1200HP, Tug Boat 2x1600HP, Tug Boat 2x1800HP, Tug Boat 2x2200HP dan sebagainya dengan ukuran utama kapal yang berbeda.[1] Pada proses pembangunan kapal baru sering mengalami keterlambatan pada penyelesaian proyek. Permasalahan yang dialami oleh suatu konsultan desain kapal yang baru adalah sulitnya mengestimasikan waktu penyelesaian proyek dan biaya yang dibutuhkan untuk meyelesaikan proyek desain kapal yang akan dilaksanakan karena minimnya data historis pelaksanaan proyek mendesain kapal.[2] Proses pembangunan kapal baru sangat berpengaruh dengan material yang digunakan, sehingga material yang digunakan harus bermutu dan sampai tepat waktu. Karena apabila terjadi keterlambatan dari waktu yang telah ditentukan dapat menghambat

proses pembangunan kapal tersebut. Oleh karena itu, perlunya dilakukan analisis pada pembangunan kapal baru agar tidak terjadi hal seperti itu.
Pada penelitian mitigasi risiko pembangunan kapal baru di galangan kapal Surabaya menggunakan metode FMEA *(Failure Mode and Effect Analysis)* untuk mengidentifikasi risiko dan menentukan ranking risiko kegagalan dan BTA *(Bowtie Analysis)* untuk memitigasi dari risiko tertinggi dan hasilnya akan diketahui dengan *preventif barriernya.*

TINJAUAN PUSTAKA

Manajemen Risiko

Manajemen risiko merupakan suatu usaha untuk mengetahui, menganilisis, serta mengendalikan risiko dalam setiap kegiatan perusahaan dengan tujuan untuk memperoleh efektivitias dan efisiensi yang lebih tinggi. [3]

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

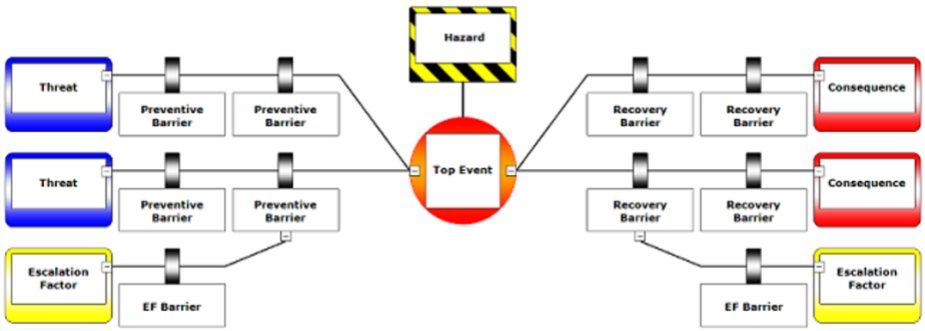
Failure Mode and effect Analysis (FMEA) digunakan untuk mengidentifikasi bagaimana komponen, sistem, atau proses mengalami kegagalan mencapai tujuan dengan rancangan yang sudah ditentukan. Pada tahap ini perlunya analisa dalam metode RPN untuk pengambilan keputusan *engineering* dalam memberikan peringkat pada setiap potensial masalah yaitu *Severity* (S), *Occurrence* (O) dan *Detection* (D).[4]

Risk Priority Number (RPN)

Nilai ini merupakan dari hasil perkalian tingkat keparahan, tingkat kejadian, dan tingkat deteksi. RPN menentukan prioritas dari kegagalan. RPN tidak memiliki nilai atau arti. Nilai tersebut digunakan untuk meranking kegagalan proses yang potensial. Nilai RPN dapat ditunjukkan dengan persamaan sebagai berikut:[5]
RPN = *severity x occurance x detection* ……(1)

Bowtie Analysis (BTA)

Bow Tie Analysis merupakan sebuah diagram sederhana untuk menggambarkan dan menganalisis jalur risiko dari penyebab hingga konsekuensi. Hal ini dapat dikatakan sebagai kombinasi dari *Fault Tree Analysis* (FTA) dari penyebab suatu peristiwa dan *Event Tree Analysis* (ETA) dari hasil peristiwa yang ditampilkan dalam bentuk simpul kupu – kupu. Menurut Nasrullah, (2021) Diagram bowtie terbagi menjadi tiga bagian utama, yakni penyebab dan risiko berada di kiri, kejadian risiko berada di tengah, dan dampak dari risiko berada di kanan diagram. Penahan risiko dibagi menjadi 2 kategori : preventive barriers yang bertujuan untuk mengurangi probabilitas terjadinya risiko. Hal ini berarti preventive barriers berada di antara penyebab dan risiko. Protective barriers yang berfungsi untuk mengurangi dampak dari terjadinya risiko, penahan ini berada di antara risiko dan dampaknya, [6] seperti yang dijelaskan pada gambar *diagram bowtie* dibawah ini :



Gambar 1. *Diagram Bowtie*

Penyajian Data dan Layout

Tahap Penelitian

Pada tahap penelitian, metode penelitian ini merupakan suatu proses yang terdiri dari tahap-tahap yang saling terkait satu dengan yang lainnya atau dalam artian hasil dari suatu tahap akan menjadi masukan bagi tahap selanjutnya.

Identifikasi Masalah

Tahap identifikasi ini bertujuan untuk menjelaskan latar belakang pada penelitian, permasalahan yang menjadi bahan untuk penelitian, menentukan tujuan penelitian serta menetukan batasan dan asumsi peneltian yang dilakukan.

Studi Literatur

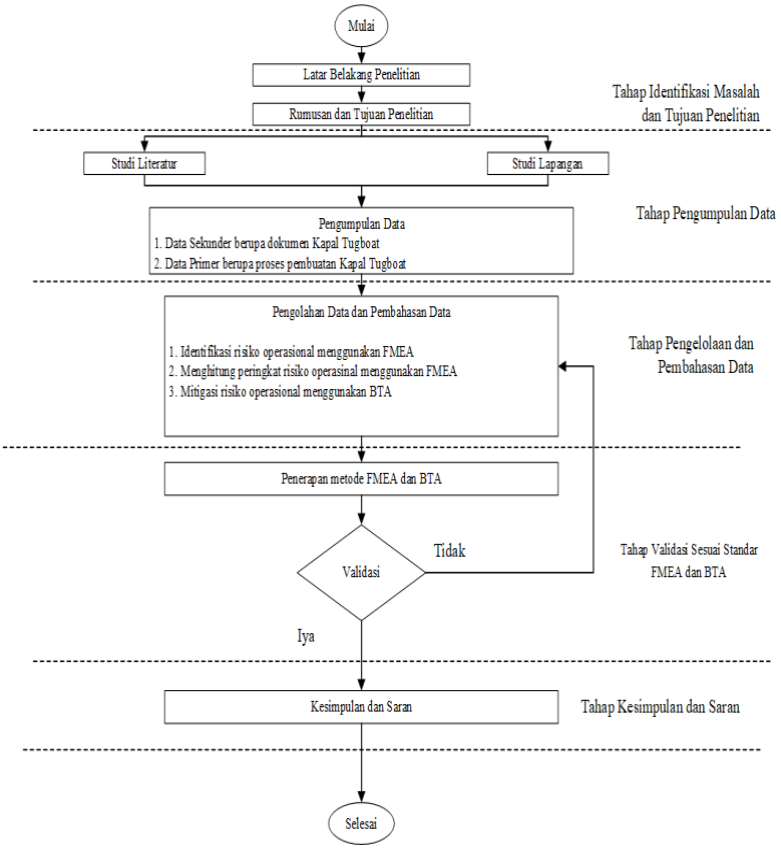
Studi literatur atau studi pustaka merupakan langkah awal untuk membentuk kerangka berpikir mengenai permasalahan yang dihadapi perusahaa. Studi Pustaka, dapat membandingkan teori dengan kondisi aktual yang terdapat di perusahaan atau organisasi tersebut dengan tujuan mendapatkan informasi dan berbagai alat bantu analisa dalam penyelesaian permasalahan yang sedang dihadapi perusahaan. Studi Pustaka dilakukan untuk mempelajari dan memahami mitigasi risiko operasional pembangunan kapal baru di galangan kapal Surabaya menggunakan metode FMEA *(Failure Mode and effect Analysis)* dan BTA *(Bowtie Analysis)*. Hasilnya metode FMEA dan BTA dalam identifikasi, perhitungan ranking metode FMEA, mitigasi risiko operasional dengan metode BTA dan dapat menanggulangi keterlambatan dalam pembangunan kapal baru.

Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan agar dapat mengetahui masalah yang harus diselesaikan. Pada data primer adalah data yang secara rill dari sumbernya untuk mendapatkan informasi yang valid. Data primer yang diperlukan adalah proses rancang bangun kapal baru mulai dari desain, fabrikasi, sub *assembly*, *assembly*, *erection*, *outfitting*, peluncuran, *sea trial* dan *delivery*. Data sekunder adalah data yang dilakukan yang dilakukan wawancara dan dapat berupa arsip, buku catatan. Data sekunder yang diperlukan adalah data hasil produksi dan data cacat produk.

METODE

Dalam melakukan penelitian mitigasi risiko operasional pembangunan kapal baru di galangan kapal Surabaya penulis menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Bowtie Analysis* (BTA). Proses penenlitian dari mulai hingga akhir dapat dilihat pada gambar *flowchart* penelitian dibawah ini :



Gambar 2. *Flowchart* Penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembahasan Data I

Penelitian ini dilakukan dengan wawancara terkait proses pembangunan kapal terhadap 10 responden, yang dimana 10 responden itu meliputi : kepala bengkel, bagian *erection,* bagian gudang, bagian pipa, *welder* dan *outfitting.* Dari jawaban responden tersebut akan mendapatkan nilai *severity*, *occurrence* dan *detection.* Hasil tersebut akan menghasilkan nilai *Risk Priority Number* (RPN), seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1 dibawah ini :

Tabel 1. Hasil Penilaian Kejadian Risiko Kegagalan dalam Pembangunan Kapal Baru

No	Kejadian Risiko Kegagalan	S	O	D	RPN
1	Tingkat kegagalan dalam desain pada pembangunan kapal baru	2,6	2,8	2,5	18,2
2	Tingkat kegagalan dalam desain akibat mengalami keterlambatan	2,4	2,3	2,6	14,35
3	Tingkat kegagalan dalam desain akibat kesalahan desainer atau klasifikasi	4,1	3,7	3	45,51
4	Tingkat kegagalan dalam fabrikasi pada pembangunan kapal baru	2,5	2,7	2,6	17,55
5	Tingkat kegagalan produksi akibat material dalam negeri	5,7	3,4	5,2	100,776
6	Tingkat kegagalan produksi akibat material dalam luar negeri	5,8	3,5	5,3	107,59
7	Tingkat kegagalan dalam *sub assembly* pada pembangunan kapal baru	3,6	2	3,4	24,48
8	Tingkat kegagalan *sub assembly* pada pembangunan kapal baru akibat keterlambatan material	5	1,9	3,1	29,45
9	Tingkat kegagalan *sub assembly* pada pembangunan kapal baru akibat sub kontraktor	7,1	3,5	3,6	89,46
10	Tingkat kegagalan *sub assembly* pada pembangunan kapal baru akibat keterlambatan material	1,7	1,6	3	8,16

Dari hasil penilaian kejadian risiko kegagalan dalam pembangunan kapal baru, langkah selanjutnya akan dilakukan perankingan berdasarkan nilai *Risk Priority Number* (RPN) yang tertinggi menuju yang terendah seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2 dibawah ini :

Tabel 2. *Ranking* Kejadian Risiko Kegagalan Pembangunan Kapal Baru

No	Kejadian Risiko Kegagalan	RPN
1	Tingkat kegagalan produksi akibat material dalam luar negeri	107,59
2	Tingkat kegagalan produksi akibat material dalam negeri	100,776
3	Tingkat kegagalan Sub Assembly pada pembangunan kapal baru akibat Sub Kontraktor	89,46
4	Tingkat kegagalan dalam erection pada pembangunan kapal baru akibat Sub Kontraktor	78,54
5	Tingkat kegagalan dalam outfitting pada pembangunan kapal baru akibat Sub Kontraktor	73,65
6	Tingkat kegagalan dalam outfitting pada pembangunan kapal baru akibat material	65,52
7	Tingkat kegagalan dalam erection pada pembangunan kapal baru akibat material	64,124
8	Tingkat kegagalan dalam Assembly pada pembangunan kapal baru akibat Sub Kontraktor	60,76
9	Tingkat kegagalan dalam outfitting pada pembangunan kapal baru akibat komisioning terlambat	60,23
10	Tingkat kegagalan dalam desain akibat kesalahan desainer atau klasifikasi	45,51

Dari hasil perankingan yang telah dilakukan makan dilanjutkan dengan menentukan persentase risiko kegagalan dalam pembangunan kapal baru, seperti yang ditunjukkan pada tabel dibawah ini :

Tabel 3. Persentase Risiko Kegagalan dalam Pembangunan Kapal Baru

No	Kejadian Risiko Kegagalan	RPN	Persentase Kejadian kegagalan dalam pembangunan kapal baru (%)
1	Tingkat kegagalan produksi akibat material dalam luar negeri	107,59	8,62

2	Tingkat kegagalan produksi akibat material dalam negeri	100,776	8,07
3	Tingkat kegagalan Sub Assembly pada pembangunan kapal baru akibat Sub Kontraktor	89,46	7,16
4	Tingkat kegagalan dalam erection pada pembangunan kapal baru akibat Sub Kontraktor	78,54	6,29
5	Tingkat kegagalan dalam outfitting pada pembangunan kapal baru akibat Sub Kontraktor	73,65	5,90
6	Tingkat kegagalan dalam outfitting pada pembangunan kapal baru akibat material	65,52	5,25
7	Tingkat kegagalan dalam erection pada pembangunan kapal baru akibat material	64,124	5,14
8	Tingkat kegagalan dalam Assembly pada pembangunan kapal baru akibat Sub Kontraktor	60,76	4,87
9	Tingkat kegagalan dalam outfitting pada pembangunan kapal baru akibat komisioning terlambat	60,23	4,82
10	Tingkat kegagalan dalam desain akibat kesalahan desainer atau klasifikasi	45,51	3,64

Hasil persentase yang didapatkan, selanjutnya akan dilakukan proses mitigasi dari 10 kejadian risiko kegagalan dalam pembangunan kapal baru, seperti yang ditunjukkan pada tabel dibawah ini :

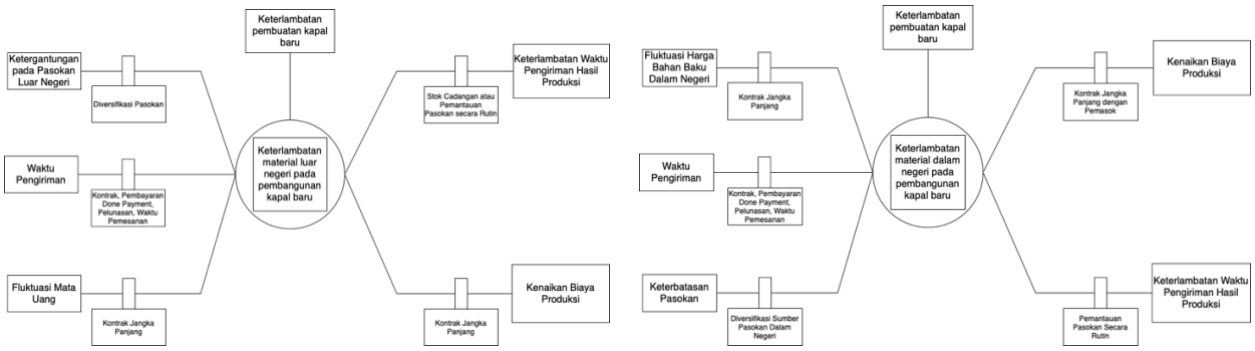
Tabel 4. Proses Mitigasi

No	Jenis Kejadian Risiko Kegagalan	Potensi Kegagalan	RPN	Mitigasi
1	Tingkat kegagalan produksi akibat material dalam luar negeri	- Gangguan Pasokan - Fluktuasi Mata Uang - Waktu Pengiriman	107,59	- Diversifikasi Sumber Pasokan - Audit dan Evaluasi Pemasok - Pelunasan Biaya Secepatnya
2	Tingkat kegagalan produksi akibat material dalam negeri	- Gangguan Pasokan - Fluktuasi Mata Uang - Waktu Pengiriman	100,776	- Diversifikasi Sumber Pasokan - Pemantauan Kualitas Material - Pelunasan Biaya Secepatnya
3	Tingkat kegagalan Sub Assembly pada pembangunan kapal baru akibat Sub Kontraktor	- Kualitas Sub Assembly yang buruk - Keterlambatan Pengiriman	89,46	- Seleksi Sub Kontraktor yang Handal - Audit dan Pemantauan Kinerja Sub Kontraktor

4	Tingkat kegagalan dalam erection pada pembangunan kapal baru akibat Sub Kontraktor	- Kualitas Pengukuran dan Desain - Kualitas Pengelasan yang Buruk	78,54	- Seleksi Sub Kontraktor yang Berkualitas - Audit dan Evaluasi Kinerja Sub Kontraktor - Pemberdayaan QA dan QC
5	Tingkat kegagalan dalam outfitting pada pembangunan kapal baru akibat Sub Kontraktor	- Ketidaksesuaian dengan Spesifikasi dan Desain - Keterlambatan Penyelesaian Outfitting - Kualitas Sub Kontraktor	73,65	- Seleksi Sub Kontraktor yang Kompeten - Audit dan Evaluasi Kinerja Sub Kontraktor
6	Tingkat kegagalan dalam outfitting pada pembangunan kapal baru akibat material	- Kualitas Material yang Buruk - Keterbatasan Ketersediaan Material	65,52	- Pemilihan Material yang Tepat - Pemantauan Kualitas Material - Kedatangan Material
7	Tingkat kegagalan dalam erection pada pembangunan kapal baru akibat material	- Kekurangan Kekuatan Material - Korosi dan Kerusakan Material - Kualitas Material	64,124	- Pemilihan Material yang Tepat - Pengujian dan Sertifikasi Material
8	Tingkat kegagalan dalam Assembly pada pembangunan kapal baru akibat Sub Kontraktor	- Kesalahan dalam Pemasangan Komponen - Ketidaksesuaian Spesifikasi dan Desain - Keterbatasan Sarana dan Pra Sarana	60,76	- Seleksi Sub Kontraktor yang Berkualitas - Audit dan Evaluasi Kinerja Sub Kontraktor - Penambahan Alat Angkat dan Alat Angkut
9	Tingkat kegagalan dalam outfitting pada pembangunan kapal baru akibat komisioning terlambat	- Penundaan Pengiriman Kapal - Ketidaksesuaian dengan Jadwal Proyek	60,23	- Perencanaan dan Jadwal yang Realistis - Komunikasi yang Efektif dengan Klasifikasi serta Vendor Material
10	Tingkat kegagalan dalam desain akibat kesalahan desainer atau klasifikasi	- Ketidaksesuaian dengan Standar Keselamatan - Risiko Kekurangan Daya Tahan Struktural	45,51	- Penggunaan Desainer yang Berkualitas - Proses Revisi dan Verifikasi Desain dari Klasifikasi

Pembahasan Data II

Dalam pembahasan berikutnya, hasil yang telah diidentifikasi diperoleh 2 kejadian yang termasuk dalam kategori *high risk*, yaitu : tingkat kegagalan pproduksi akibat material dalam luar negeri dan tingkat kegagalan produksi akibat material dalam negeri. Dari 2 kejadian tersebut akan dimitigasi menggunakan metode *bowtie analysis* (BTA) dengn *bowtie diagram* seperti pada gambar dibawah ini :



Gambar 3. Hasil Diagram *Bowtie* pada Tingkat Kegagalan Produksi Akibat Material (a) Luar Negeri dan (b) Dalam Negeri

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mitigasi risiko operasional pembangunan kapal baru di galangan kapal Surabaya menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Bowtie Analysis* (BTA) dapa disimpulkan dari 10 kejadian risiko kegagalan pembangunan kapal baru terdapat 2 kejadian risiko kegagalan yang mengindikasi terjadinya kegagalan pembangunan kapal baru, yaitu : tingkat kegagalan produksi akibat material dalam luar negeri dan tingkat kegagalan produksi akibat material dalam negeri. Oleh karena itu disarankan untuk PT. XYZ diharapkan meningkatkan pemilihan sub kontraktor yang akan melakukan pekerjaan proyek (Material) dan Pihak PT.XYZ meningkatkan pengecekan QC/QA dalam pemilihan material yang akan digunakan untuk membangun kapal baru serta galangan perlu melakukan analisis risiko berkaitan dengan proses pembangunan kapal baru.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada pihak PT. XYZ yang telah berkontribusi memberikan tempat penelitian dan sebagai responden penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

[1] R. Fajar, M. Basuki, T. Perkapalan, F. T. Mineral, dan D. Kelautan, “PERHITUNGAN BERAT KAPAL KOSONG SEBAGAI FUNGSI DARI DAYA MESIN UTAMA.”

[2] Mohammad Habibi dan Triwilaswandio Wuruk Pribadi, “Perencanaan dan Pengendalian Jadwal Pembuatan Gambar Desain dan Produksi Pembangunan Kapal Baru Dengan Metode Simulasi,” *JURNAL TEKNIK ITS*, vol. 6, no. 2, 2017.

[3] Herman Darmawi, *Manajemen Risiko*. Jakarta: Bumi Aksara, 2014.

[4] Henna Dellya Zenitta Putri, Imam Pujo Mulyatno, dan Parlindungan Manik, “Studi Manajamen Risiko dengan Metode FTA dan FMEA akibat Keterlambatan Proyek Pembangunan Kapal Perintis KM. Sabuk Nusantara 72,” *JURNAL TEKNIK PERKAPALAN*, vol. 11, no. 2, Apr 2023.

[5] H. Suliantoro, A. Bakhtiar, dan J. I. Sembiring, “ANALISIS PENYEBAB KECACATAN DENGAN MENGGUNKAN METODE FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA) DAN METODE FAULT TREE ANALYSIS (FTA) DI PT. ALAM DAYA SAKTI SEMARANG.”

[6] Nasrululah P.N dan Minto Basuki, “PENILAIAN RISIKO K3 PADA PENYEBRANGAN KETAPANG-GILI MANUK MENGGUNAKAN BOW-TIE ASSESMENT,” dalam *Seminar Teknologi Kebumian dan Kelautan (SEMITAN III)*, 2021.

[7] Puji, N., Sumarsono, R., & Saptadi, S. (n.d.). METODE FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA) DAN BOW TIE ANALYSIS UNTUK MENGETAHUI RISIKO PADA PROGRAM PESAWAT N219 (STUDI KASUS PT. DIRGANTARA INDONESIA).

[8] Yaqin, R. I., Zamri, Z. Z., Siahaan, J. P., Priharanto, Y. E., Alirejo, M. S., & Umar, M. L. (2020). Pendekatan FMEA dalam Analisa Risiko Perawatan Sistem Bahan Bakar Mesin Induk: Studi Kasus di KM. Sidomulyo. Jurnal Rekayasa Sistem Industri, 9(3), 189–200. https://doi.org/10.26593/jrsi.v9i3.4075.189-200

[9] Permana, C., Basuki, M., Pranatal, E., Jurusan,], Perkapalan, T., Arief, J., & Hakim, R. (n.d.). ANALISA RISIKO OPERASIONAL PROSES BANGUNAN KAPAL BARU (STUDI KASUS PEMBANGUNAN KAPAL LPD 124 M DI PT. PAL INDONESIA (PERSERO)).

[10] Sari, E. (2016). ANALISIS RESIKO PROYEK PADA PEKERJAAN JEMBATAN SIDAMUKTI-KADU DI MAJALENGKA DENGAN METODE FMEA DAN DECISION TREE.